Vokalizacija dinarskog voluhara (Dinaromys bogdanovi Martino, 1922) u različitim uvjetima okoliša u zatočeništvu

Kovač, Matea

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:816025

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

BIOLOŠKI ODSJEK

Matea Kovač

Vokalizacija dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi* Martino, 1922) u različitim uvjetima okoliša u zatočeništvu

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

Ovaj rad, izrađen na Zavodu za animalnu fiziologiju Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Duje Lisičića, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra eksperimentalne biologije.

Zahvale

Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Duji Lisičiću na zaraznom entuzijazmu vezanom uz dinarskog voluhara te na pomoći prilikom istraživanja, postavki hipoteza te prilikom same izrade rada. Također, na ugodnoj atmosferi čak i prilikom borbe sa statistikom.

Zahvaljujem Maši Ljuštini na ugodnoj suradnji i poticaju da budem što pedantnija i organiziranija prilikom svakog aspekta istraživanja. Također, svima koji su na posredan ili neposredan način bili uključeni u provedbu ovog istraživanja.

Danieli Hamidović, što je u gužvi u kojoj sam je zatekla, odvojila vrijeme da mi da podršku u ključnom trenutku istraživanja kad se sreća radi prve detekcije ultrazvuka kod dinarskog voluhara pretvorila u paniku oko analize sonograma.

Prof. dr. sc. Zoranu Tadiću na interesu za zadanu temu i nesebičnu pomoć prilikom prikupljanja literature. Također na ohrabrenju vezanom za izlaganje na kongresu.

Ključnoj osobi koja je zaslužna za odabir baš ove teme. Oprosti na brojnim „spominjanjima“ kada mi je bilo najteže, danas sam zahvalna na nagovoru.

Svim svojim kolegama i prijateljima na nezaboravnim godinama koje su iza nas, nek se ovdje ne zaustave. Imamo mi još puno toga proživjeti zajedno, do sada nam je i više nego dobro išlo.

Na kraju mojim roditeljima, hvala na neprestanoj podršci u svim aspektima života. Što ste me poticali da živim punim plućima i posvetim se onome što volim. Što nikad niste sumnjali u mene. U zadnji čas, majko, naravno!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek Diplomski rad

Vokalizacija dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi* Martino, 1922) u različitim uvjetima okoliša u zatočeništvu

Matea Kovač

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Glasnje glodavaca u ultrazvučnom dijelu spektra bitna je komponenta njihovog ponašanja. Istraživanje do sada neutvrđenog vokalnog repertoara endemičnog glodavca *Dinaromys bogdanovi* Martino,1922 provedeno je na 11 odraslih jedinki u prostorijama Zoološkog vrta grada Zagreba. Cilj istraživanja bio je detektirati i analizirali glasanja jedinki te utvrditi njihovu upotrebu i funkciju kroz izlaganje pokusnih životinja određenim uvjetima okoliša unutar testnih terarija. Glasanja su snimana mikrofonom UltraMic 2000K u programu SeaWave, a analiza sonograma je provedena u programu BatSound. Direktnim premjeravanjem unutar sonograma te na temelju poznate literature, utvrđeni su frekvencijski modulirani signali sastavljeni od jedne komponente te višekomponentni signali koji uključuju frekvencijske skokove. Definirano je 11 tipova signala razdvojenih u ukupno 28 podtipova. U različitim biološkim kontekstima životinje koriste određenu količinu signala unutar tih tipova. Ustanovljeno je da prilikom socijalnog kontakta jedinki dolazi do pojave svih tipova u velikoj abundanciji, dok je prilikom osvajanja prostora ili prilikom susreta s olfaktornim signalima drugih jedinki količina glasanja smanjena na minimum. Mužjaci vokaliziraju više od ženki unutar svakog postava. Primarno korištenje vokalizacije prilikom socijalnih kontakata između jedinki iste vrste sugerira da je vokalizacija bitan dio komunikacije unutar istovrsnih odnosa. Razumijevanje vokalizacije doprinijet će saznanjima iz područja biologije vrste i ponašanja, a istraživanje prirodnih populacija na terenu uspješnijim.

(77 stranica, 18 slika, 10 tablica, 91 literaturni navod, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: glodavci, vokalizacija, ultrazvučno glasanje,komunikacija među životinjama

Voditelj: doc. dr. sc. Duje Lisičić

Ocjenitelji: doc. dr. sc. Duje Lisičić
izv. dr. sc. Davor Zanella
doc. dr. sc. Zrinka Ljubešić

Rad prihvaćen: 4.2.2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology

Graduation Thesis

Vocalisation of Balkan Snow Vole (*Dinaromys bogdanovi* Martino, 1922) in different captive enviroment conditions

Matea Kovač

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

The sounds that rodents make in the ultrasonic part of the spectrum are an important component of their behavior. Research of the hitherto unknown vocal repertoire of the endemic rodent *Dinaromys bogdanovi* was conducted on 11 adult specimens in the enclosures of the Zagreb Zoo. The goal of the research was to detect and analyse specie`s vocalisation and to determine their usage and function by exposing test animals to certain environmental conditions within the testing terrariums. The sounds were recorded with an UltraMIc 200K microphone using the program SeaWave, and sonogram analysis was conducted by the program BatSound. By using direct measurements obtained within the sonogram and the available literature, it was concluded that there are single-component signals with frequency modulation and multiple-component signals which involved frequency steps. Eleven types of signals and their respective subtypes were determined. In various biological contexts, this animals use certain amounts of signals within the types. It was determined that during social contact between the specimens all of the types occurred in great abundance, while the amount of sounds decreased to a minimum during the claiming of territory or scent presentation by other specimens. Males vocalized more than females within each setting. Primary usage of vocalization during social contacts between conspecifics suggests that vocalization is an important part of interspecies communication. The understanding of vocalization will be a contribution to the findings from the areas of biology of species and behaviour, making research of natural populations in the field more successful.

(77 pages, 18 figures, 10 tables, 91 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library.

Key words: Rodents, vocalisation, ultrasound, communication between animals

Supervisor: Dr. Duje Lisičić, Asst. Prof.

Reviewers: doc. dr. sc. Duje Lisičić

izv. dr. sc. Davor Zanella

doc. dr. sc. Zrinka Ljubešić

Thesis accepted: 4.2.2016.

Sadržaj

1 UVOD 1

1.1 Potporodica Arvicolinae 1

1.2 Dinarski voluhar (*Dinaromys bogdanovi* Martino 1922) 2

1.2.1 Sistematika i filogenija 2

1.2.2 Rasprostranjenost dinarskog voluhara i stanište koje nastanjuje vrsta 3

1.2.3 Biologija vrste 4

1.2.4 Ugroženost i zaštita 6

1.3 Komunikacija među životinjama 7

1.3.1 Ultrazvučno (UZV) glasanje 8

1.3.2 UZV kod glodavaca 9

1.4 Obrazloženje teme 16

2 MATERIJALI I METODE 17

2.1 Životinje uključene u istraživanje 17

2.2 Metode održavanja životinja 17

2.3 Postavke istaživanja 19

2.3.1 Generalni postav 19

2.3.2 Eksperimentalni postavi istraživačkog terarija 20

2.4 Prikupljanje podataka 22

2.4.1 Metoda snimanja 22

2.4.2 Korištena oprema i programi 22

2.5 Analiza podataka 24

2.5.1 Analiza vokalnog repertoara ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.5.2 Kategorizacija signala 25

2.5.3 Analiza akustične strukture 27

2.5.4 Analiza količine glasanja 29

2.5.5 Statistička analiza 29
3 REZULTATI 31
3.1 Raspon vokalnog repertoara vrste 32
3.2 Kategorizacija uzv signala 34
3.2.1 Tipizacija UZV signala 34
3.3 Statistička analiza sonogramskih parametara između pojedinih tipova 41
3.3.1 Duljina trajanja (dur) 41
3.3.2 Početna frekvencija (Fstart) 42
3.3.3 Konačna frekvencija (Fend) 42
3.3.4 Frekvencija u najnižoj točki (Fdown) 43
3.3.5 Frekvencija u najvišoj točki (Ftop) 44
3.3.6 Frekvencija s maksimalnom vrijednosti (Fmax) 45
3.4 Količina glasanja u ovisnoti o eksperimentalnim postavima 46
3.4.1 Količina emitiranih signala u ovisnosti o spolu 48
3.4.2 Količina emitiranih signala s obzirom na broj komponenti unutar eksperimentalnih postava te s obzirom na spol 49
3.4.3 Količina emitiranih signala s obzirom na frekvencijski trend unutar eksperimentalnih postava 51
3.5 Korišteni tipovi s pripadajućim podtipovima unutar eksperimentalnih postava u ovisnosti o spolu 53
3.5.1 Količina korištenih tipova s obzirom na eksperimentalni postav 54
3.5.2 Količina korištenih tipova s obzirom na eksperimentalni postav u ovisnosti o spolu 55
3.6 Emisija zvučnih signala kod dinarskog voluhara unutar eksperimentalnih postava s obzirom na spol 58
3.7 Pojava harmoničnih elemenata unutar repertoara dinarskog voluhara 58
4 Rasprava 60
5 Zaključak 68
6 Literatura 70

1 UVOD

1.1 Potporodica Arvicolinae

Potporodica Arvicolinae (voluharice i leminzi) monofiletička je skupina sisavaca koja spada u red Rodentia (glodavci), podred Sciuriognathi, superporodicu Myomorpha (mišoliki glodavci), porodicu Muridae (miševi) (Macdonald, 2001). Porodica Muridae s 301 rodom i 1336 vrsta najveća je porodica sisavaca. Unutar potporodica Arvicolinae opisana je 151 vrsta smještena unutar 28 rodova koji su se razvili u zadnjih 5,5 milijuna godina (Chaline i sur., 1999). Voluhari se koriste kao paleoekološki, paleoklimatski, paleogeografski i evolucijski indikatori zbog brojnih fosila i arheoloških nalaza (Chaline i sur., 1999). Potječu od hrčaka (Cricertidae), a glavne razlike nalaze se u morfologiji donje čeljusti koja je kod potporodica Arvicolinae kraća i dublju te im omogućuje jači ugriz.

To su glodavci holarktičke distribucije (Bužan i sur., 2010; Nowak, 1999; Carleton i Musser, 1984). U prošlosti je širenje potporodice Arvicolinae bilo kontrolirano geografskim barijerama i klimom (Chaline i sur., 1999), a danas su na sjeveru rasprostranjeni do Arktičkog oceana, a na jugu do subtropske zone. Nastanjuju velik raspon staništa; najčešće kopnenih, u umjerenim, borealnim, polarnim i planinskim biomima.

Većina vrsta je aktivna tijekom cijelog dana, dok su neke vrste strogo noćne, rijetko i dnevne (Nowak, 1999; Carleton i Musser, 1984). Vrste koje se hrane sjemenkama i kukcima u većem omjeru, imaju jaču tendenciju prema noćnoj aktivnosti dok su vrste koje se hrane zelenim dijelovima biljaka aktivne u sukcesivnim ciklusima hranjenja i odmaranja tokom dana i noći. Voluharice su primarno biljojedi.

Pripadnici potporodice Arvicolinae zdepastog su tijela, zaokruženih ušiju, velikih očiju, tupe njuške i kratkih nogu te su uglavnom vrlo slične veličine, oblika i strukture. Prosječna duljina tijela iznosi 10-11 cm, duljina repa 3-4 cm, teže u prosjeku 17-20 g.

R-selekcijski su tip skupine, imaju brzu izmjenu generacija, kratko žive (0.5-2 godine) te rano spolno sazrijevaju (ženke nakon 2-3 tjedna, a mužjaci nakon 6-8 tjedana starosti (http://animaldiversity.org/accounts/Arvicolinae/).

Prema socijalnim karakteristikama poznate su solitarne, agresivne i teritorijalne vrste te društvene i kolonijalne (Nowak, 1999; Carleton i Musser, 1984). Kemijski i vokalni signali posebno su važni u komunikaciji ovih vrsta.

Većina vrsta potporodice Arvicolinae je promiskuitetna, ali neke vrste formiraju monogamne parove i zajedno brinu o mladima. Mnoge se vrste mogu pariti tijekom cijele godine, dok se neke pare samo tijekom toplijih mjeseci, od proljeća do jeseni Kod brojnih vrsta ove skupine sama prisutnost mužjaka potiče ovulaciju kod ženki, čak i bez fizičkog kontakta. Poznato je da voluharice imaju velik reproduktivni potencijal (1 do 7 legla godišnje s prosječno 3 do 7 mladih) (http://animaldiversity.org/accounts/Arvicolinae/).

1.2 Dinarski voluhar (*Dinaromys bogdanovi* Martino 1922)

1.2.1 Sistematika i filogenija

Dinarski voluhar je glodavac iz podporodice Arvicolinae.

Otkriven je i opisan 1922. godine unutar roda *Chionomys*, nedugo nakon toga je svrstan u fosilni rod *Dolomys* te je konačno klasificiran kao rod *Dinaromys* 1955. godine (Bužan i sur, 2008). Rod Dinaromys se od 2005. godine svrstava u pleme Pliomyini (ponekad se svrstava zajedno sa sestrinskim plemenom Protheomyni) čiji je jedini recentni predstavnik (Bužan i sur., 2008). Dinarski voluhar jedini je živući predstavnik tercijarnog roda *Dinaromys*. Iz fosilnih nalaza iz perioda pliocena poznate su još dvije izumrle vrste ovog roda (*D. allegranzii* i *D. dalmatinus*), što ukazuje na nisku stopu evolucije (Kryštufek i Bužan, 2008). Klasifikacija dinarskog voluhara prikazana je u tablici (Tablica 1).

Tablica 1.: Sistematika dinarskog voluhara (prema: Kryštufek, 2008)

Sistematska kategorija	**Naziv**
Carstvo	Animalia
Koljeno	Chordata
Potkoljeno	Vertebrata
Razred	Mammalia
Red	Rodentia
Porodica	Cricetidae
Podporodica	Arvicolinae
Rod	*Dinaromys*
Vrsta	*Dinaromys bogdanovi*

Analiza na temelju mitohondrijskog gena citokrom *b* ukazuje na tri značajno različite alopatrijske filogeografske linije: sjeverozapadnu, centralnu i jugoistočnu liniju (Kryštufek i Bužan, 2008; Kryštufek i sur., 2007). Distribucija haplotipova pokazala je da linije potječu od alopatrijske fragmentacije nastale između refugija prilikom glacijalnih perioda (Kryštufek i sur., 2007). Tri glavne linije ostale su izolirane u periodima mogućeg miješanja populacija, iako postoje dokazi da je unutar svake linije došlo do uzastopnih izolacija i sekundarnog kontakta (Kryštufek i sur, 2007)

Te povijesno izolirane populacije, koje su neovisno evoluirale, predstavljaju evolucijski značajne jedinice (eng. *evolutionary significant units*, ESUs) koje imaju velik značaj u očuvanju unutarvrsne raznolikosti (Kryštufek i sur., 2007).

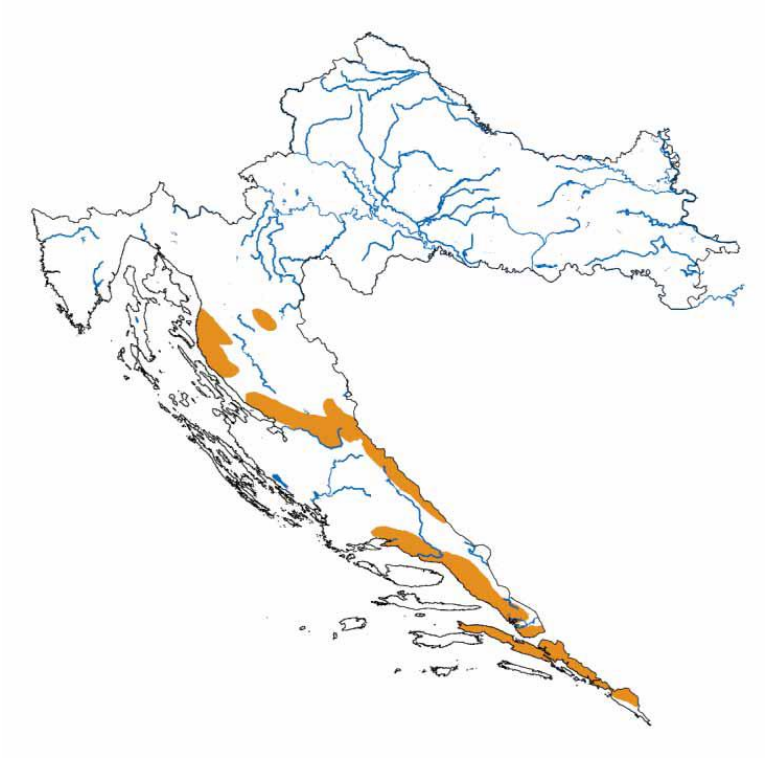
1.2.2 Rasprostranjenost dinarskog voluhara i stanište koje nastanjuje vrsta

Paleontološki podatci pokazuju da je vrsta u prošlosti bila rasprostranjena na području sjevernog Jadrana i zapadnog Balkana (Kryštufek i Bužan, 2008), a taj areal je veći nego današnji (Bužan i sur., 2010).

Areal vrste prostire se na području Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Kosova, Crne Gore i zapadne Makedonije (Kryštufek i Tvrtković, 1988). Područje rasprostranjenosti moglo bi obuhvaćati i Albaniju (Bego i sur., 2008; Kryštufek i Bužan, 2008), a možda i sjevernu Grčku, iako za to još nema dokaza (Kryštufek i Bužan, 2008).

Područje rasprostranjenja vrste procijenjeno je na 43 545 km2, no s obzirom na specifičnost pri izboru staništa, područje stvarne naseljenosti je procijenjeno na oko 5 200 km2 (Kryštufek i Bužan, 2008). Visokofragmentirano i ograničeno područje rasprostranjenosti predstavlja sjeverozapadna linija (manje od 2000 km^2) (Kryštufek, 2008; Kryštufek i Bužan, 2008) sa samo 17 lokaliteta duž 300 kilometara planinskog lanca Dinarida (Kryštufek i sur., 2007).

U Hrvatskoj je zabilježen na području od Gornje Klade, Babarovače i Zavižana kraj Jurjeva na Velebitu i Vrhovine na Maloj Kapeli, na Dinari, Kozjaku i Biokovu, sve do Sniježnice u Konavlima (Tvrtković, 2006; Kryštufek i Tvrtković, 1988). Slika prikazuje rasprostranjenost dinarskog voluhara na prostoru Republike Hrvatske (Slika 1).



Slika 1: Rasprostranjenost dinarskog voluhara na području Republike Hrvatske (prema: Tvrtković, 2006).

Specijalist je pri izboru staništa. Vezan je za krški tip staništa, neovisno o nadmorskoj visini (Kryštufek i Tvrtković, 1988). Pojavljuje se i na otvorenim livadama i kamenim zaravnima te podzemnim staništima, a izbjegava šumska područija (Bužan i sur., 2010). Nađen je na područjima od 50 pa sve do 2200 metara nadmorske visine,ali većina nalaza odnosi se na populacije koje nastanjuju staništa viša od 1400 metara (Bužan i sur., 2010). Vrlo je povezan s podzemnim staništima, zabilježen je u nekim jamama i na 70 m dubine (Tvrtković, 2006).

1.2.3 Biologija vrste

Biologija ove vrste jako je slabo istražena (Kryštufek i sur., 2007). U Crvenoj knjizi sisavaca Hrvatske dinarski voluhar je kategoriziran kao nedovoljno poznata, vjerojatno ugrožena vrsta (Tvrtković, 2006).

Duljina tijela ove vrste varira od 13 do 15 centimetara. Dugi rep čini gotovo polovicu duljine tijela (6–7.5 cm). Tijelo je prekriveno gustim i mekim krznom relativno duge dlake. Leđna strana tijela je sivo-smeđe ili plavo-sive boje dok je trbušni dio svjetlije sivo-bijele boje. Noge su bijele, a rep je obično tamnosmeđ s gornje strane, a bijel s donje strane i bočno. Velike uši

su blago dlakave. Dlanovi i stopala nemaju dlake, osim na području u blizini peta. Palac ima mali spljošteni nokat, dok ostali prsti imaju kratke oštre kandže, podjednake duljine na prednjim i stražnjim nogama (Nowak, 1999). Za snalaženje u prostoru koristi se širokom lepezom osjetilnih dlaka (vibrissae) prosječne duljine šest centimetara (Grzimek, 1990) (Slika 2).



Slika 2: Izgled jedinke dinarskog voluhara (preuzeto: www.biom.hr)

To je jedini voluhar s područja Europe koji ima kutnjake s korijenjem koje se razvija tijekom postnatalnog razdoblja te se na temelju duljine kutnjaka može ustanoviti apsolutna starost životinje. Ne postoji spolni dimorfizam u vanjskom izgledu. Mužjaci i ženke ove vrste podjednake su težine, od 68 do 84 g (Kryštufek i Tvrtković, 1988).

Za razliku od drugih pripadnika potporodice Arvicolinae, dinarski voluhar ima značajke K-selekcijskog tipa vrste (Kryštufek i Bužan, 2008; Kryštufek i sur., 2000). Životni vijek mu je četiri godine, a spolnu zrelost doseže u drugoj kalendarskog godini. Stopa reprodukcije je spora; ima do dva legla godišnje s prosječno 2, 3 mladunca (Kryštufek i Bužan, 2008). Smatra se da se mladi kote od ožujka do kraja kolovoza sa razmakom u razmnožavanju od najmanje četiri mjeseca (Kryštufek i sur. 2000).

Dinarski voluhari su biljojedi. Hrane se različitim vrstama biljaka: mladim lišćem bukve, mladicama jele i travama (Grzimek, 1990).

Mogući kompetitor dinarskog voluhara je sniježna voluharica (Bužan i sur., 2010; Kryštufek i Bužan, 2008). Unatoč sličnoj morfologiji i vjerojatno istim preferencama staništa, sniježna

voluharica ima drugačiju životnu strategiju, pa dugotrajna simpatrija može rezultirati isključenjem dinarskog voluhara (Tvrtković, 2006). Ostali predatori su mu lasica (*Mustela nivalis*), kuna bjelica (*Martes foina*) i poskok (*Vipera ammodytes*) (Tvrtković, 2006).

1.2.4 Ugroženost i zaštita

Status ugroženosti mnogih vrsta malih sisavaca je vrlo malo poznat zbog slabog poznavanja taksonomskih odnosa između grupa te nedostatka informacija o statusu populacija (Kryštufek i sur., 2009). Dinarski voluhar nalazi se na IUCN-uvom Crvenom popisu od 2008 godine kao osjetljiva vrsta (VU–vulnerable; Kryštufek, 2008). Na nacionalnoj razini nema dovoljno informacija o ovoj vrsti (DD–data deficient; Kryštufek i Bužan, 2008). U Hrvatskoj je vrsta zaštićena zakonom kao strogo zaštićena svojta (NN 99/09). Zbog slabog poznavanja biologije ove vrste kao i nepoznatih uzroka smanjenja populacije ima još uvijek relativno nizak stupanj ugroženosti iako je nekoliko autora ustvrdilo da su pojedine populacije blizu izumiranja ili su već nestale (Kryštufek i Bužan, 2008).

Dinarski voluhar se po Rabinowitzov modelu „sedam forma rijetkosti“ može smatrati rijetkom vrstom (Bužan i sur., 2010; Kryštufek i Bužan, 2008). Taj model fokusira se na tri glavne značajke prema kojima se procjenjuje rijetkost neke vrste, a to su: područje rasprostranjenosti, raznolikost staništa na kojima vrsta obitava te lokalna gustoća populacije (Rabinowitz, 1981).

Današnje populacije dinarskog voluhara su male i često izolirane zbog velike specifičnosti za stanište i nedostatka pogodnih koridora za selidbu jedinki (Bužan i sur. 2010). Kompetitivno isključivanje uzrokovano snježnom voluharicom koja se pojavljuje na istom staništu i sama degradacija staništa moglo bi biti glavni uzrok ugroženosti. Dinarski voluhar živi na područjima koja su pod marginalnim utjecajem ljudske djelatnosti te je utjecaj čovjeka na vrstu minimalan (Bužan i sur., 2010).

Također rasprostranjenost ove vrste smanjuje se od pleistocena (kada je bila najveća) te se kao uzrok ugroženosti navodi i općenita povećana osjetljivost paleoendema na izumiranje (Bužan i sur., 2010).

Potrebano je izraditi plan dugoročnog monitoringa (Kryštufek i Bužan, 2008), bolje istražiti biologiju vrste te identificirati potencijalne prijetnje i razloge ugroženosti kako bi se

pravovremeno mogle poduzeti mjere zaštite (Kryštufek i sur., 2007; Kotrošan i sur., 2005; Fahrig i Merriam, 1994).

1.3 Komunikacija među životinjama

Komunikacija životinja definira se kao "... djelovanje percepcije jednog organizma (pošiljatelj) koji na taj način mijenja vjerojatnost obrasca ponašanja u drugom organizmu (prijamnik) na način prilagodljiv za oba sudionika" (Wilson, 1975). Sposobnost da učinkovito komuniciraju s drugim pojedincima igra ključnu ulogu u životima svih životinja, budući da na taj način mogu pronaći partnera, upozoriti na predatora ili održati poziciju u hijerarhiji (Vehrencamp i sur., 1989).

Životinje koriste razne senzorne kanale, ili signalne modalitete za komunikaciju. Neki od najvažnijih komunikacijskih signala igraju važnu ulogu u reprodukciji i privlačenju partnera. Uspješna reprodukcija zahtijeva identificiranje partnera odgovarajuće vrste i spola, kao i procjenu kvalitete partnera (Borgia, 1985). Komunikacijski signali također igraju važnu ulogu u rješavanju sukoba, uključujući obranu teritorija. Kada se mužjaci natječu za pristup ženkama, energetski troškovi fizičke borbe mogu biti vrlo visoki; stoga je prirodna selekcija favorizirala evoluciju komunikacijskih sustava koji omogućuju procijenu borbene sposobnosti protivnika (Clutton-Brocki i sur., 1979). Mnoge životinje imaju sofisticirane komunikacijske signale za olakšavanje integracije pojedinaca u skupine i održavanje grupe.

Komunikacija se uglavnom odvija unutar vrste, no postoje i dobri razlozi za komunikaciju među jedinkama različitih vrsta. Najčešći primjer takve međuvrsne komunikacije je ponašanje između plijena i predatora.

Neki specijalizirani signali su se razvili iz nekih aspekata ponašanja, biološkog funkcioniranja ili izgleda koji su se prenaglasili ili ritualizirali kako bi se prenijela informacija. Skok gazele, na primjer, daje uzgrednu informaciju grabežljivcu o njenoj dobroj kondiciji, no kada je skakanje ritualizirano u razmetanje pretjeranim pokretima, tada postaje aktivan signal dobre kondicije. Raznolikost signala odraz je životinja, njihove okoline i informacija koje trebaju prenijeti (Uhlenbroek, 2008).

Različiti oblici komunikacije obuhvaćaju upotrebu vizualnih, kemijskih, taktilnih i akustičnih signala koji se koriste u životinjskom svijetu ovisno o vrsti, uvjetima okoliša i o informaciji koja treba prenijeti.

Akustična komunikacija

Akustična komunikacija je veoma zastupljena u prirodi, vjerojatno zato što se zvuk može prenositi u raznim okolišnim uvjetima i odaslati ključne informacije o ponašanju jedinki na velikim udaljenostima. Zvukovi mogu znatno varirati u amplitudi, trajanju i frekvencijskoj strukturi, pod utjecajem okruženja u kojem zvuk putuje. Posebna upotreba akustičnog sustava za lov i navigaciju vidljiva je kod šišmiša (Microchiroptera) i kitova koji koriste visoke frekvencije zvukova kako bi otkrili i lokalizirali plijen. Nakon emisije zvuka obrađuju povratni odjek kako bi mogli izgraditi sliku svoje okoline i napraviti vrlo precizne procjene pozicije plijena. Ustanovljeno je da mnoge vrste kukaca i glodavaca koriste ultrazvučne signale. Infrazvuk, zvuk frekvencije niže od čujnosti ljudskog uha, detektiran je kod slonova.

Temeljito razumijevanje komunikacijskih sustava životinja može biti presudno za donošenje učinkovitih odluka o zaštiti ugroženih i osjetljivih vrsta (http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/an-introduction-to-animal-communication-23648715)

1.3.1 Ultrazvučno (UZV) glasanje

Poznato je da životinje komuniciraju pomoću zvučnih vibracija koje nisu čujne ljudskom uhu: ultrazvučnim valovima koji su iznad granice čujnosti (zvukovi iznad 20 000 Hz) i infrazvučnim valovima ispod granice čujnosti ljudskog uha.

Mnoge životinje, pogotovo mali sisavci (šišmiši i glodavci), sisavci unutar reda Cetacea (kitovi i dupini) te mnogi insekti ne dijele ljudski gornji granični frekvencijski limit te mogu čuti mnogo više frekvencije. Također, sposobnost primanja UZV valova je široko raširena među različitim vrstama životinja, a one nemaju posebnih modifikacija u anatomiji za primanje visokih frekvencija (vidljive su neke promjene u građi srednjeg i unutarnjeg uha kod šišmiša i kitova ali funkcija takvih promjena nije poznata).

Prvo otkriće ultrazvučnih signla emitiranih od strane životinje bilo je tridesetih godina 20.stoljeća. Fizičar Pierce proučavao je vibracije tekućina na visokim frekvencijama unutar

električnog i magnetskog polja. Pronašao je način detekcije ultrazvučnih signala te je koristeći posebnu opremu snimao cvrčke i utvrdio da emitiraju ultrazvučne signale („The songs of insects“, 1948.). Usljedilo je otkriće ultrazvučnih signala kod šišmiša (Pierce i Griffin, 1938) te brojna istraživanja navigacije preko emitiranih ultrazvučnih signala kod te skupine. Prvu sistematsku studiju na ultrazvučnim signalima kod mladunaca miša započela je Noirot 1966.

1.3.2 UZV kod glodavaca

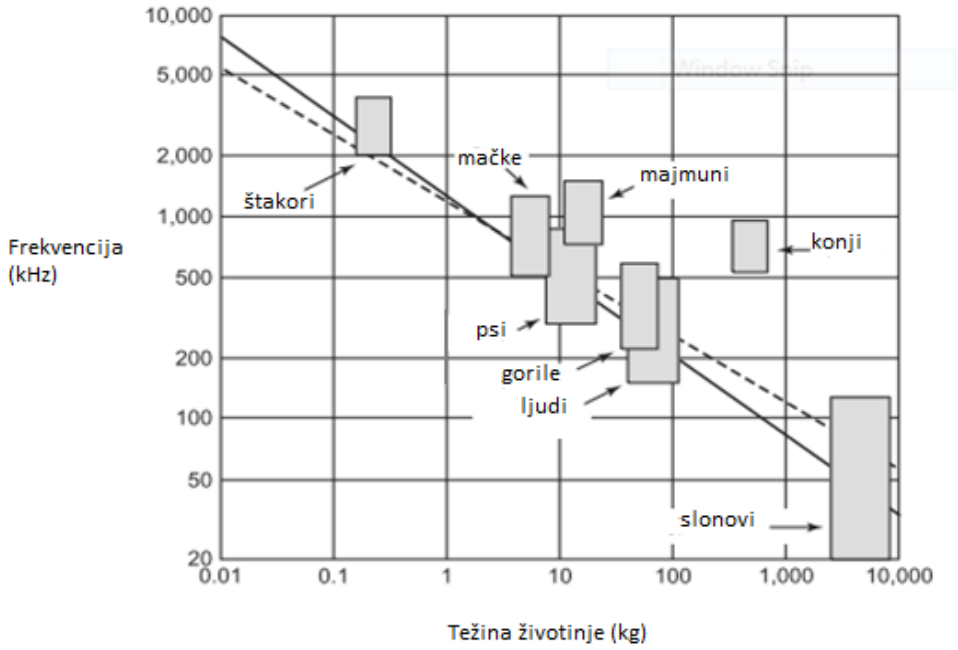
Ultrazvučno glasanje je dio socijalnog ponašanja mnogih glodavaca iz porodice Muridae te se očituje prilikom agresivnih interakcija (Kapusta i sur., 2006; Thomas i sur., 1983; Sales, 1972a), susretljivih socijalnih kontakata (Kapustai sur., 1999, Hoffmeyer i Sales, 1977) te prilikom seksulanih interakcija životinja suprotnog spola kod miševa (White i sur., 1998; Nyby, 1983; Whitney i sur., 1973), štakora (McGinnis i Vakulenko, 2003; Thomas i Barfield, 1985; Barfield i Geyer, 1972) i ostalih glodavaca.

Unutar podporodice Arvicolinae u koju spada i dinarski voluhar, UZV signali su detektirani prilikom socijalnih interakcija. Unutar interakcija između mužjaka i ženki zabilježeni su kod vrsta: *Microtus ochrogaster* (Leprii sur., 1988), *Microtus oeconomus* (Kapustai sur., 1999), *Microtus pinetorum* (Cherry i Lepri, 1986), dok su prilikom istospolnih i raznospolnih interakcija uzvrđeni kod 3 vrste iz južne Poljske: *Microtus arvalis* (Kapustai sur., 2007), *Myodes glareolus* (Kapusta i sur., 2007, 1994) i *Microtus agrestis* (Kapusta i sur., 2007; Mandelli, 1988).

Proizvodnja ultrazvučnih signala

Veće životinje su generalno fizički sposobnije da proizvedu zvukove nižih frekvencija s više oštrih formi od manjih životinja. Za zvučne signale čujne ljudskom uhu ova korelacija je dokazana na velikom broju životinja (Slika 3) (Fletcher, 2010).

Upotreba UZV-a kod glodavaca je funkcija njihove veličine. Niske frekvencije zahtijevaju velike tjelesne strukture. Za male životinje, UZV je jednostavniji za produkciju, prijenos i primanje signala od korištenja niskih frekvencija (Pye, 1979). Priroda akustičnih signala bi mogla indicirati veličinu životinje dozivača ili primatelja signala, no takva istraživanja još nisu dovela do generalnog zaključka.



Slika 3: Prikaz korelacije između veličine tijela i sposobnosti proizvodnje određenih frekvencija za neke skupine životinja (preuzeto: Fletcher, 2010).

Zvučni i ultrazvučni signali unutar reda glodavaca su proizvedeni u grkljanu, različitim načinom proizvodnje zvuka (Nunez i sur., 1985; Roberts, 1975).

Anatomija vokalnog aparata kod glodavaca je slična onoj kod drugih sisavaca, a sastoji se od para glasnica na vrhu dušnika. Tijekom proizvodnje zvučnih signala glasnice vibriraju zajedno kao posljedica povišenog tlaka u plućima, a time se stvara pulsirajući protok zraka u gornjem dijelu vokalnog aparata čime se proizvode oštri zvukovi nižih frekvencija, s harmoničnim komponentama u mnogo slučajeva (Roberts, 1993).

UZV signali su emitirani kada su glasnice čvrsto stisnute što dovodi do zviždućeg mehanizma prilikom čega se zvuk proizvodi prolaskom zraka kroz aperture u dvijema paralelnim pločama (Roberts, 1993; Sanders i sur., 2001). Zvukovi su više tonalni te mogu sadržavati jedanu ili više harmonično povezanih komponenti (Sales i Pye, 1974; Stoddart i Sales, 1985). Roberts (1993) je ustanovio da u zviždućem modelu proizvodnje ultrazvuka, mala promjena u protoku zraka izaziva značajne promjene u frekvenciji i amplitudi. Učestalo mijenjanje pritiska zraka kroz grkljan može dovesti do kompleksnih ultrazvučnih valnih formi te utjecati na samu strukturu UZV-a (Sanders i sur., 2001).

Frekvencijski modulirane promjene unutar signala se povezuju s afektivnim stanjem životinje, npr. prilikom agresije i parenja, torakalni i abdominalni tlak može biti visok te samim time prolazak zraka kroz grkljan pod većim pritiskom. Taj povišeni tlak zraka uzrokuje veće modulacije frekvencije te samim tim i kompleksniji vokalni repertoar. Prilikom manje aktivnosti životinje abdominalni i torakalni tlak je nizak te je zrak koji prolazi kroz glasnice manjeg pritiska te se očituje emisijom zvuka niže frekvencije (Sanders i sur., 2001).

Thiessen i Kittrell (1979) su pronašli vrlo snažnu povezanost između emisije UZV-a i nekoliko različitih načina kretanja.

Najtipičnije ponašanje prilikom emisije čak 90% svih ultrazvučnih signala je skok, prilikom kojeg sve četiri noge napuštaju zemlju, a zvuk se emitira prilikom spuštanja na tlo. Postoje i druge vrste pokreta tijela prilikom kojih se ultrazvuk emitira, uključujući okrete, istezanje i kompresije gornjeg dijela tijela (Blumberg, 1992). Svi oni dijele zajedničku značajku: "Zajednički nazivnik tih načina ultrazvučne proizvodnje je fizička kompresija pluća i tjeranje zrak kroz grkljan iz nosa" (Thiessen i Kittrell, 1979).Opažanja podupiru hipotezu da su kod nekih glodavaca glasanja nusproizvodi biomehaničkih naprezanja na prednjih dio prsnog koša. Međutim, mora se naglasiti da se ova hipoteza ne odnosi na sva biomehanička naprezanja. Primijećeni su slučajevi emisije ultrazvuka koji nisu bili jasno pridruženi određenim pokretima tijela (Dempster i sur., 1991). Štakori koji su prisiljeni ili trenirani za skok ne emitiraju ultrazvuk (Blumberg, neobjavljena zapažanja, 1990), što dovodi u pitanje povezanost emisije ultrazvuka i biomehanike.

Evolucija UZV signala kod glodavaca

Većina glodavaca su plijen za brojne karnivore koji spadaju u različite skupine kralježnjaka (Andersson i Erlinge, 1977; Lack, 1946). Mnoge vrste predatora su se specijalizirale za hvatanje i ubijanje glodavaca te su im oni i primarni izvor hrane (specijalisti-sove, lasice, divlje mačke i neke vrste zmija). Najučinkovitiji predatori su ptice koje nakon što istrijebe lokalnu populaciju glodavaca, migriraju u potrazi za plijenom na drugoj lokaciji. Lasice predstavljaju grupu najspecjaliziranijih lovaca, a oblik njihova tijela omogućuje im da plijen hvataju u rupama i gnjezdećim nastambama.

Druga kategorija predatora na glodavcima su generalisti koji mogu konzumirati raznovrsnu hranu, no oni će odabrati prehranu glodavcima ukoliko im je takav izvor hrane dostupan na

staništu (Andersson i Erlinge, 1977). Lisice, kune, polarne i domaće mačke, jazavci i jastrebovi primjeri su takvih generalista. Recentne studije predacije na glodavcima izvještavaju da predatori utječu na populacije glodavaca u velikom postotku, više od 95% unutar praćenih populacija kroz tri godine u divljini (Jedrzejewski i Jedrzejewska, 2007). Predatori se smatraju glavnim faktorom u dinamici populacija glodavaca, ali i vrlo bitnom karikom prilikom evolucije razvoja ponašanja ove skupine (Sundell, 2006). Kao i kod mnogih vrsta glodavaca, položaj štakora u lancu ishrane i konstantan okolišni pritisak, oblikovao je evoluciju vrste kroz milijune godina te je rezultirao različitim antipredatorskim adaptacijama (Brudzynski i Fletcher, 2010).

Ultrazvučno glasanje kod štakora, kao antipredatorska adaptacija, razvilo se relativno nedavno u evoluciji. Praćenjem radijacije miomorfnih glodavaca ustanovljeno je da se takav oblik glasanja razvio vjerojatno prije 20-40 milijuna godina. Jedan od preduvjeta za razvoj takvog oblika komunikacije je razvoj vokalne osjetljivosti koja seže daleko u ultrazvučni spektar, a stimulirana je noćnim načinom života i potrebom da se izbjegnu noćni predatori (Brudzynski i Fletcher, 2010).

Neki znanstvenici sugeriraju da se takav oblik vokalizacije prvo razvio unutar odnosa majke i mladunaca. Budući da su mladunci štakora nakon rođenja nesposobni preživjeti bez roditeljske brige, razvoj komunikacijskog sustava unutar takvog odnosa smatra se potrebnom evolucijskom adaptacijom. Mladunci štakora pokazuju ekstremno bogat vokalni repertora unutar prvih 20 dana života te pokazuju sposobnost da proizvedu frekvencijski modulirane signale unutar zvučnog i ultrazvučnog spektra odmah nakon rođenja (Brudzynski i Fletcher, 2010).

Istraživanja na mladima miša pokazalo je da oni emitiraju različitu količinu UZV signala u različitim okolišnim uvjetima: prilikom izolacije, uklanjanja iz gnijezda ili uklonjanja majke, prilikom smanjene temperature, izlaganja taktilnim podražajima ili prilikom kontaka s nepoznatim mužjakom miša (Branchi, 2001). Velika promjena u akustičnim parametrima očituje se ponajviše u frekvencijskim modulacijama i prisutnosti frekvencijskih koraka. Broj signala se ne mora promijeniti prilikom izlaganja različitim uvjetima, no analiza spektograma može pokazati značajne razlike (Tonkiss i sur., 2003). Redukcija broja signala ne mora nužno značiti i generalnu redukciju svih tipova signala već samo redukciju određenih akustičnih formi (Barron i Gilbertson, 2005).

Odrasli štakori imaju dva oblika vokalizacije: vokalizaciju zvučnim signalima s fundamentalnom frekvencijom između 2-4 kHz i bogatim harmonijskim komponentama i vokalizaciju ultrazvučnim signalima s mnogo većom frekvencijom, 20-70 kHz. Nedavne studije ponašanja pokazale su da zvučne signale štakori mogu koristiti u izravnom kontaktu s predatorom (Litvin i sur., 2007), a ti signali mogu biti detektirani i od strane iste vrste na većoj udaljenosti. Ti obrambeni mehanizmi glasanja (heterospecifična komunikacija) povećaju se s blizinom predatora, a smatra se da služe za upozorenje predatoru na spremnost štakora na obrambeni napad (Litvin i sur., 2007). S druge strane, ultrazvučni dozivi su pogodni za komunikaciju na malim udaljenostima i isključivo za komunikaciju unutar socijalne grupe (Brudzynski i Fletcher, 2010). Ultrazvučni signali se brzo apsorbiraju u okolišu i prenose se na relativno kratke udaljenosti te su idealno sredstvo komunikacije u užem rangu. Niže frekvencije se mnogo efektivnije prenose na većim udaljenostima i manje otvorenim staništima. Nedavno je dokazano da se UZV koristi i kao unutarvrsteni alarmni signal kod podzemnih vjeverica *Spermophilus richardsonii* (Wilson i Hare, 2004) prilikom čega se ultrazvuk odašilje iznad zemlje na otvorenom staništu.

Visoka frekvencija UZV signala eliminira mogućnost predacije pticama, budući da je granica čujnosti mnogih ptica ispod 25 kHz (Schwartzkopff, 1955). Neki predatori mogu čuti zvukove do 40 kHz, no vrlo teško lociraju plijen radi određenih karakteristika ultrazvuka kao što su vrlo mala duljina UZV vala, vrlo kratko trajanje signala i posjedovanje definiranog početka i kraja signala bez oštrih diskontinuiteta (Stevens i Davis, 1938). Da bi detektirao frekvenciju od 40 kHz predator bi trebao biti na udaljenosti od manjoj od 1 cm te bi plijen mogao pronaći samo pomoću razlika u intenzitetu budući da prigušenje UZV-a raste brzo kako se povećava udaljenost. Visoke frekvencije se lako odbijaju od objekata, čak i malih kao što su vlati trave (Marler, 1955). Ovakva priroda UZV-a predatorima smanjuje mogućnost loakcije životinje koja odašilje UZV.

Uloga UZV-a prilikom komunikacije

Ultrazvučna glasanja rijetko su detektirana kod životinja u izolaciji što upućuje na to da je vokalizacija ključna u komunikaciji među jedinakama (Cherry i Lepri, 1986).

Uloga u komunikaciji u recentnim istraživanjima se navodi kao generalna funkcija ultrazvučnog glasanja kod glodavaca, a upotreba UZV-a može ukazati na socijalnu strukturu unutar vrste.

Postoje dobri dokazi da glodavci mogu čuti UZV signale unutar iste vrste te da im je pik auditivne osjetljivosti u UZV spektru (Brown i Pye, 1975). Manje je poznato kolika je sposobnost njihovog auditivnog sustava da prepoznaju različite aspekte UZV-a i raspoznaju frekvencijske modulacije odaslanog signala. Postoje istraživanja na miševima i štakorima koja ispituju selektivnost recipijenta na odaslane signale (Ehret, 1992; Ehret i Haack, 1981). Potrebne su studije neuralnih i bihevioralnih odgovora kod glodavaca na UZV signale kao i studije o mogućnosti razlikovanja tipova primljenih signala s obzirom na duljinu trajanja i frekvenciju da bi se odgovorilo na ovo pitanje.

Mortonovo „Motivational-Structural“ pravilo (Morton, 1977) nalaže da će životinje agresivnije prilikom konspecifika imati tendenciju da proizvode oštrije, frekvencijski niže signale u direktnom kontaktu nego socijalnije životinje koje će producirati tonalne signale više frekvencije. Ovo pravilo primjenjivo je na sisavcima, unutar vrsta tobolčara, glodavaca, karnivora, kopitara i slonova (Hauser, 1993; Morton, 1977).

Vokalni signali kod glodavaca mogli bi odgovarati ovoj shemi, no nema dovoljno podataka o ovakvoj korelaciji levela agresivnosti u ponašanju i glasanja. Ukoliko se ovo pravilo može primjeniti kod glodavaca, zvukovi niže frekvencije bi odgovarali agresivnom ponašanju i bili prisutniji kod agresivnijih vrsta, dok bi tonalniji zvukovi više asocirali na susretljivo ponašanje i bili prisutniji kod susretljivijih vrsta. U ranim studijama na voluharicama (Kapusta i sur., 2007) nije uočena povezanost između agresivnog ponašanja i emisije zvučnih signala između vrsta, no uočena je negativna veza između levela agresije i emisije ultrazvuka pri čemu je agresivnija vrsta voluharice (uključujući oba spola) proizvodila manje UZV signala od ženskih pripadnika druge dvije vrste (Kapusta i Sales, 2008).

Signali koji moraju biti locirani od strane jedinke iste vrste trebali bi biti relativno niskih frekvencija, stereotipni, ponavljajući s širokim rasponom frekvencije ili s brzim frekvencijskim promjenama (Bradbury i Vehrencamp, 1998). Vrste miševa, *Baiomys musculus* i *B. taylori*, *Scotinomys teguina* i *S. xerampelinus*, koriste stereotipne, ponavljajuće, brzo padajuće frekvencijske modulacije radi mogućnosti lokalizacije jedinke iste vrste i poticanja njihovog kontakta (Miller i Engstrom, 2007). Lokalizacija također uzrokuje razlike u UZV struturi kod zlatnog hrčka. Prilikom estrus faze, ženke odašilju kompleksne signale s brzim promjenama frekvencije i amplitude od onih proizvedenih od strane mužjaka čime omogućuju mužjacima da ih lociraju i stupe u kontakt (Floody i Pfaff, 1977). Prilikom razdvajanja mužjaka i ženki,

mužjaci koriste kompleksnije signale nego u prisutnosti ženke, povećavajući tako mogućnost lociranja ženski i ponovnog kontakta.

Istraživanja u laboratorijskim uvjetima i u prirodi

Unatoč iscrpnim istraživanjima ultrazvučnog glasanja na laboratorijskim životinjama, vrlo malo studija je vršeno na divljim vrstama u prirodi. U jedinom istraživanju vokalizacije na divljim miševima, 2 vrste roda *Peromyscus* pokazale su mmnogo bogatiji vokalni repertoar i veću raznolikost u akustičnim parametrima nego laboratorijski sojevi miševa (Kalcounis-Rueppell i sur, 2006). Moguće da se prilikom genetičke manipulacije i generacijskog držanja životinja u zatočeništvu, mijenjaju uzorci ponašanja i sama vokalna sposobnost laboratorijskih životinja.

Potrebno je više istraživanja na divljim vrstama radi kompletnijih saznanja o upotrebi ultrazvuka u prirodi kao i radi komparativne analize glasanja između vrsta koja bi omogućila veća saznanja o samom vokalnom mehanizmu i funkciji signala. Također, takva saznanja bi pružila odgovore na pitanja kako sama biologija životinja koje primaju ili odašilju signale utječe na ultrazvučnu signalizaciju.

Tehnološke inovacije na polju snimanja zvuka u prirodi (Kalcounis-Rueppell i sur.,2008, 2006; Wilson i Hare, 2004) trebale bi omogućiti vrijedne informacije o glasanju životoinja u prirodnom staništu.

1.4 Obrazloženje teme

Dinarski voluhar (*Dinaromys bogdanovi* Martino 1922) je Balkanski paleoendem o čijoj se biologiji jako malo zna te nisu poznati podatci o vokalizaciji ove vrste. Glasanje je bitna komponenta ponašanja koja može dati brojne informacije o samoj biologiji vrste, a analiza glasanja u ovisnosti o kontekstu može dovesti do boljeg uvida u funkciju glasanja.

Poznato je da brojne vrste glodavaca koriste ultrazvučno glasanje prilikom socijalnih interakcija te su takvi signali zabilježeni i kod voluharica. Kod potporodice Arvicolinae se pokazalo da je produkcija ultrazvuka povezana sa socijalnom strukturom vrsta te da kompleksnost ultrazvučnih signala ovisi o kompleksnosti okoliša. Budući da dinarski voluhar spada u potporodicu Arvicolidae i nastanjuje kompleksna staništa za očekivati je da se glasa u ultrazvučnom dijelu spektra. Socijalnije vrste imaju i složenije glasanje te će utvrđivanje kompleksnosti signala dati prvi uvid o do sada neutvrđenoj socijalnoj strukturi dinarskog voluhara.

Cilj ovog rada je po prvi put dokumentirati i analizirati akustična svojstva dinarskog voluhara te ustvrditi raspon glasanja. Analiza sonograma omogućuje tipizaciju signala i daje uvid u kompleksnost samog vokalnog repertoara. Dokumentiranje količine vokalnih signala i pridruživanje tih signala prethodno utvrđenim tipovima prilikom izlaganja životinja različitog spola različitim eksperimentalnim postavima omogućuje uvid u važnost i funkciju glasanja kod dinarskog voluhara.

Tipizacija i ovako provedena analiza glasanja dati ce uvid u frekvencijski raspon glasanja, samu kompleksnosti glasanja, količinu glasanja u ovisnosti o uvjetima okoliša, ovisnost vokalizacije o spolu te će dati mogući uvid u funkciju ultrazvučnih signala.

Podatci dobijeni u ovom istraživanju poslužit će za daljnu analizu vokalizacije dinarskog voluhara, te će dati vrijedne podatke o biologiji i ponašanju vrste.

2 MATERIJALI I METODE

Istraživanje Biologije vrste dinarskog voluhara provedeno je u suradnji sa Zoološkim vrtom u Zagrebu. Istraživanje je u skladu s važećim Zakonom o zaštiti životinja (NN 135/06 i NN 37/13) i Pravilnikom o zaštiti životinja koje se koriste u pokusne ili druge znanstvene svrhe (NN 55/13), etički je prihvatljivo i odobreno od strane Etičkog povjerenstva Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta (URBROJ: 251-58-10617-14-33, 8. rujna 2014.).

Ovo istraživanje nije klasificirano kao pokus te nije bila potrebna dozvola Ministarstva poljoprivrede.

2.1 Životinje uključene u istraživanje

Životinje uključene u istraživanje su jedinke dinarskog voluhara okoćene u zatočeništvu u prostorijama Zoološkog vrta grada Zagreba u kojem je i provedeno istraživanje biologije vrste. Brijanjem male površine dlake na leđima omogućeno je vizualno razlikovanje životinja te su jedinkama uključenim u istraživanje nasumično dodjeljeni brojevi (1-16) uz oznaku spola i identifikacijskog broja. Na svakom terariju u kojem su obitavale životinje bio je istaknut broj i osnovna obilježja svake životinje uključene u istraživanje. Istraživanje vokalizacije obuhvaćalo je 11 jedinki.

Istraživanje je provedeno kroz 6 mjeseci, počevši od kraja lipnja te zaključno s posljednjom snimkom snimljenom 3.2.2015. godine te je uključivalo dva sezonalna stanja životinja (sezonu parenja i period izvan sezone parenja).

2.2 Metode održavanja životinja

Jedinke dinarskog voluhara podvrste *longipedis* (*Dinaromys bogdanovi* ssp. *longipedis*) smještene su pojedinačno, u matičnim terarijima (dimenzije 80 cm x 60 cm x 55 cm) sa staklenim kliznim stjenkama na prednjoj strani i gornjom stjenkom od žičane mreže (Slika 4). Unutrašnjost terarija bila je postavljena tako da simulira što sličnije uvjete iz prirodnog staništa i omogući životinji ispoljavanje svih ponašanja i bioloških funkcija koje bi obavljala i u prirodi. Dno matičnog terarija prekriveno je šljunkom, a mjesta ekskrecije su, radi lakšeg

održavanja, posuta i slojem piljevine. U svakom uglu terarija smještena je po jedna keramička posuda s otvorima koje jedinke koriste kao gnijezdo ili skladišta. Unutar terarija nalazi se kamenje i grane koje jedinke koriste za penjanje i skrivanje te keramičke posudice s vodom. Kako bi se što bolje simulirali uvjeti iz prirode, svaki terarij osvijetljen je i žaruljom (60 W) kojom se reguliraju uvjeti fotoperioda ovisno o sezonskim promjenama. Životinje su hranjene jednom dnevno sa svježe pokošenom mješavinom livadnog bilja u količini dovoljnoj za cjelodnevne potrebe. Zdravstveni monitoring jedinki provodila je veterinarska služba Zoološkog vrta.



Slika 4**:** Izgled matičnog terarija

Čišćenje ekskreta obaljalo se jednom dnevno prilikom čega životinje nisu uznemiravane, a keramičke posude u koje služe za skladištenje ili gnijezda nisu pomicane budući da u njima životinje nisu ostavljale izmet. Također, posude s vodom su redovito čišćene budući da su to mjesta u kojima su životinje najčešće obavljale ekskreciju.

2.3 Postavke istaživanja

2.3.1 Generalni postav

Između dva terarija u kojima borave životinje (svaka životinja u svom matičnom terariju) nalazi se terarij u kojem se provodi istraživanje (istraživački terarij). Matični i istraživački terarij međusobno su povezani vratašcima koja se zatvaraju staklenom pločicom. S obje bočne strane istraživačkog terarija nalaze se po jedna takva vratašca. Dvostruka staklena barijera onemogućava ulaz i interakciju s istraživačkim terarijem kada životinje nisu u istraživanju. Prilikom puštanja životinje u pokus, vratašca se otvore te životinja nesmetano može pristupiti u istraživački terarij, kao i vratiti se u matični terarij u bilo kojem trenutku istraživanja. Na ovaj se način u potpunosti izbjeglo rukovanje sa životinjama te se testiranoj životinji omogućilo donošenje odluke o kretanju između istraživačkog i matičnog terarija tijekom istraživanja.

Istraživački terariji također su staklenih ploha, s mrežastom gornjom stjenkom, te istih dimenzija kao matični terarij. Gornja stjenka ima nadograđenu konstrukciju od iste žičane mrežice na koju smo prije istraživanja postavljali mikrofon koji je bilježio audio zapis.

Zbog posjedovanja samo jednog snimača zvuka bilo je moguće isključivo provođenje istraživanja s jednom životinjom u zadanom vremenu. Prilikom istraživanja u istraživački terarij smo puštali životinju iz matičnog terarija postavljenog s desne ili lijeve strane istraživačkog terarija. Između istraživačkog terarija i matičnog terarija jedinke koja u danom trenutku ne sudjeluje u istraživanju postavljana je pregrada od bijelog papira radi isključivanja utjecaja druge jedinke na testiranu životinju.

Dno istraživačkog terarija prekriveno je tankim slojem piljevine, na koji su postavljene po četiri keramičke pločice (po jedna velika pločica u gornji lijevi i donji desni kut, te po jedna mala u donji lijevi i gornji desni kut). S obzirom na eksperimentalni postav u istraživački terarij postavljali smo karakteristično smješteno kamenje sa ili bez apliciranim mirisom jedinke iste ili suprotne vrste te manji terarij s jedinkom iste ili druge vrste.

2.3.2 Eksperimentalni postavi istraživačkog terarija

Svaki eksperimentalni postav postavljali smo s ciljem istraživanja vokalizacije životinja s obzirom na određene ponuđene uvjete u istraživačkom terariju. Svaki postav sniman je mikrofonom koji bilježi visoke frekvencije radi utvrđivanja prisutnosti glasanja i daljnje analize dobivenih snimki.

2.3.2.1 Postav osvajanje teritorija

Životinjama u istraživačkom terariju su ponuđeni postavi različite kompleksnosti prostora s kojim se životinje susreću po prvi put. Broj i raspored kamenja uvjetovao je kompleksnost prostora te je snimana vokalna reakcija životinja na novi teritorij unutar 30 minuta.

2.3.2.2 Postav s olfaktornim signalima

Unutar postava s olfaktornim signalima snimali smo vokalnu reakciju životinje na prividno zauzet istraživački terarij. Pretpostavljeno je da bi različiti mirisi na koje životinja nailazi mogli utjecati na njen vokalni repertoar.

U postavu s olfaktornim signalima postavljano je šest kamena, po tri u dvije linije (Slika 5).



Slika 5.: Postav s olfaktornim signalima

Prije početka istraživanja, po tri nasumično određena kamena označena su otopinom s mirisom. Prethodno je u pojedinačne plastične epruvete prikupljen izmet laboratorijskog miša, poskoka te mužjaka i ženke jedinki dinarskog voluhara (ovisno o eksperimentu koji je valjalo provesti). Otopina je pripremljena tako da se epruveta s izmetom i malo vode mućka nekoliko minuta. Dobivena otopina je vatenim štapićem nanesena na dio gornje površine određenog kamena. Istraživanje je snimano 30 minuta.

Snimana je i vokalna reakcija mužjaka i ženki na miris jedinki iste vrste istog ili suprotnog spola (konspecific-miris) te jedinki druge vrste (heterospecific-miris miša, miris predatora).

2.3.2.3 Postav s prisutnostnom životinjom iste ili druge vrste

U terariju su 4 kamena postavljena bliže ulazu sa strane matičnog terarija testirane životinje, a na suprotnoj strani istraživačkog terarija je postavljen manji plastični terarij s rešetkom u kojem je bila prezentirana životinja. Tako je onemogućen direktni kontakt životinja prilikom kojeg bi moglo doći do nepredviđenih situacija. Zvučni zapis snimali smo 15 minuta prije kontakta u kojem je životinja puštana u istraživački terarij sa ili bez mirisa jedinke koja će joj biti prezentirana (nasumičan odabir prezentacije mirisa jedinkama u istraživanju), a sam kontakt životinja je usljedio nakon što su istraživači unijeli životinje u manje terarije unutar testnog terarija te ponovno pustili testirane životinje u istraživački terarij. Sam kontakt je sniman 10 minuta na rendomiziranom uzorku životinja.

Snimana je vokalna reakcija mužjaka i ženki na jedinku iste vrste istog ili suprotnog spola (konspecific), reakcija na prisutnost jedinke druge vrste glodavca (heterospecifik-miš) te reakcija na prisutnost predatorske vrste (heterospecifik-svlak poskoka).

2.3.2.4 Neofobija

Snimana je vokalna reakcija životinja na objekt u istraživačkom terariju s kojim životinja nije bila u kontaktu. Kao nepoznati objekt korištena je zračnica od bicikla budući da je takav objekt dovoljno malen i lagan da ga životinja može nesmetano prenositi po istraživačkom terariju te ga i unijeti u matični terarij, a da pri tom ne dođe do bilo kakvog ozljeđivanja životinje. Reakcija na nepoznati objekt snimana je 30 minuta.

2.4 Prikupljanje podataka

2.4.1 Metoda snimanja

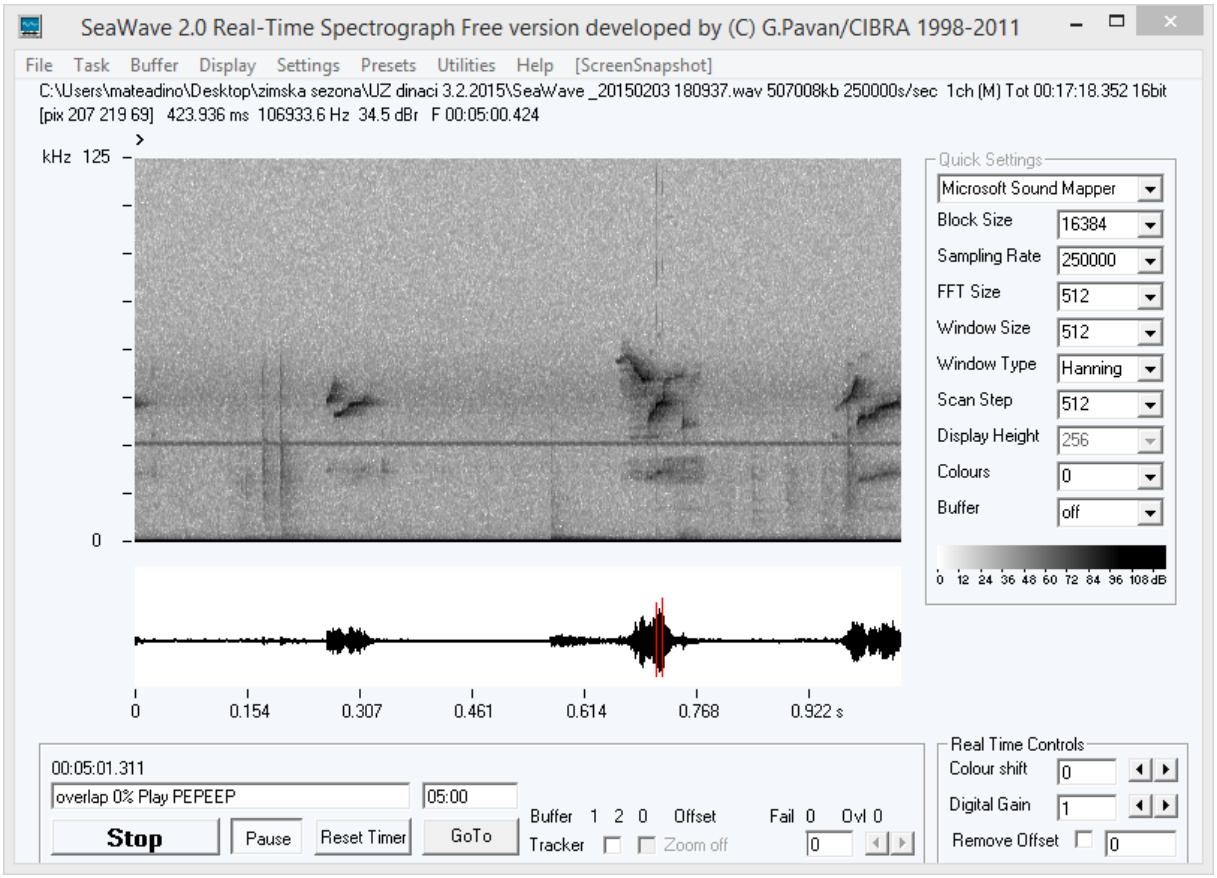
Istraživanja, odnosno snimanja, dogovorno su počinjala 20 minuta nakon zalaska sunca (zalazak sunca praćen preko stranice crometeo.hr) te su se podudarala s periodom najveće dnevno-noćne aktivnosti dinarskog voluhara, prethodno utvrđene prilikom promatranja životinja u zatočeništvu. Snimanja su bila varijabine duljine trajanja, u ovisnosti o eksperimentalnom postavu svakog istraživanja.

Na gornjoj strani istraživačkog terarija postavljana je keramička kupola koja je držala mikrofon na 5 centimetara udaljenost od rešetke terarija s otvorom mikrofona usmjerenim prema unutrašnosti terarija. S obzirom na mogućnost dotoka zvukova izvana, istraživački terarij i rešetka terarija s gornje strane (osim otvora za mikrofon) bila je obložena stiroporom koji je dobar izolator zvuka.

Prije početka snimanja gašeno je svjetlo u prostoriji. Nakon početka snimanja otvarana su staklena vratašca koja dijele matični i istraživački terarij te je taj trenutak, kasnije uočen na snimkama, uziman kao početak snimanja. Za vrijeme snimanja istraživači su napuštali prostoriju kako bi se isključilo ometanje istraživanja. Po isteku snimanja, istraživači su se vraćali u prostoriju i palili svjetlo. Ukoliko su se jedinke nalazile u istraživačkom terariju, potaknut je njihov povratak u matični terarij. Vratašca su zatvarana staklenom pločicom. Po isteku vremena određenog u postavkama programa za snimanje, snimanje bi se samo prekinulo. Ukoliko je snimanje postavljeno na dulje vremensko trajanje od trajanja istraživanja, kraj istraživanja bilježen je u trenutku zatvaranja vratašaca.

2.4.2 Korištena oprema i programi

Za snimanje je korišten osjetljivi mikrofon UltraMic 2000K (vanjski snimač zvuka) podešen na srednju osjetljivost primanja zvuka (jedan osigurač dolje, drugi gore unutar samog uređaja) koji bilježi visoke frekvencije te je USB kabelom povezan s prijenosnim računalom sa softwerskim programom SeaWave 2.0 (Slika 6) koji u realnom vremenu direktno bilježi zvuk na hard disk.



Slika 6: Izgled programa SeaWave 2.0 prilikom bilježenja zvuka

Unatoč tome što se softwer SeaWave može koristiti i za analizu bioakustičnih signala u realnom vremenu, u ovom istraživanju korišten je isključivo kao transferni softwer između mikrofona kao vanjskog snimača i unutrašnje memorije prijenosnog računala. U postavkama softwera izabrali smo opciju real time analisys+recording, a u generalnim postavkama snimanja bilježenje zvuka preko vanjskog snimača (mikrofon UltraMic 2000K) te smo podesili sampling rate na 250 000 što nam je omogućilo snimanje frekvencija do 125 kHz. Korišteno je jednokanalno snimanje, block size postavljen na 16384, dok su FFT size i Windows size postavljeni na 512. Također, u postavkama je bilo potrebno navesti vrijeme koje želimo da snimač zabilježi (ovisno o postavu) te lokaciju pohrane snimke na prijenosnom računalu. Sve snimke zabilježene su u .wav obliku te se nadalje moglo s njima manipulirati u drugim programima.

2.5 Analiza podataka

Radi malog broja životinja uključenih u istraživanje i posjedovanja samo jednog snimača zvuka bilo je moguće provesti samo pojedinačna istraživanja na jednoj jedinci unutar određenog postava u zadanom vremenu. To je onemogućilo paralelno snimanje svih životinja uključenih u istraživanje unutar svakog pojedinačnog eksperimentalnog postava. Glasanje životinja analizirano je s obzirom na spol snimanih jedinki te je isključena analiza individualnih razlika u glasanju među različitim jedinkama istog spola.

Utvrđena je količina snimljenog materijala kao i količina uspješnih snimki (uspješna snimka smatra se onom u kojoj je životinja ušla u istraživački teritorij). Od ukupnog trajanja svake snimke oduzeto je vrijeme koje je bilo potrebno životinji da uđe u istraživanje te vrijeme nakon zatvaranja vratašaca istraživačkog terarija. Radi posjedovanja male količine snimki za svaki pojedini eksperimentalni postav, vremena trajanja tako obrađenih snimki unutar određenog postava su zbrojena da bi se dobila ukupna minutaža snimljenog materijala za svaki postav. Izračunom se dobila količina glasanja po satu radi lakše manipulacije podatcima i daljnje statističke analize.

Radi problema tehničke prirode (zatajenje mikrofona, prekinuto snimanje, pad softwera) ili same neuspješnosti istraživanja (životinja kroz cijeli period snimanja nije stupila u istraživački terarij) razlozi su radi kojih su neki podatci, bitni za analizu, nepostojeći. Radi nepostojanja tih podataka nije bilo moguće provesti sve usporedbe glasanja u ovisnosti o spolu.

Da bi se provela detaljna analiza do sad neistraženog vokalnog repertoara dinarskog voluhara korištena je vizualna analiza sonograma te direktno premjeravanje sonogramskih parametara koje je omogućilo deskriptivnu i numeričku identifikaciju i tipizaciju signala te samo prebrojavanje signala unutar određenih postava.

2.5.1 Kategorizacija signala

Sonografska analiza bioakustičnih parametara, analiza i određivanje tipova signala i bilježenje količine glasanja u ovisnosti o eksperimentalnim postavima vršena su u programu BatSound Pro- Sound Analyis (Version 3.0). Unutar Hanning window funkcije s FFT mjerom od 512 u sonogramu snimke su pregledavane po 0,2 s/div u mono kanalu. Usporedno se pratila i oscilacija amplitude unutar oscilograma preko koje su vršena mjerenja duljine trajanja pojedinih signala.

Snimljeni signali su pozicionirani unutar spektograma s obzirom na vremensko trajanje (horizontalna os) i frekvenciju (vertikalna os).

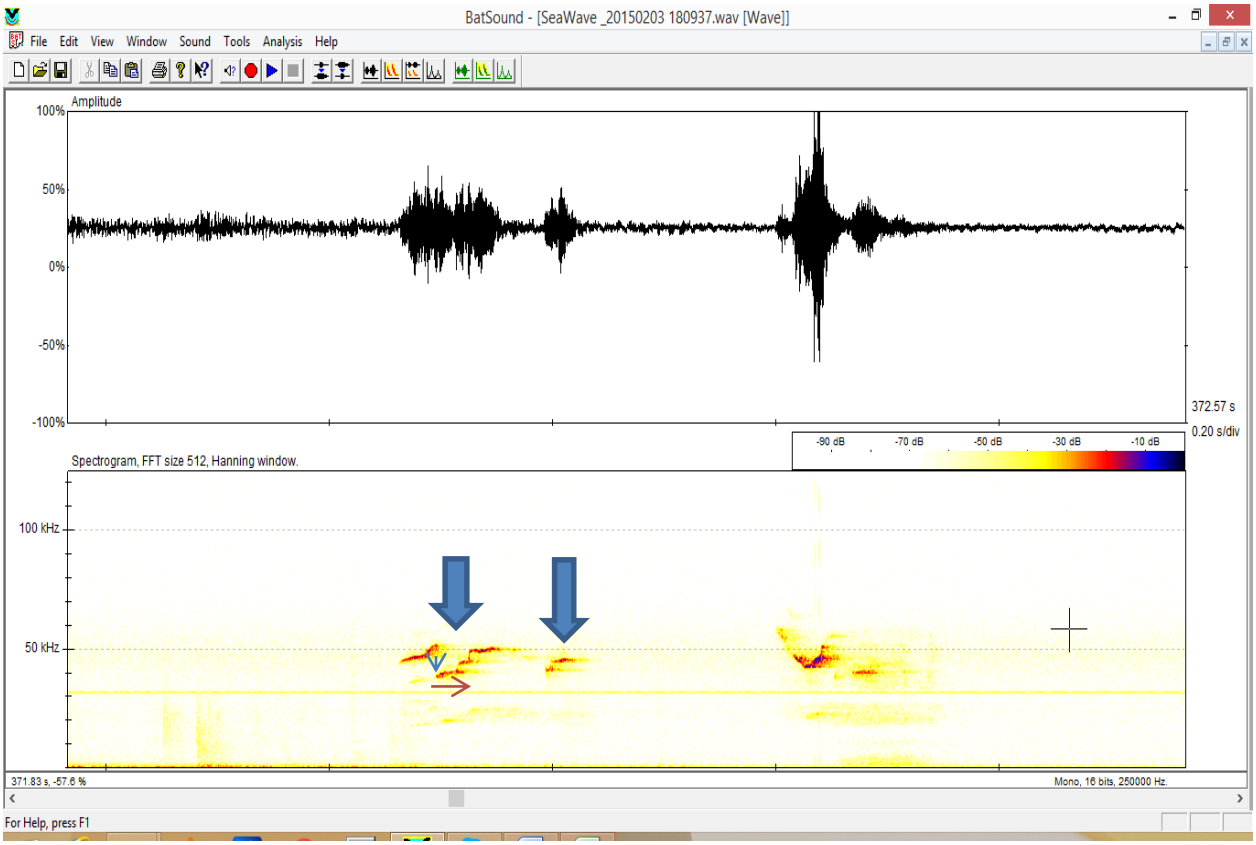
Postavke sonograma bile su određene pragom zvuka (2), amplitudnim kontrastom (-2) te bojom amplitude (Yellow, Red, Blue) koja označava jačinu (dB) signala, s tim da je žutom bojom označen najtiši dio amplitude, a plavom najglasniji (Slika 7).



Slika 7: Izgled oscilograma (gore) i spektograma (dolje) unutar programa BatSound. Vidljiva je prisutnost ultrazvučnih signala unutar jedinice vremena od 5 sekundi

Tipizacija je provedena vizualnom identifikacijom signala unutar sonograma na temelju različitih parametara mjerenih direktno pomoću mjernog kursora. Osnovna podjela signala provedena je na temelju broja kompomenti unutar signala. Komponenta je definirana kao jedna, neprekinuta i kompletna sonogramska mjera (Fernández-vargas i Johnston, 2015). Ukoliko su signali vizualizirani unutar oscilograma bili odvojeni tišinom duž vremenske skale više od 1 ms, bili su tretirani kao zasebni. Ukoliko između nota nije postojao period tišine, tretirani su kao jedan višekomponentni signal, odnosno frekvencijski korak (Scattoni i Branchi, 2010).

Duljina trajanja signala i frekvencijska tendencija unutar samog signala (rast, pad, stagnacija frekvencije) bile su osnovne odrednice tipizacije signala s jednom komponentom (Fernández-vargas i Johnston, 2015). Kod višekomponentnih signala osnovna podjela vršena je na temelju same morfologije signala, odnosno rasporeda komponenti te njihovih odnosa duljina trajanja te frekvencijskih raspona unutar signala. Frekvencijski raspon komponenti mjeren je od završne točke prethodne komponentne i početne točke sljedeće komponente. Za graničnu mjeru kratkih komponenti uzimana je mjera od 3 ms kao i za kratke signale. Primjer mjerenja za višekomponentne prikazan je na slici (Slika 8).



Slika 8: Višekomponentni signali su prikazani debljim strelicama. Frekvencijski raspon između dvije komponente prikazan je tanjom plavom strelicom. Duljina trajanja komponente prikazana je tanjom rozom strelicom.

Terminologija korištena u kategorizaciji je preuzeta iz opisa vokalizacije napravljene za ostale vrste sisavaca, posebno one korištene za opis ultrazvučnih signala kod miševa i štakora (Grimsley i sur., 2011; Kikusui i sur., 2011; Wright i sur, 2010; Scattoni i Branchi, 2010; Scattoni i sur., 2008; Portfors, 2007; Mitani i Marle, 1989) te je prilagođena potrebama opisa prethodno neistražene vokalizacije dinarskog voluhara.

Prilikom slikanja signala korišten je program Snipping Tool.

2.5.2 Analiza akustične strukture

Sonogramski parametri mjereni su na rendomiziranom broju uzoraka svakog tipa kroz ukupno vrijeme trajanja snimki. 20 premjerenih signala unutar tipova dali su reprezentativan uzorak te smo poroveli daljnju statističku analizu i numeričku deskripciju tipova. Sonogramski parametri signala rijetkih podtipova (manje od 20 kroz sva istraživanja) mjereni su na 10 ili 5 rendomiziranih uzoraka. Ukupno je uzeto u analizu 429 signala unutar

snimljenog materijala. Sonogramska analiza podrazumjeva mjerenje sonogramskih parametara. Parametri uzeti u analizu i način njihovog mjerenja prikazan je u tablici (Tablica 2).

Tablica 2: Mjereni sonogramski parametri, programi unutar kojih je provedeno mjerenje i načini njihova premjeravanja

SONOGRAMSKE MJERE	OPIS	MJERNA JEDINICA	PROGRAM	NAČIN MJERENJA
dur	duljina trajanja signala	ms	BatSound-oscilogram	sredina mjernog kursora postavljena na početak i kraj oscilacije na liniji oscilograma označuje duljinu trajanja signala
Fstart	početna frekvencija	kHz	BatSound-spektogram	mjerni kursor postavljen u početnoj točki signala u spektogramu predstavlja frekvencijski početak oscilacije na vremenskoj skali
Fstop	konačna frekvencija	kHz	BatSound-spektogram	mjerni kursor postavljen u završnoj točki signala predstavlja frekvencijski kraj oscilacije na vremenskoj skali
Fdown	najniža frekvencijska točka	kHz	BatSound-spektogram	mjerni kursor postavljen u najnižoj frekvencijskoj točki signala predstavlja najnižu frekvenciju signala
Ftop	najviša frekvencijska točka	kHz	BatSound-spektogram	mjerni kursor postavljen u najvišoj frekvencijskoj točki predstavlja najvišu frekvenciju signala
Fmax	frekvencija s maksimalnom vrijednosti	kHz	BatSound-power spectrum	mjerni kursor postavljen na mjesto najvišeg pika predstavlja frekvenciju s maksimalnom vrijednosti

Za signale koji nemaju jasno vidljiv frekvencijski trend uzimana je samo mjera maksimalne frekvencije (signali unutar tipa E). Signalima koji nemaju jasno vidljivu početnu i najnižu frekvencijsku točku mjerena je samo završna i najviša frekvencijska točka (signali unutar tipa M).

Za premjerene parametre svakog signala unutar tipova je izračunata srednja vrijednost, standardna devijacija, minimum i maksimum te je izračunat medijan da bi se dobila numerička deskripcija pojedinih tipova.

2.5.3 Analiza količine glasanja

Praćenjem snimki eksperimentalnih postava u programu BatSound svaki detektirani signal je prebrojan te pridružen pojedinom tipu. Takvim bilježenjem u tablicu programa Microsoft Office Excel dobiven je konačan broj signala unutar svakog tipa za pojedini postav.

Mjerena je količina glasanja unutar pojedinih tipova za muški i ženski spol prilikom osvajanja prostora, kontakta s mirisom jedinki iste vrste istog ili suprotnog spola, kontakta s mirisom jedinki druge vrste (miš i poskok), sama reakcija na kontakt s jedinkama iste ili druge vrste istog ili suprotnog spola te reakcija na nepoznati objekt u istraživačkom terariju.

Uspoređivana je količina glasanja unutar pojedinog tipa te sam broj tipova u pojedinom eksperimentalnom postavu za ženski i muški spol (Fernández-vargas i Johnston, 2015).

2.5.4 Statistička analiza

Podaci su podvrgnuti statističkoj analizi radi utvrđivanja statistički značajnih razlika unutar pojedinih tipova signala te između samih tipova. Podaci za svaki premjereni sonogramski parametar (dur, Fstart, Fend, Fdown, Ftop, Fmax) za premjerene tipove i podtipove (ovisno o abundanciji unutar snimki, 20 signala ili manje) su statistički obrađeni pomoću programa Statistica (StatsSoft 7.0. inc.). Na razini značajnosti $p<0,05$, provedena je neparametrijska analiza upotrebom Kruskal-Wallis testa, a rezultati su prikazani grafički, Box-Whisker Plot grafovima.

Statistička analiza količine glasanja unutar eksperimentalnih postava te ovisnost količine glasanja o spolu vršena je preko hi kvadrata ukoliko smo uspoređivali dva podatka ili preko tablica kontingencije ukoliko je uspoređivano više od dva podatka. Radi usporedbe količine glasanja bilo je potrebno prethodno izraziti broj signala unutar mjerne jedinice vremena. Unutar pojedinih postava uspješnost snimki bila je varijabilna, kao i vrijeme potrebno životinji da uđe u istraživački teritorij. Broj signala unutar svakog postava podijeljen je s izračunatom ukupnom minutažom pojedinog postava da bi se dobio broj glasanja po minuti. Budući da upotreba hi kvadrata nalaže upotrebu cijelih brojeva, trebalo je prilagoditi podatke. Podatak broj signala po minuti je transformiran u podatak broj signala po satu te je zaokružen na cijeli broj.

Prilikom analize korištenih tipova prilikom eksperimentalnih postava u ovisnosti o spolu korištena je samo deskriptivna statistika radi obilne količine podataka i potrebe da se ti podatci prikažu na što jednostavniji način pomoću grafičkih prikaza.

Deskriptivno smo analizirali i količinu zvučnih signala i harmoničnih elemenata te su podatci izraženi brojčano i u postotcima. Daljnja statistička analiza nije provedena budući da je naglasak stavljen na ultrazvučne signale i njihovu upotrebu i funkciju u ovisnosti o eksperimentalnim postavima s obzirom na spol.

3 REZULTATI

Snimljeno je 8 eksperimentalnih postava u ovisnosti o uvjetima u terariju. Ukupno je snimljeno 13 od 18 planiranih eksperimentalnih postava unutar terarija s obzirom na spol. Ukupna količina materijala uzetog u analizu je 516,15 minuta, odnosno 8,6 sati. Količina snimki i materijala uzetog u analizu unutar pojedinih postava prikazana je u tablici (*broj snimljenih snimki za svaki eksperimentalni postav

**uspješnom snimkom smatra se ona u kojoj je životinja za vrijeme trajanja snimanja ušla u istraživački terarij

+predviđena duljina trajanja snimki je često produžena radi povećanja mogućeg uspjeha istraživanja

++unutar snimke materijal uzet u analizu je onaj od prvog ulaska životinje u terarij do zatvaranja vrata istraživačkog terarija. Količina materijala uzetog u analizu odnosi se na zbroj tih vrijednosti svih snimki unutar eksperimentalnog postava

3).

Tablica 3: Količina snimljenog materijala i uspješnih snimki, količina snimljenog materijala uzetog u analizu unutar eksperimentalnih postava i s obzirom na spol (**M na miris M-**konspecifična reakciju mužjaka na miris mužjaka**, M na miris F-**konspecifična reakcija mužjaka na miris ženke, **F na miris M-**konspecifična reakcija ženke na miris mužjaka, **F na miris F-**konspecifična reakcija ženke na miris ženke**; MM-**konspecifična reakcija dvaju mužjaka, **MF**-konspecifična reakcija mužjak-ženka,**FF**-konspecifična reakcija dviju ženki, **M**-mužjak**, F**-ženka)

	Broj snimki*	**Broj uspješnih snimki****	**Predviđena količina snimljenog materijala unutar uspješnih snimki (min)+**	**Količina materijala uzetog u analizu (min)++**
OSVAJANJE PROSTORA	11	1	30	28,6
KONSPECIFIK (MIRIS) ukupno	**18**	**11**	**285**	**224**
M na miris M	4	2	45	42,4
M na miris F	3	2	45	40,6
F na miris M	5	3	75	57,3
F na miris F	6	4	120	83,7
KONSPECIFIK (kontakt)ukupno	**10**	**8**	**80**	**83**
MM	2	2	20	21,45
MF	6	4	40	41,5
FF	2	2	20	20,2
HETEROSPECIFIK (miris) ukupno	**5**	**5**	**120**	**117,7**
M	2	2	45	42
F	3	3	75	75,7
HETEROSPECIFIK (kontakt) ukupno	**3**	**1**	**10**	**11,6**
M	1	1	10	11,6
F	2	0	0	0

REAKCIJA NA PREDATORA (miris) ukupno	**4**	**3**	**45**	**39,7**
M	0	0	0	0
F	4	3	45	39,7
REAKCIJA NA PREDATORA (kontakt)ukupno	**4**	**1**	**10**	**11,55**
M	2	1	10	11,55
F	2	0	0	0
NEOFOBIJA (ukupno)	**3**	**1**	**30**	**28**
M	2	0	0	0
F	1	1	30	28

*broj snimljenih snimki za svaki eksperimentalni postav

**uspješnom snimkom smatra se ona u kojoj je životinja za vrijeme trajanja snimanja ušla u istraživački terarij

+predviđena duljina trajanja snimki je često produžena radi povećanja mogućeg uspjeha istraživanja

++unutar snimke materijal uzet u analizu je onaj od prvog ulaska životinje u terarij do zatvaranja vrata istraživačkog terarija. Količina materijala uzetog u analizu odnosi se na zbroj tih vrijednosti svih snimki unutar eksperimentalnog postava

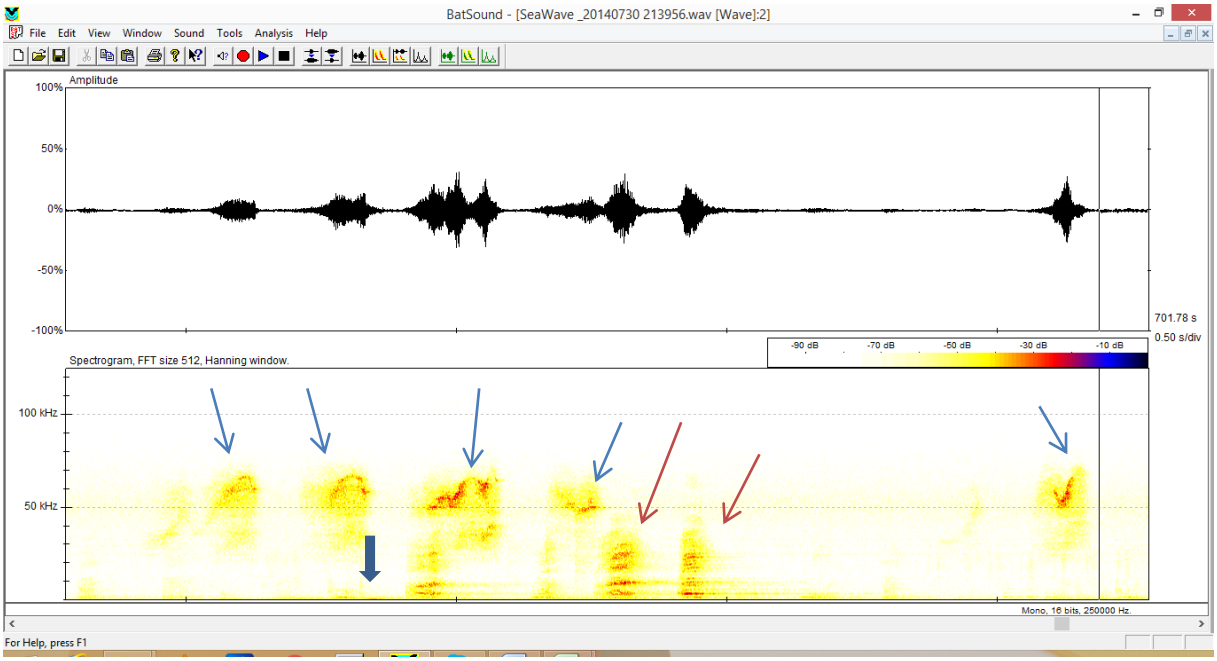
3.1 Količina detektiranih signala unutar ukupnog trajanja snimki

Potvrđena je prisutnost glasanja unutar snimljenog materijala.

Unutar 8,6 sati materijala uzetog u analizu (uključeni svi eksperimentalni postavi) detektirano je ukupno 2300 (od toga 1903 sastavljenih od jedne komponente i 404 sastavljenih od dvije ili više komponenti) ultrazvučnih signala i 396 zvučnih signala.

3.2 Raspon frekvencija vokalnog repertoara vrste

S obzirom na frekvencijski raspon utvrđena je prisutnost zvučnih signala , signala koji prelaze u ultrazvučni spektar s brojnim harmonicima (klasificiranih kao M tip ultrazvučnih signala) te ultrazvučnih signala (Slika).



Slika 9: Prikaz frekvencijskih varijacija prilikom glasanja. Prva dva signala predstavljaju ultrazvučne visokofrekventne signale (označeni plavom strelicom) koji se izmjenjuju s zvučnim signalima (označeni debljom strelicom) i niskofrekventnim ultrazvučnim tipom M s brojnim harmonicima (označeni ljubičastom strelicom)

Srednje vrijednosti, standardne devijacije, minimumi, maksimumi i medijani svih frekvencijskih mjera ukupno premjerenih signala (429) prikazani su u tablici (Tablica 4). U tablici u prilogu (Prilog 1) prikazana je deskriptivna statistika sonogramskih parametara za sve podtipove.

Tablica 4: Numerička deskripcija sonogramskih parametara za sve premjerene signale (429); uključuje izračune srednje vrijednosti (**average**), standardne devijacije (**st.dev**), minimuma (**min**), maksimuma (**max**) i medijana (**med**) za premjerene parametre: duljuna trajanja signala (**dur**, izraženo u milisekundama), početna frekvencija (**Fstart** izražena u kiloherzima), konačne frekvencije (**Fstop** izraženo u kiloherzima), frekvencije s najnižom vrijednosti (**Fdown** izraženo u kiloherzima), frekvencije s najvišom vrijednosti (**Ftop** izraženo u kiloherzima) i frekvencije s maksimalnom vrijednosti (**Fmax** izraženo u kiloherzima).

	dur (ms)	Fstart (kHz)	Fstop (kHz)	Fdown (kHz)	Ftop (kHz)	Fmax (kHz)
average	0,11	44,14	48,47	40,89	50,62	46,51
st.dev	0,06	10,47	11,09	9,28	12,14	12,73
min	2	19	18	19	18	3
max	300	66	66	60	66	63
med	100	46	51,5	41	55	50

Mjerenja su pokazala da je duljina trajanja pojedinih signala jako varijabilna te se kreće od 2-300 milisekunde. Najniža zabilježena frekvencija je 18 kHz unutar sonogramske mjere konačne frekvencije, dok je najviša zabilježena frekvencija 66 kHz unutar sonogramskih mjera početne, konačne i frekvencije u najvišoj točki.

3.3 Kategorizacija UZV signala

Nakon pregleda nekoliko nasumično odabranih snimki različitih postava, i na temelju literaturne kategorizacije signala kod glodavaca (prethodno navedeno) evidentirano je 11 tipova signala s pripadajućim podtipovima (ukupno 28 podtipova) unutar 2 glavne kategorije nastale na temelju broja komponenti unutar signala (Fernández-vargas i Johnston, 2015). Prvu kategoriju čine signali s jednom komponentom u koju spada 8 tipova signala (ukupno 12 podtipova). Drugu kategoriju čine signali s dvije ili više komponenti u koju spadaju 3 tipa signala (ukupno 16 podtipova) (Tablica 5).

Tablica 5: Prikaz kategorija, tipova i podtipova signala detektiranih unutar vokalnog repertoara dinarskog voluhara

Kategorija	Tip	Podtip					
Jednokomponentni	A	A1	A2				
	B						
	C						
	D	D1	D2				
	E						
	F						
	M						
	L	L1	L2	L3			
Višekomponentni	G	G1	G2	G3	G4	G5	G6
	H	H1	H2	H3	H4	H5	
	I	I1	I2	I3	I4	I5	

3.3.1 Tipizacija UZV signala

Tip A i podtip L3 od ostalih su razdvojeni na temelju duljine trajanja signala. Ti signali imaju duljinu trajanja do 3 ms uz male frekvencijske varijacije unutar signala (mala duljina trajanja onemogućuje značajnije frekvencijske varijacije). Signale trajanja do 5 ms opisali su pri

vokalizaciji miševa Scattoni i Branchi kao kratke signale (Scattoni i Branchi, 2010). Prilagođena maksimalna duljina kratkih signala za dinarskog voluhara je određena do 3 ms.

Tip A

Unutar tipa A nalaze se dva podtipa (A1 i A2) koja se značajno statistički razlikuju u mjerama početne ($H(1, N=20)=29,51$, $p=0,001$) i konačne frekvencije ($H(1, N=20)=14,54$, $p=0,001$), gornje ($H(1, N=20)=14,58$, $p=0,001$) i donje ($H(1, N=20)=14,54$, $p=0,001$) frekvencijske točke kao i u mjerama maksimalne vrijednosti frekvencije ($H(1, N=40)=29,81$, $p=0,001$). Podtip A1 (Prilog 2., Slika 1) znatno je niže frekvencije od podtipa A2 (Prilog 2., Slika 2).

Tip L

Tip L karakterizira pojava harmonika koji je s linijom fundamentalne frekvencije (donja linija) u većem (podtip L1-Prilog 2., Slika 3) ili manjem (podtip L2-Prilog 2., Slika 4) rasponu od 5 kHz između bilo koje dvije točke signala. Scatonni i Branchi opisuju taj tip kao kompozitni tip signala kod vokalizacije miševa (Scatonni i Branchi, 2010). Unutar tipa L signali se statistički razlikuju unutar sonogramske mjere duljina trajanja. Podtip L3 (Prilog 2., Slika 5) se statistički značajno razlikuje od podtipa L1 ($H(1, N=20) =16,18$, $p=0,001$) i od L2 ($H(1, N=20)=16,18$, $p=0,001$). L3 podtip karakterizira duljina trajanja do 3 ms, dok su ostali podtipovi većih mjera duljine trajanja.

Tip D

D tip obuhvaća signale koji imaju minimalne oscilacije frekvencije (manje od 5 kHz) duž vremenskog trajanja signala. Takvi signali opisani su kao signali konstantne frekvencije prema Scattoni i Branchi (2010). Unutar tipa D odvajaju se 2 podtipa (D1- Prilog 2., Slika 6; D2-Prilog 2., Slika 7) koji se statistički razlikuju prema svim sonogramskim parametrima: na temelju duljine trajanja ($H(1, N=40)=18,69$, $p=0,001$), početne frekvencije ($H(1, N=40)=29,87$, $p=0,001$), konačne ($H(1, N=40)=29,68$, $p=0,001$), frekvencije s najnižom točkom ($H(1, N=40)=29,87$, $p=0,001$), frekvencije s najvišom točkom ($H(1, N=40)=29,61$, $p=0,001$) te maksimalne frekvencije ($H(1, N=40)=29,81$, $p=0,001$).

Signali moduliranih frekvencija mogu imati uzlazni, silazni ili kompleksni karakter („upward“, „downward“, „complex“, „u- shape modulated signals“, prema Scattoni i Branchi, 2010). Takve signale smo kod dinarskog voluhara opisali tipovima B, C i F.

Tip B i tip C

Signali tipa B i tipa C imaju tendenciju promjene frekvencije od minimalno 5 kHz od početne do konačne frekvencijske točke (Scattoni i Branchi, 2010). Prosječna mjera početne frekvencije za B signale 55,85 kHz, a konačne frekvencije 48,35 kHz što ukazuje na tendenciju pada frekvencije od početne do konačne točke (Prilog 2., Slika 8: Tip B (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija). Kod C tipa signala prosječna mjera početne frekvencije je 45,85 kHz, a konačne 58,15 kHz što ukazuje na trend rasta frekvencije od početne do konačne točke (Prilog 2., Slika 9).

Tip E

Signale raspršene frekvencije opisali smo tipom E. Takvi signali nemaju jasno izražen frekvencijski trend (Prilog 2., Slika 10). U literaturi su opisani kao „bandwith“ signali (Fernández-vargas i Johnston, 2015). Njih smo opisali sonogramskom mjerom duljine trajanja i mjerom maksimalne vrijednosti frekvencije unutar raspršenja. Prosječna mjera maksimalne frekvencije takvog signala iznosi 52,9 kHz.

Tip F

F tip signala (Prilog 2., Slika 11) karakterizira više frekvencijskih modulacija (većih od 5 kHz) unutar neprekinutog vremenskog trajanja signala. Najčešće pokazuju frekvencijsku tendenciju rasta (prosječna mjera početne frekvencije je 48,2 kHz, a konačne 53,6 kHz) unutar raspona od prosječno 10 kHz između najniže i najviše frekvencijske točke.

Tip M

M tip signala (Prilog 2., Slika 12) karakterizira projava velikog broja harmonika koji prelaze u ultrazvučni spektar, dok je linija s fundamentalnom frekvencijom u zvučnom dijelu spektra. Najčešće se pojavljuju serijski. Ovakvi signali uočeni su kod mužjaka miša (Portfors, 2007). Maksimum do kojeg je izmjerena mjere završne frekvencija iznosi 31 kHz, a prosječna mjera maksimalne frekvencije je 8,3 kHz.

Signali G,H i I su signali sastavljeni od više komponenti unutar vremenskog trajanja signala.

Tip G

G tipom opisali smo signale sastavljene od 2-4 komponente unutar kojih je uvijek prisutna jedna dulja ravna komponenta s pripadajućim kraćim komponentama (do 3 ms), postavljenim na početnoj, konačnoj ili s obje strane dulje, pri čemu frekvencijski raspon krajnje točke prethodne komponente i početne točke sljedeće komponente ne prelazi 5 kHz. Tip G u literaturi se opisujue kao dvokomponentni signal (Scattoni i Branchi, 2010), a ovdje je izvedeno 6 podtipova signala.

Po mjerama završne frekvencije statistički se razlikuju G1 i G3 podtip ($H(1, N= 40)=16,80$; $p=0,001$), G1 i G5 podtip ($H(1, N=30)=17,69$; $p=0,001$) te G2 i G5 podtip ($H(1, N=20) =6,49$; $p=0,01$). Po mjerama frekvencije s najnižom točkom statistički se razlikuju podtipovi G1 i G3 ($H(1, N=40)=9,07$; $p=0,0026$), G2 i G5 ($H(1, N=20)=5,00$; $p=0,025$) i G3 i G5 ($H(1, N=30)=8,18$; $p=0,042$). Podtipovi G1 i G3 ($H(1, N=40)=10,07$; $p=0,015$) i G1 i G5 ($H(1, N=30)=9,68$; $p=0,019$) pokazuju statistički značajnu razliku u mjerama frekvencije s najvišom točkom, a po mjeri frekvencije s maksimalnom vrijednosti razlikuju se G1 i G3 ($H(1, N=40)=7,18$; $p =0,007$), G2 i G3 ($H(1, N=30)=3,91$; $p=0,048$), G3 i G5 ($H(1, N=30)=4,70$; $p=0,03$).

Podtipovi tipa G

I. G1-sastavljen od dvije komponente, kraća komponenta nalazi se s donje početne ili završne točke signala (Prilog 2., Slika 13)
II. G2-sastavljen od dvije komponente koje su postavljene tako da je kraća komponenta s gornje početne ili konačne točke dulje linije (Prilog 2., Slika 14)
III. G3-sastavljen od 3 komponente pri čemu su dvije kratke komponente orjentirane tako da je jedna postavljena na početnoj, a druga na konačnoj donjoj točki duljeg signala (Prilog 2., Slika 15).
IV. G4-sastavljen od 3 komponente pri čemu su dvije kratke komponente orjentirane tako da je jedna postavljena na početnoj donjoj,a druga na konačnoj gornjoj točki duljeg signala (Prilog 2., Slika 16).

V. G5-sastavljen od 4 komponente pri čemu su dvije kratke orjentirane tako da je jedna postavljena na početnoj, a druga na konačnoj točki duljeg signala s donje strane, dok je treća linija s početne gornje strane duljeg signala (Prilog 2., Slika 17).

VI. G6-sastavljen od 3 komponente pri čemu su dvije kratke komponente u početnoj točki dulje, s tim da je jedna s gornje, a druga s donje strane dulje linije, a njihov frekvencijski raspon donje linije nije veći od 5 kHz, a gornje može biti (Prilog 2., Slika 18).

Tip H

Tip H opisan je kao višekomponentni signali sastavljeni od 2-5 komponenti. Sve komponente unutar signala su dulje od 3 ms te se međusobno odnose tako da frekvencijski raspon završne točke prethodne komponente i početne točke sljedeće ne prelazi 5 kHz. Ovakvi signali opisani su u literaturi kao frekvencijski koraci (Fernández-vargas i Johnston, 2015), a ovdje je izvedeno 5 podtipova signala.

Prema mjerama početne frekvencije podtip H3 se statistički značajno razlikuje od podtipa H1 (H(1, N=30)=6,67; p=0,0098),od podtipa H2 (H(1, N=20)=7,44; p=0,006),od podtipa H4 (H(1, N=30)=16,02; p=0,001) i od podtipa H5 (H(1, N=20)=10,15; p=0,001). Prema mjerama završne frekvencije podtip H4 se statistički značajno razlikuje od podtipa H2 (H(1, N=30) =8,55; p=0,003), podtipa H3 (H(1, N=30)=4,19; p=0,041), od podtipa H5 (H(1, N=30)=7,07; p=,008). Prema mjerama frekvencije s najnižom točkom statistički značajna razlika uočljiva je između tipova H1 i H3 (H(1, N=30)=6,67; p=0,001), H1 i H4 (H(1, N=40)=4,17; p=0,041), H2 i H3 (H(1, N=20)=7,44; p=0,006), H2 i H4 (H(1, N=30)=7,56; p=0,006), H2 i H5 (H(1, N= 20)=4,54; p=0,033) i H3 i H5 (H(1, N= 20)=10,15; p=0,001). Prema mjeram frekvencije s najvišom točkom i frekvencije s maksimalnom vrijednosti nije uočljiva statistički značajna razlika među podtipovima.

Podtipovi tipa H:

I. H1-sastavljen od 2 komponente pri čemu su obje komponente približno iste duljine, (Prilog 2., Slika 19).

II. H2-sastavljen od 3 ili više komponenti pri čemu su komponente približno iste duljine (Prilog 2., Slika 20).

III. H3-sastavljen od 2 komponente pri čemu je donja komponenta dulja od gornje komponente (Prilog 2., Slika 21).

IV. H4-sastavljen od 3 ili više komponenti. Dodatno je prisutna jedna linija s gornje početne strane s frekvencijskim rasponom većim od 5kHz (Prilog 2., Slika 22).

V. H5-sastavljen od 3 ili više komponenti pri čemu je moguća kombinacija duljih i kraćih komponenti u nizu s tim da frekvencijski raspon završne točke prethodne komponente i početne točke sljedeće ne prelazi 5 kHz (Prilog 2., Slika 23).

Tip I

Tip I opisuje višekomponentne signali sastavljene od 2-5komponenti s frekvencijskim rasponom završne točke prethodne komponente i početne točke sljedeće komponente (minimalno dvije komponente) većim od 5 kHz. U literaturi su ovakvi signali opisani kao frekvencijski korak (Fernández-vargas i Johnston, 2015), a ovdje je izdvojeno 5 podtipova I signala.

Mjerama početne frekvencije statistički značajnu razliku pokazuju signali I3 i I5 ($H(1, N=40)=11,31$; $p=0,008$). Mjere završne frekvencije se statistički razlikuju kod ovih signala: I1 i I5 ($H(1, N=40)=10,80$; $p=0,001$) i I2 i I5 ($H(1, N=40)=11,48$; $p=0,007$). I3 pokazuje statistički značajnu razliku u mjerama frekvencije u najnižoj točki sa signalima I1 ($H(1, N= 40) =7,47$; $p=0,006$) i I2 ($H(1, N=40)=14,93$; $p=0,001$). Statistički značajna razlika uočljiva je u mjerama frekvencije u najvišoj točki kod I1 signala: I1 i I3 ($H(1, N=40)=10,48$; $p=0,012$), I1 i I4 ($H(1, N=29)=7,09$; $p=0,008$), I1 i I5 ($H(1, N= 40)=7,37$; $p=0,007$) te kod I3 i I2 ($H(1, N=40)=6,19$; $p=0,013$). Statistički značajnu razliku u mjeri frekvencije s maksimalnom vrijednosti pokazuju ovi signali: I1 i I4 ($H(1, N=29)=6,15$; $p=0,013$) i I1 i I5 ($H(1, N=40)=13,99$; $p=0,002$).

Podtipovi tipa I

I. I1-sastavljen od 2 komponente od kojih je kraća komponenta kraća od polovice duljine dulje komponente. Dulja linija može biti ravnog, uzlaznog ili silaznog karaktera (Prilog 2., Slika 24).

II. I2-sastavljen od 2 komponente približno istih duljina ili je kraća komponenta dulja od polovine dulje komponente. Komponente mogu imati uzlaznu (Prilog 2., Slika 25) ili silaznu tendencjiu.

III. I3-sastavljen od 3-5 komponenti istih ili različitih duljina. Komponente unutar signala mogu imati različitu frekvencijsku tendenciju (Prilog 2., Slika 26).

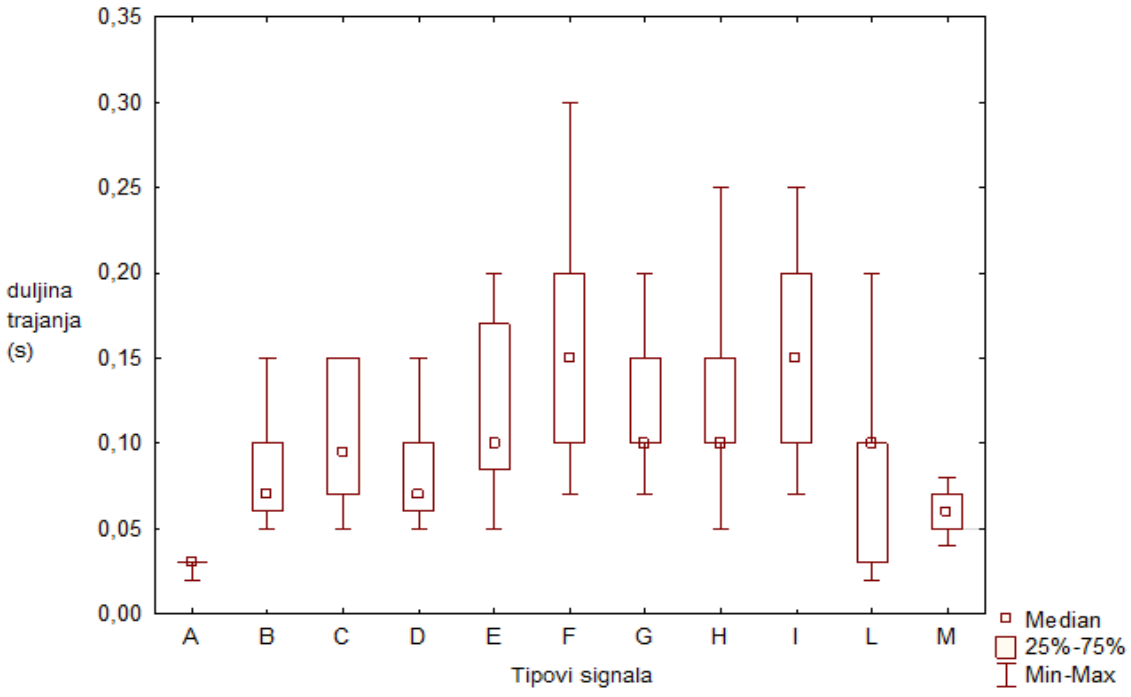
IV. I4-sastavljen od 3-5 komponenti istih ili različitih duljina koje imaju raspon frekvencije dviju komponenti veći od 5 kHz,a drugih komponenti manji od 5 kHz (Prilog 2., Slika 27).

V. I5-sastavljen od 3 komponente specifičnog izgleda u kojem su dvije komponente s gornje strane s desna i lijeva od donje linije, a frekvencijski su udaljene više od 5 kHz (Prilog 2., Slika 28).

3.4 Statistička analiza sonogramskih parametara između pojedinih tipova

3.4.1 Duljina trajanja (dur)

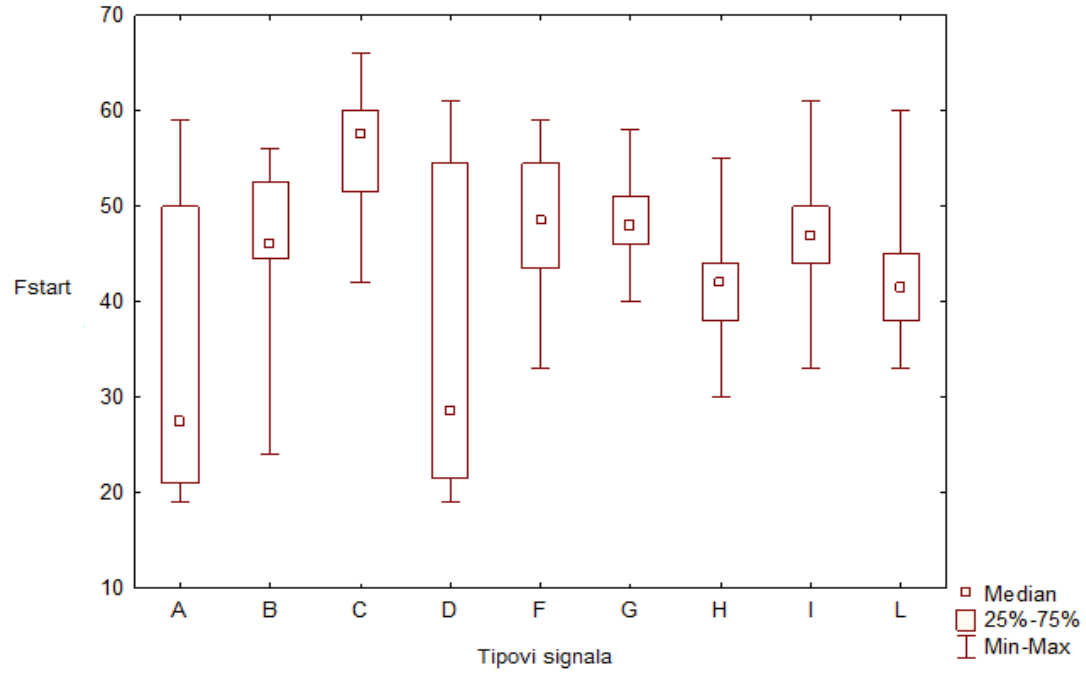
Kruskal-Wallis test proveden pri analizu duljine trajanja pokazao je statistički značajnu razliku između pojednih tipova (H(10, N=429)=217,08; p=0,001; Slika 10). Vidljivo je odskakanje duljine trajanja tipa A koji se statistički značajno razlikuje od 9 ostalih tipova. Provedena je dodatna analiza usporedbe posebno tipa A i M koja je pokazala da se ta dva tipa statistički značajno razlikuju (H(1, N=60)=49,29; p=0,001) iako njihova međusobna razlika nije vidljiva iz tablice višestruke usporedbe duljine trajanja pojedinih signala (H(10, N=429)=217,08; p=0,001). Daljnja analiza provedena je upotrebom višestruke usporedbe za sve tipove. Tip B pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, F, G, H i I. Tip C pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A i I. Tip D pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, F, G, H, I. Tip E pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A i M. Tipovi F, G i H pokazuju statistički značajnu razliku s tipovima A, B, D, L i M. Tip I pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, B, C, D, L i M. Tip L pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, F, G, H i I. Tip L pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima E, F, G, H i I.



Slika 10: Duljina trajanja tipova signala (uključeni svi tipovi)

3.4.2 Početna frekvencija (Fstart)

Kruskal-Wallis test proveden pri analizi mjera početne frekvencije pokazao je statistički značajnu razliku između pojedinih tipova (H(8, N=389)=92,80; p=0,001; Slika 11). Sljedeća analiza razlika za mjeru početne frekvencije između pojedinih grupa pokazala je da se tip A statistički značajno razlikuje od tipova C, F, G i I. Tip C pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, D, H, I i L. Tip D pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima C i G. Tip F pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A i H. Tip G pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, D, H i L. Tip H pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima C, F, G i I. Tip I pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, C i H.. Tip L pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima C i G.



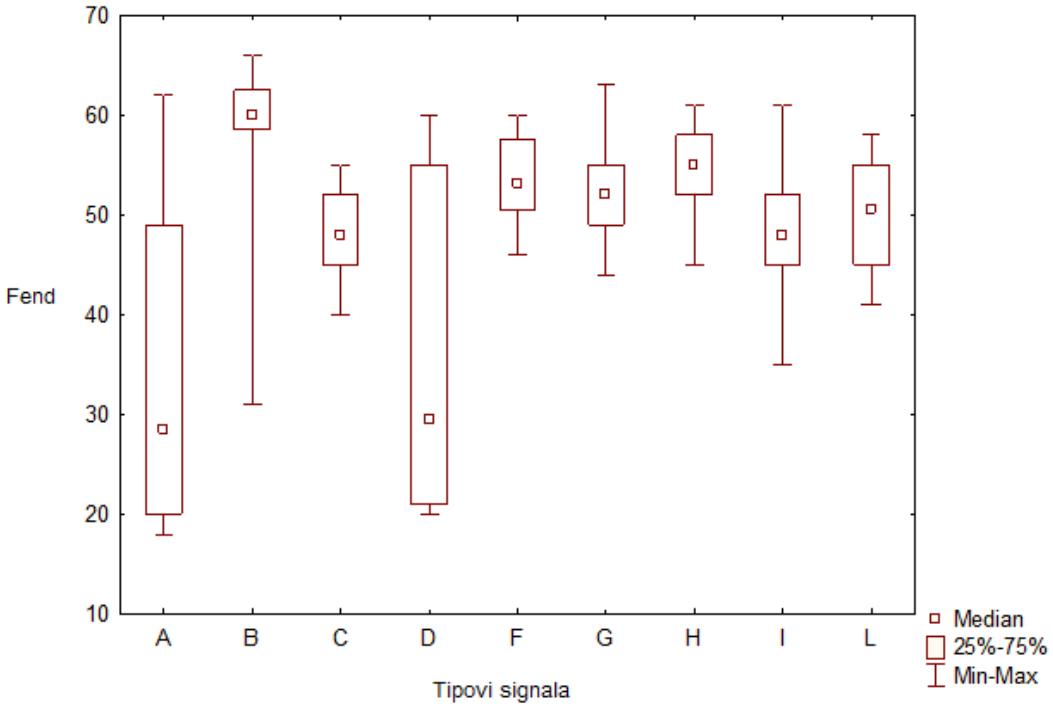
Slika 11: Početna frekvencija pojedinih tipova signala*. Os y prikazuje početnu frekvenciju signala izraženu u kiloherzima

*isključeni tipovi E i M zbog nemogućnosti premjeravanja početne frekvencije

3.4.3 Konačna frekvencija (Fend)

Kruskal-Wallis test proveden pri analizi mjera konačne frekvencije pokazao je statistički značajnu razliku između pojedinih tipova (H(8, N=389)=92,80; p=0,001; Slika 12). Sljedeća analiza razlika za mjeru konačne frekvencije između pojedinih grupa pokazala je da se tip A

statistički značajno razlikuje od tipova B, F, G, H i L. Tip B pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, C, D, G, I i L. Tip C pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima B i H. Tip D pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima B, F i H. Tip F pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, D i I. Tip G pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A i B. Tip H pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, C, D, I i L. Tip I pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima B, F i H. Tip L pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, B i H.



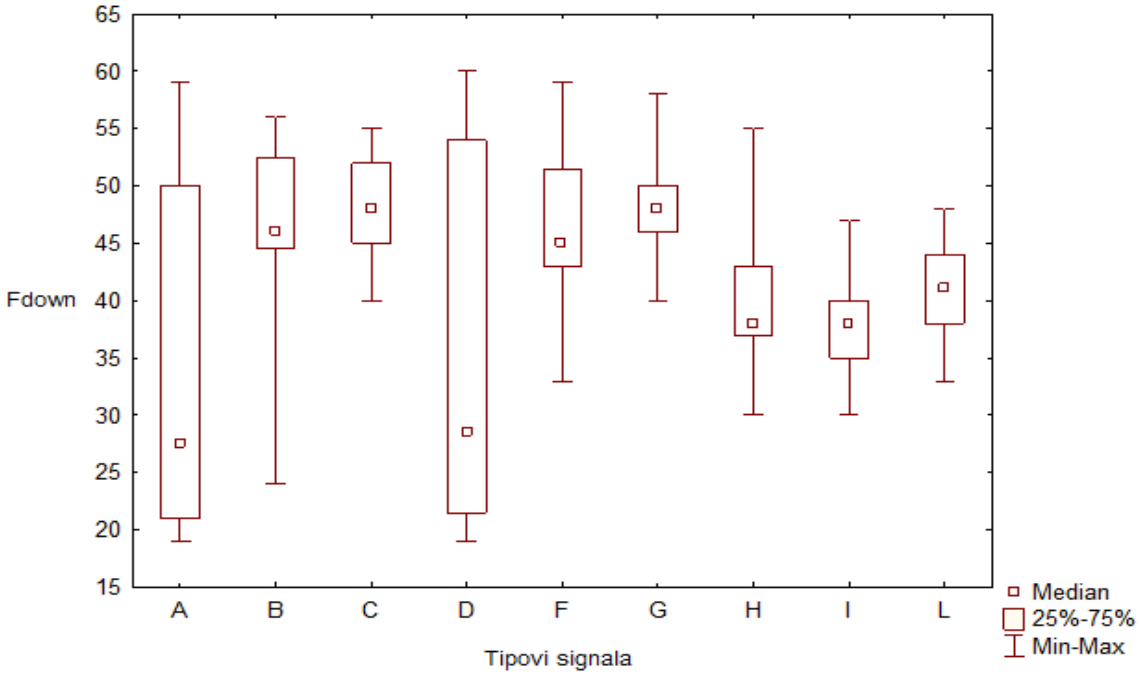
Slika 12: Konačna frekvencija pojedinih tipova signala*. Os y prikazuje konačnu frekvenciju signala izraženu u kiloherzima

*isključeni tipovi E i M zbog nemogućnosti premjeravanja konačne frekvencije

3.4.4 Frekvencija u najnižoj točki (Fdown)

Kruskal-Wallis test proveden pri analizi mjera frekvencije u najnižoj točki pokazao je statistički značajnu razliku između pojedinih tipova (H (8, N=389)=115,15 p=0,001; Slika 13). Sljedeća analiza razlika za mjeru frekvencije u najnižoj točki između pojedinih grupa pokazala je da se tip A statistički značajno razlikuje od tipova B, C, F i G. Tip B pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, H i I. Tip C pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, D, H, I i L. Tip D pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima C i G. Tip F pokazuje statistički

značajnu razliku s tipovima A i I. Tip G pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, D, H, I i L. Tip H pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima B, C i G. Tip I pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima B, C, F i G. Tip L pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima C i G.



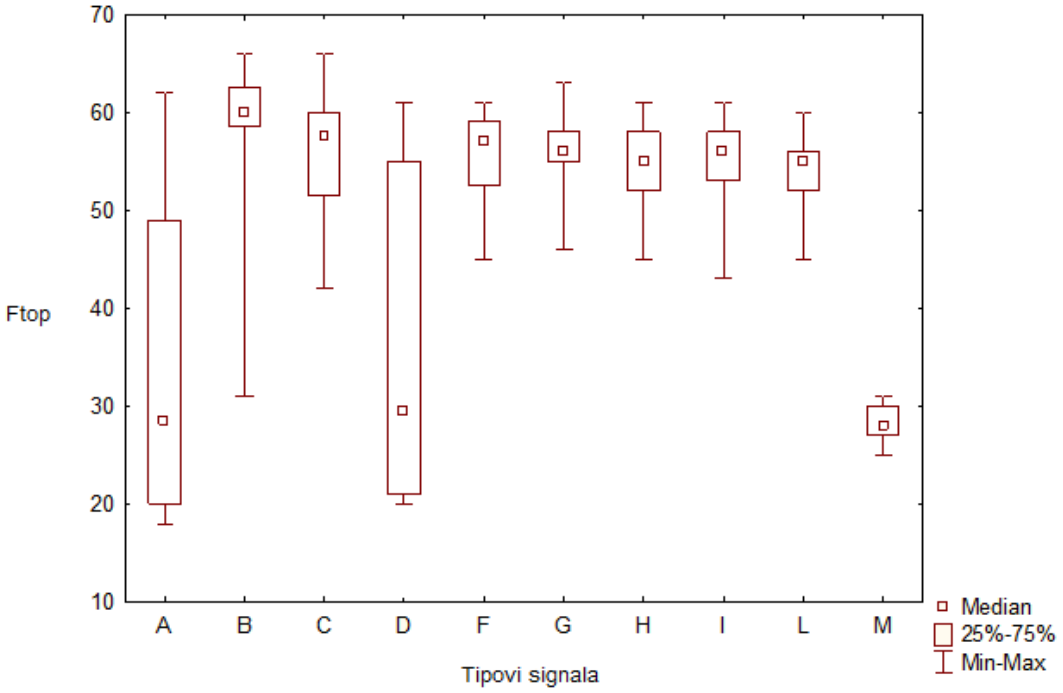
Slika 13: Frekvencija u najnižoj točki pojedinih tipova signala*. Os y prikazuje frekvenciju u najnižom točki signala izraženu u kiloherzima

*isključeni tipovi E i M zbog nemogućnosti premjeravanja frekvencije u najnižoj točki

3.4.5 Frekvencija u najvišoj točki (Ftop)

Kruskal-Wallis test proveden pri analizi mjera frekvencije u najvišoj točki pokazao je statistički značajnu razliku između pojedinih tipova (H(9, N=409)=154,35; p=0,001; Slika 14). Sljedeća analiza razlika za mjeru frekvencije u najvišoj točki između pojedinih grupa pokazala je da se tip A i tip M statistički značajno razlikuju od svih tipova, osim od tipa D. Tip B pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, D ,H, L i M. Tip B pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, D i M. Tip C pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, D i M. Tip D pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima B, C, F, G, H i I. Tipovi F, G i I

pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, D i M. Tip H pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, B, D i M. Tip L pokazuje statistički značajnu razliku s tipovima A, B i M.

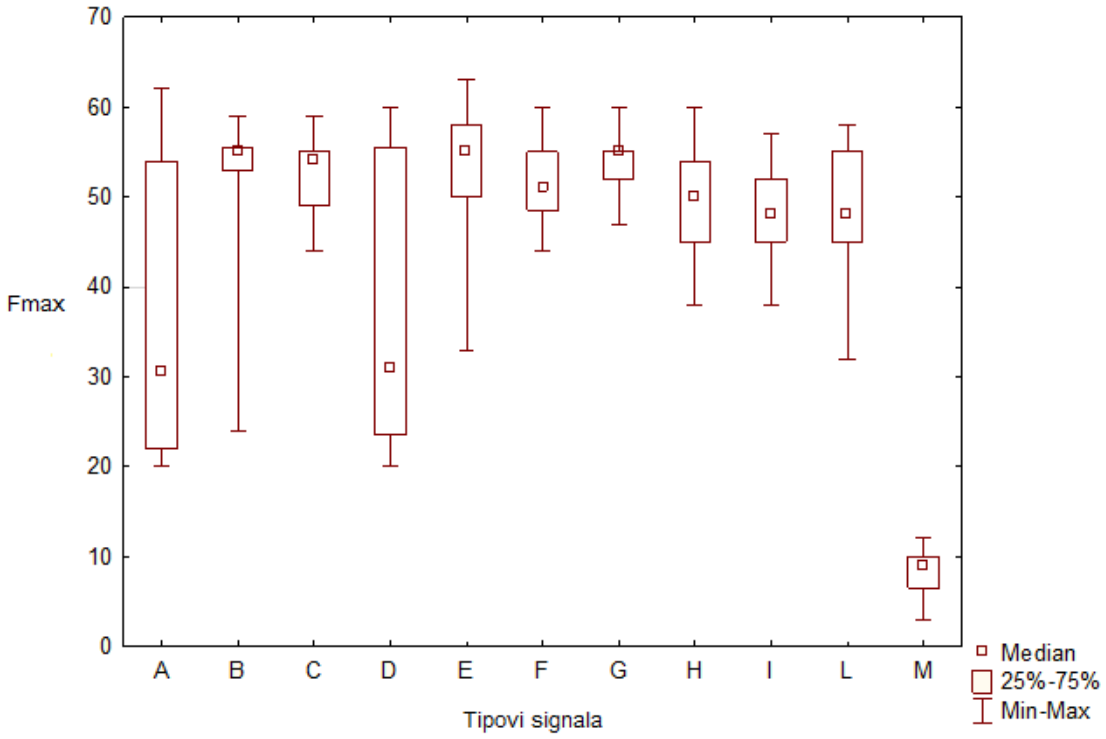


Slika 14: Frekvencija u najvišoj točki pojedinih tipova signala*. Os y prikazuje frekvenciju u najvišoj točki signala izraženu u kiloherzima

*isključen tip E zbog nemogućnosti premjeravanja frekvencije u najvišoj točki

3.4.6 Frekvencija s maksimalnom vrijednosti (Fmax)

Kruskal-Wallis test proveden pri analizi mjera konačne frekvencije pokazao je statistički značajnu razliku između pojedinih tipova (H(10, N=429)=124,81; p=0,001; Slika 15). Sljedeća analiza razlika za mjeru frekvencije s maksimalnom vrijednosti između pojedinih grupa pokazala je da se tip M statistički značajno razlikuje od svih ostalih tipova. Tip A se statistički značajno razlikuje od tipova B, C, E, G i M. Tip B se statistički značajno razlikuje od tipova A, I i M. Tip C i tip E se statistički značajno razlikuJju od tipova A i M. Tip D se statistički značajno razlikuje od tipova G i M. Tip G se statistički značajno razlikuje od tipova A, D, H, I, L i M. Tip H i tip L se statistički značajno razlikuju od tipova G i M. Tip I se statistički značajno razlikuje od tipova B, G i M.



Slika 15: Frekvencija s maksimalnom vrijednosti tipova signala (uključeni svi tipovi). Os y prikazuje frekvenciju s maksimalnom vrijednosti signala izraženu u kiloherzima

3.5 Količina glasanja u ovisnoti o eksperimentalnim postavima

Unutar 8 eksperimentalnih postava zabilježen je broj emitiranih signala unutar vremenskog trajanja snimki za svaki eksperimentalni postav u ovisnosti o spolu (broj uspješno snimljenih eksperimentalnih postava u ovisnosti o spolu je 13; prethodno navedeno). Ukupan broj signala unutar postava, kao i broj signala emitiran od strane mužjaka i ženki prikazan u jedinici vremena od jednog sata nalazi se u tablici (Tablica 6).

Tablica 6. Količina zabilježenih signala unutar eksperimentalnih postava s obzirom na spol. Količina signala prikazana je unutar jedinice vremena od jednog sata.

Esperimentalni postav	Ultrazvučna glasanja	Zvučna glasanja	Glasanja mužjaka	Glasanja ženka	Glasanja mužjak i ženka (samo unutar konspecifika)
OSVAJANJE PROSTORA*	6	0	6	bez podatka	
KONSPECIFIK (MIRIS)**	12	0	56	8	
KONSPECIFIK***	1527	389	2031	128	1953
HETEROSPECIFIK (MIRIS)	7	0	13	3	
HETEROSPECIFIK+	316	0	316	0	
REAKCIJA NA PREDATORA (MIRIS)++	17	0	bez podatka	17	
REAKCIJA NA PREDATORA	26	0	0	26	
NEOFOBIJA+++	0	0	bez podatka	0	

*samo jedna uspješna snimka sa životinjom muškog spola

**bilježeno glasanje mužjaka i ženki neovisno o spolu životinje čiji je miris apliciran

***unutar konspecifika životinja suprotnog spola nije bilo moguće odrediti koja se životinja glasa, broj od 1953 signala po satu odnosi se na ukupno detektirani broj signala obje životinje

+unutar heterospecifika nije bilo moguće odrediti koji signali potječu od miša, a koji od dinaromisa

++bez uspješno snimljene reakcije životinje muškog spola

+++samo jedna uspješna snimka sa životinjom ženskog spola

Pomoću tablice kontingencije uspoređene su količine glasanja svih postava (osim prilikom neofobije budući da nije zabilježeno niti jedno glasanje te taj podatak nije uspoređivan) te je utvrđeno da postoji značajna statistička razlika na razini značajnosti $p<0,05$ između količine glasanja (X^2=2050, df=6, p=0,001). Vidljivo je da postav konspecifika prilikom kontakta životinja pokazuje najveću razliku u količini emitiranih ultrazvučnih signala (1528 UZV signala/h) u usporedbi s postavima koji ne uključuju direktni kontakt životinja te postava heterospecifika s predatorom, unutar kojih je količina emitiranih signala manja od 30 UZV signala/h. Postav heterospecifika prilikom kontakta životinja (316 UZV sugnala /h) pokazuje veću UZV aktivnost od postava osvajanja teritorija, postava s olfaktornim signalim te postava heterospecifika s predatorom, no ta aktivnost je značajno manja u usporedbi s postavom konspecifika prilikom kontakta jedinki.

Daljnja analiza je pokazala da postavi reakcije životinje na miris jedinke iste vrste (konspecifik-miris) i miris druge vrste glodavca (heterospecifik–miris) i reakcije vrste na miris predatora nisu pokazali međusobno statistički značajnu razliku (X^2=2,18, df=2, p=0,337). Snimljena

reakcija životinja na olfaktorne signale pokazuje UZV aktivnost manju od 20 UZV signala/h unutar postava konspecifika i heterospecifika s jedinkom druge vrste glodavca i predatora.

Postavi reakcije životinje na jedinku iste vrste (konspecifik-kontakt), druge vrste (heterospecifik–kontakt) i predatora su pokazali statistički značajnu razliku (X^2=1030, df=2, p=0,001). Prilikom konspecifika zabilježena je velika UZV aktivnost (1527 UZV signala/h), a prilikom heterospecifika zabilježeno je pet puta manje UZV signala po satu, dok je u reakcija životinje na predatora pokazala malu UZV aktivnost (26 UZV signala/h).

Pomoću hi kvadrata dokazana je statistički značajna razlika između postava konspecifik miris i konspecifik kontakt (X^2=983, df=1, p=0,001) te između postava heterospecifik miris i heterospecifik kontakt (X^2=192, df=1, p=0,001). Velika UZV aktivnost zabilježena je prilikom kontakta životinja, dok je prilikom susreta s olfaktornim signalima zabilježen vrlo mali broj UZV signala u usporedbi s količinom signala emitiranih prilikom kontakta životinja (prilikom konspecifika više od 100 puta je veća količina UZV signla prilikom kontakta). Između postava reakcije na miris predatora i same prisutnosti predatora nije zabilježena značajna statistička razlika (X^2=0,963, df=1, p=0,326) iako je veći broj signala zabilježen prilikom kontakta s predatorom.

3.5.1 Količina emitiranih signala u ovisnosti o spolu

Upotrebom tablice kontingencije uspoređene su dobivene frekvencije glasanja unutar jednog sata za muški i ženski spol jedinki uključenih u eksperimentalne postava.

Unutar postava konspecifik miris uspoređivana je vokalna reakcija jedinki muškog spola na miris mužjaka (37 UZV signala/h) i na miris ženki (19 UZV signala/h), jedinki ženskog spola na miris mužjaka (4 UZV signala/h) i na miris ženki (4 UZV signala/h) te je dokazana statistički značajna razlika između reakcija jedinki različitog spola (X =23, df=3, p=0,001). Statistički je dokazano da nema razlike u reakciji mužjaka na miris jedinki različitog spola ili istog spola (X^2=2,97, df=3, p=0,085), a niti ženke ne pokazuju statistički značajnu razliku u ovisnosti o spolu životinje čiji je miris bio apliciran (X^2=0, df=2, p=1). Usporedba reakcije mužjaka i ženki na miris jedinki neovisno o spolu pokazuje statistički značajnu razliku dobivenu preko hi kvadrata (X^2=20,9, df=1, p=0,001).

Sama reakcija mužjaka i ženki prilikom kontakta pokazuje statistički značajnu razliku (X^2=1040, df=1, p=0,001). Količina glasanja unutar interakcija mužjak-mužjak je mnogo veća (2031 UZV signal/h) od količine glasanja unutar ženka-ženka interakcija (128 UZV signala/h) prilikom konspecifika s jedinkama istog spola. Prilikom mužjak-ženka interakcija količina zabilježenog glasanja je 1953 UZV signala/h proizvedenih od strane oba spola pri čemu nije moguće razlikovati koji signali potječu od koje jedinke.

Vidljiva je statistički značajna razlika vokalizacije mužjaka prilikom susreta s mirisom jedinke istog ili suprotnog spola i kontakta (X^2=125, df=1, p=0,001), a također i ženki (X^2=74,7, df=1, p=0,001). Ukupna količina emitiranih signala mužjaka prilikom kontakta je više od 36 puta veća od ukupne količine signala emitiranih prilikom susreta s mirisom jedinki oba spola. Ukupna količina emitiranih signala prilikom kontakta ženki je 16 puta veća od ukupne količine emitiranih signala prilikom susreta s mirisom jedinki istog ili suprotnog spola.

Vokalna reakcije mužjaka i ženki na miris jedinki druge vrste glodavca (mužjak miša) pokazuje malu statistički značajnu razliku (X^2=3,46, df=1, p=0,063). Zabilježeno je 4 puta više UZV signala po satu emitiranih od strane mužjaka u usporedbi s količinom signala emitiranih os strane ženki.

Prilikom kontakta s heterospecifikom zabilježeno je glasanje mužjaka (316 UZV signala/h).

Prilikom usporedbe količine glasanja mužjaka prilikom susreta s mirisom i samom jedinkom druge vrste zabilježena je statistički značajna razlika (X^2=177, df=1, p=0,001). Prilikom kontakta s jedinkom druge vrste glodavca mužjak dinarskog voluhara je po satu emitirao 316 UZV signala, dok je reakcija na olfaktorne signale bila znatno manja (13 UZV signala/h).

Prilikom susreta s mirisom predatora uspješno je snimljena samo reakcija ženki (17 UZV signala/h). Prilikom kontakta s predatorom snimljena je samo reakcija mužjaka i glasanje s frekvencijom od 26 UZV signala/h.

3.5.2 Količina emitiranih signala s obzirom na broj komponenti unutar eksperimentalnih postava te s obzirom na spol

Prethodno je napomenuto da smo tipove signala podijelili u dvije kategorije; kategorija signala s jednom komponentom i kategorija signala s više komponenti. U prvu kategoriju spadaju tipovi A, B, C D, E i F dok u drugu kategoriju spadaju tipovi G, H i I.

Ukupna količina emitiranih signala i količina signala emitiranih unutar dvije kategorije s obzirom na kompleksnost signala prikazana je u tablici (Tablica 7).

Tablica 7: Prikaz ukupne količine zabilježenih signala u jedinici vremena od jednog sata te prikaz količine glasanja s obzirom na broj komponenti za sve uspješno provedene eksperimentalne postave u ovisnosti o spolu (**M na miris M-**konspecifična reakciju mužjaka na miris mužjaka**, M na miris F-**konspecifična reakcija mužjaka na miris ženke, **F na miris M-**konspecifična reakcija ženke na miris mužjaka, **F na miris F-**konspecifična reakcija ženke na miris ženke**; MM-**konspecifična reakcija dvaju mužjaka, **MF**-konspecifična reakcija mužjak-ženka,**FF**-konspecifična reakcija dviju ženki, **M**-mužjak**, F**-ženka)

	Jednokomponentna glasanja (ukupno)	**Višekomponentna glas (ukupno)**
OSVAJANJE PROSTORA	6	0
KONSPECIFIK (miris) ukupno	12	0
M na miris M	37	0
M na miris F	19	0
F na miris M	4	0
F na miris F	4	0
KONSPECIFIK (kontakt) ukupno	995	532
MM	1407	624
MF	1220	733
FF	104	24
HETEROSPECIFIK (miris) ukupno	7	0
M	13	0
F	3	0
HETEROSPECIFIK (kontakt) M	253	62
REAKCIJA NA PREDATORA (miris) F	17	0
REAKCIJA NA PREDATORA (kontakt) ukupno	26	0
M	26	0
F	0	0
NEOFOBIJA F	0	0

Iz tablice je vidljivo da se jednokomponentni signali pojavljuju unutar svakog postava bez obzira na spol dok se višekomponentni signali pojavljuju samo prilikom socijalnih kontakata (konspecifik i heterospecifik-kontakt).

Pomoću hi kvadrata uspoređena je ukupna količina jednokomponentnih i višekomponentnih signala unutar svih postava te je uočena statistički značajna razlika u upotrebi ovih signala (X^2=142, df=1, p=0,001). Ustanovljeno je da životinje učestalije koriste jednokomponentne signale prilikom svih eksperimentalnih postava.

Unutar konspecifika, prilikom kontakta jedinki, pomoću hi kvadrata dokazana je statistički značajna razlika u korištenju jednokomponentnih i višekomponentnih signala (X^2=72, df=1, p=0,001). Gotovo dvostruko veća je ukupna količina zabilježenih jednokomponentnih signala.

Ovisno o spolu, unutar konspecifika, pokazana je statistički značajna razlika u upotrebi jednokomponentnih i višekomponentnih signala (X^2=33,7, df=2, p=0,001). Više od dvostruko je veća upotreba jednokomponentnih signala kod mužjaka prilikom interakcija neovisno o spolu (X^2=157, df=1, p=0,001), dok je kod ženki prilikom interakcije neovisnih o spolu, razlika još izraženija (X^2=27,7, df=2, p=0,001).

Prilikom kontaktra s jedinkom druge vrste glodavaca uočljiva je statistički značajna razlika u upotrebi jednokomponentnih i višekomponentnih signala (X^2=63,7, df=1, p=0,001) pri čemu životinje koriste gotovo 4 puta više jednokomponentnih signala.

Usporedba konspecifika i heterospecifika pokazala je statistički značajnu razliku u korištenju signala različite kompleksnosti (X^2=27,5, df=2, p=0,001). Životinje preferiraju korištenje jednokomponentnih signala unutar svih eksperimentalnih postava.

3.5.3 Količina emitiranih signala s obzirom na frekvencijski trend unutar eksperimentalnih postava

Navedeno je da se s obzirom na frekvencijski trend uočavaju se tri skupine signala. Niskofrekventni signali obuhvaćaju već opisane podtipove A1 i D2. Frekvencija u najvišoj točki tih signala kreću se od 18 do 25 kHz. Signali tipa M prelaze iz zvučnog spektra vrlo niske frekvencije u ultrazvučni spektar do 31 kHz. Ostali tipovi i podtipovi signala su visokofrekventni, što znači da im se frekvencije u najvišoj točki kreću od 32-66 kHz.

U tablici je prikazana količina signala unutar kategorije niskofrekventnih i visokofrekventnih signala (tip M nije uvršten u analizu,Tablica 8).

Tablica 8: Količina emitiranih signala u jedinici vremena od jednog sata s obzirom na frekvencijski trend unutar uspješno provedenih eksperimentalnih postava i s obzirom na spol. (**M na miris M-**konspecifična reakciju mužjaka na miris mužjaka**, M na miris F-**konspecifična reakcija mužjaka na miris ženke, **F na miris M-**konspecifična reakcija ženke na miris mužjaka, **F na miris F-**konspecifična reakcija ženke na miris ženke**; MM-**konspecifična reakcija dvaju mužjaka, **MF**-konspecifična reakcija mužjak-ženka,**FF**-konspecifična reakcija dviju ženki, **M**-mužjak**, F**-ženka)

	Niskofrekventni (A1 D2)	**Visokofrekventni (svi ostali tipovi, osim tipa M)**
OSVAJANJE PROSTORA	6	0
KONSPECIFIK (miris) ukupno	11	2
M na miris M	33	4
M na miris F	18	1
F na miris M	2	2
F na miris F	3	1
KONSPECIFIK (kontakt) ukupno	48	1276
MM	11	1357
MF	59	1829
FF	80	48
HETEROSPECIFIK (miris) ukupno	4	3
M	10	3
F	0	3
HETEROSPECIFIK (kontakt) M	0	316
REAKCIJA NA PREDATORA (miris) F	17	0
REAKCIJA NA PREDATORA (kontakt) ukupno	26	0
M	26	0
F	0	0
NEOFOBIJA F	0	0

Prilikom osvajanja prostora emitirana je samo 6 niskofrekventnih signala unutar jedinice vremena od jednog sata. Pri konspecifiku samo s prisutnošću olfaktornih signala uočljiva je statistički značajna razlika u frekvencijskoj tendenciji signala (X^2=4,09, df=1, p=0,043). Vidljiva je učestalija upotreba niskofrekventnih (40 UZV signala/h) nad visokofrekventnim signalima (6 UZV signala/h).

Prilikom konspecifika uz kontakt životinja uočljiv je trend emisije visokofrekventnih UZV signala (1765 visokofrekventnih naspram 66 niskofrekventnih signala po satu) te je dokazana statistička značajnosti (X^2=860, df=1, p=0,001).

3.6 Korišteni tipovi s pripadajućim podtipovima unutar eksperimentalnih postava u ovisnosti o spolu

Unutar eksperimentalnih postava zabilježena je različita upotreba tipova signala emitiranih od strane mužjaka i ženki. S obzirom na količinu emitiranih signala unutar određenih postava raste i broj korištenih tipova signala. Jasno je da se unutar postava prilikom kojih je zabilježena mala količina UZV signala po satu pojavljuje i mali broj tipova signala. Prilikom konspecifika između jedinki različitog spola pojavljuju se najviše navedenih tipova signala s pripadajućim podtipovima, no u tom postavu nije moguće razabrati koja jedinka emitira koji tip UZV signala. Prilikom socijalnih kontakata zabilježeno je znatno više podtipova signala (28) nego prilikom postava osvajanja prostora (1) i postava s olfaktornim signalima (4). Unutar postav heterospecifika s predatorom zabilježen je samo jedan tip signala.

Prikaz broja tipova s pripadajućim podtipovima signala (ukupno 28) koji se pojavljuju unutar određenih postava s obzirom na spol prikazana je u tablici (Tablica 9).

Tablica 9: Broj podtipova signala koji se pojavljuju unutar uspješno provedenih eksperimentalnih postava s obzirom na spol (**M na miris M-**konspecifična reakciju mužjaka na miris mužjaka**, M na miris F-**konspecifična reakcija mužjaka na miris ženke, **F na miris M-**konspecifična reakcija ženke na miris mužjaka, **F na miris F-**konspecifična reakcija ženke na miris ženke**; MM-**konspecifična reakcija dvaju mužjaka, **MF**-konspecifična reakcija mužjak-ženka,**FF**-konspecifična reakcija dviju ženki, **M**-mužjak**, F**-ženka)

Eksperimentalni postav	Broj podtipova signala	Broj podtipova-mužjaci	Broj podtipova-ženke
OSVAJANJE PROSTORA	1	1	bez podatka
KONSPECIFIK (miris)	4	3	4
KONSPECIFIK (kontakt)*	28	25	8
HETEROSPECIFIK (miris)	2	2	1
HETEROSPECIFIK (kontakt)**	12	12	0
REAKCIJA NA PREDATORA (miris)	1	bez podatka	1
REAKCIJA NA PREDATORA (kontakt)	1	0	1
NEOFOBIJA	0	bez podatka	0

*-iz analize izostavljena interakcija mužjak-ženka radi nemogućnosti razlikovanja glasanja u ovisnosti o spolu unutar snimljenog materijala

**-u interakciji s mužjakom miša ne može se identificirati koji podtipovi pripadaju kojoj životinji

3.6.1 Količina korištenih tipova s obzirom na eksperimentalni postav

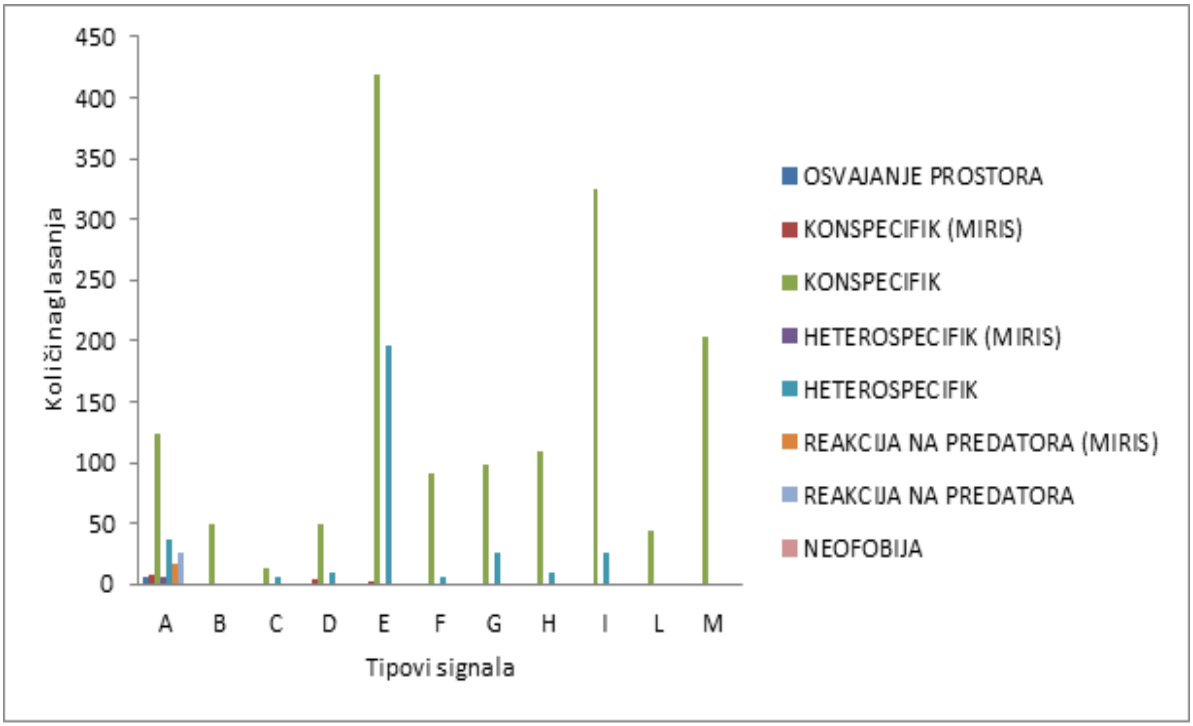
U tablici je prikazana količina signala u pojedinom tipu emitirana za svaki pojedini postav (Tablica 10).

Tablica 10.: Zastupljenost tipova signala i količina emitiranih signala u jedinici vremena od jednog sata unutar pojedinog tipa za uspješno provedene eksperimentalne postave (**M na miris M-**konspecifična reakciju mužjaka na miris mužjaka**, M na miris F-**konspecifična reakcija mužjaka na miris ženke, **F na miris M-**konspecifična reakcija ženke na miris mužjaka, **F na miris F-**konspecifična reakcija ženke na miris ženke**; MM-**konspecifična reakcija dvaju mužjaka, **MF**-konspecifična reakcija mužjak-ženka,**FF**-konspecifična reakcija dviju ženki, **M**-mužjak**, F**-ženka)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M
OSVAJANJE PROSTORA	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KONSPECIFIK (miris) ukupno	7	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0
M na miris M	11	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0
M na miris F	18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
F na miris M	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
F na mirisF	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
KONSPECIFIK (kontakt) ukupno	124	50	13	50	419	92	98	109	325	45	204
MM	39	87	8	140	283	87	277	157	190	101	663
MF	189	55	22	32	685	139	58	134	541	33	65
FF	77	0	0	21	0	3	0	0	24	3	0
HETEROSPECIFIK (miris) ukupno	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HETEROSPECIFIK (kontakt) M	36	0	5	10	197	5	26	10	26	0	0
REAKCIJA NA PREDATORA (miris) F	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REAKCIJA NA PREDATORA (kontakt) ukupno	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEOFOBIJA F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Vidljivo je da se unutar konspecifika-kontakt pojavljuju svi navedeni tipovi u velikoj abundanciji te da je tip E najzastupljeniji s 419 emitiranim signalom po satu. Unutar heterospecifika također je zastupljen veći broj tipova (8 tipova) s najvećom abundancijom tipa E (197 UZV signala/h). Vidljivo je da je tip A najzastupljeniji tip kroz postave te se pojavljuje u svakom eksperimentalnom postavu (7 postava), osim prilikom neofobije kod koje nije niti zabilježeno nikakvo glasanje. Prilikom osvajanja prostora, konspecifika prilikom susreta jedinke s olfaktornim signalima, heterospecifika prilikom susreta s mirisom miša i

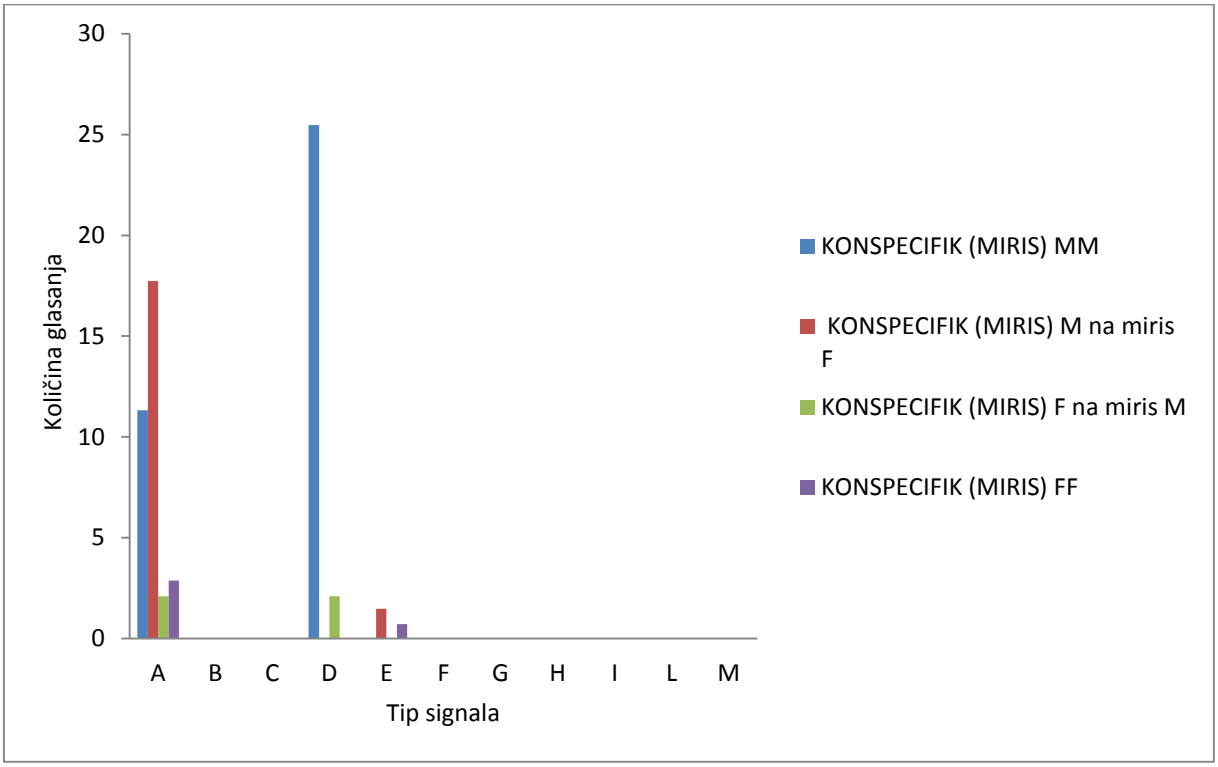
poskoka te susreta s svlakom poskoka pojavljuje se samo 1 tip signala s malom abundancijom (A tip-manje od 30 UZV signala/h). Raspodjela količine glasanja unutar tipova za svaki postav prikazana je grafom (Slika).



Slika 16: Količina glasanja u jedinici vremena od jednog sata unutar pojedinog tipa signala s obzirom na eksperimentalni postav

3.6.2 Količina korištenih tipova s obzirom na eksperimentalni postav u ovisnosti o spolu

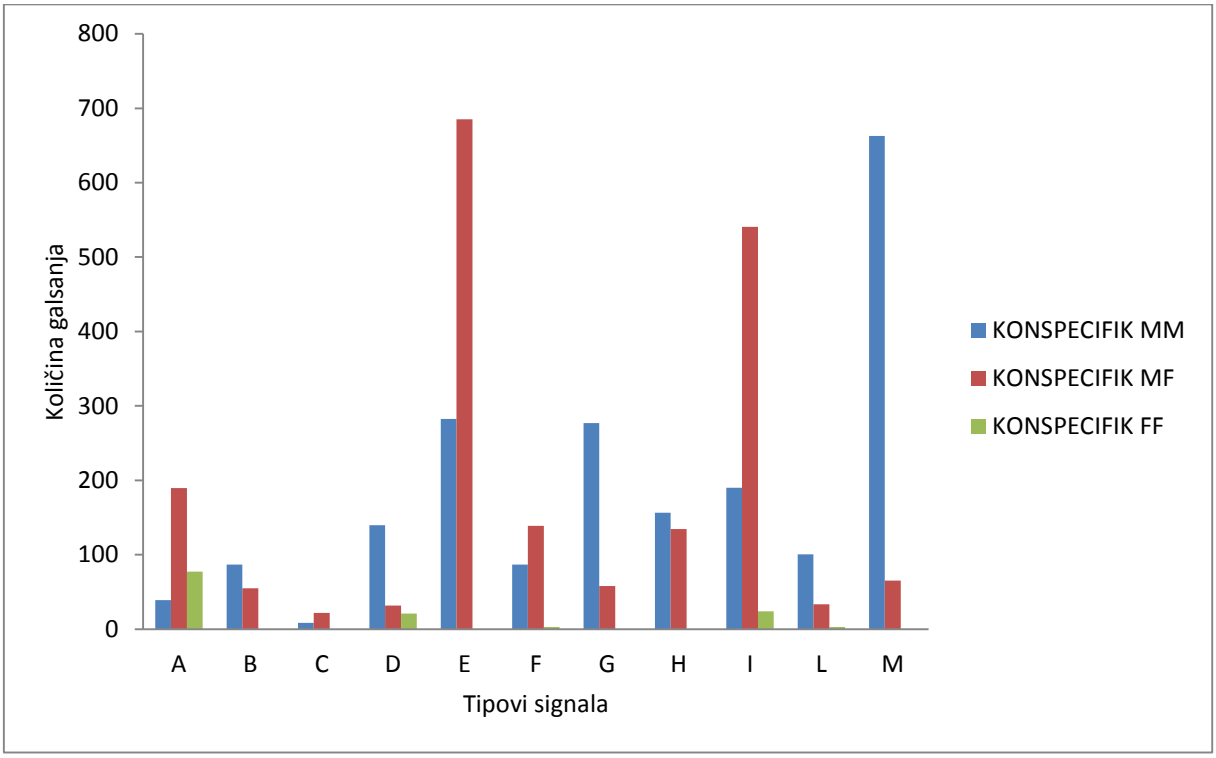
Graf prikazuje količinu glasanja u ovisnosti o spolu za postav konspecifika prilikom reakcije životinja na miris druge jedinke istog ili različitog spola (**Error! Reference source not found.**).



Slika 17: Količina glasanja u jedinici vremena od jednog sata unutar pojedinog tipa signala unutar postava konspecifik miris u ovisnosti o spolu životinje (**MM**-postav s mužjakom i apliciranim olfaktornim signalima drugog mužjaka unutar terarija, **M na miris F**-postav s mužjakom i olfaktornim signalima ženke unutar terarija, **F na miris M**-postav s ženkom i olfaktornim signalima mužijaka, **FF**-postav s ženkom i olfaktornim signalima druge ženke)

Unutar postava konspecific miris izdvaja se tip A po zastupljenosti prilikom reakcije mužjaka dinarskog voluhara na miris mužjaka i ženke i reakcije ženke na miris mužjaka i ženke. Općenito je emisija UZV signala veća kod mužjaka, a i kod mužjaka i ženki zastupljeni su samo tipovi A, D i E.

Sljedeći graf prikazuje količinu emitiranih signala unutar tipova prilikom kontakta dviju životinja istog ili različitog spola (Slika 9).



Slika 9: Količina emitiranih signala u jedinici vremena od jednog sata unutar tipova za postav konspecifik-kontakt u ovisnosti o spolu (**MM**-postav s dva mužjaka, **MF**-postav mužjak-ženka, **FF**-postav s dvije ženke).

Iz grafa je vidljivo da su zastupljeni svi tipovi signala prilikom kontakta dvaju mužjaka te prilikom kontakta mužjaka i ženke prilikom kojeg nije moguće odrediti od koje životinje potječe koji signal. Najveća količina emitiranih signala je u tipu E (685 UZV signala/h prilikom susreta jedinki suprotnog spola), tipu M (663 UZV signala/h prilikom susreta dvaju mužijaka) i tipu I (541 UZV signala/h prilikom susreta jedinki suprotnog spola).

Prilikom susreta dvaju mužjaka najveća je zastupljenost tipa M (više od 600 UZV signala/h), dok su najmanje zastupljeni tipovi A i C (manje od 40 UZV signala/h). Prilikom susreta jedinki suprotnog spola ističe se tip I sa 554 UZV signala emitiranih unutar jednog sata, dok su najmanje zastupljeni tipovi B, C, D i L s manje od 50 UZV signala po satu.

Količina emitiranih UZV signala najmanja je prilikom susreta dvaju ženki te se pojavljuju tipovi A, D, F i I i L pri čemu je tip A (77 UZV signala/h) najučestaliji.

Unutar heterospecifika prilikom reakcije na miris pojevljuje se samo tip A te mužjaci emitiraju veću količinu signala od ženki.

3.7 Emisija zvučnih signala kod dinarskog voluhara unutar eksperimentalnih postava s obzirom na spol

Zabilježeno je ukupno 46 zvučnih signala po satu unutar svih eksperimentalnih postava (ukupno 8,6 h snimki). Zvučni signali samo su prebrojani unutar postava s obzirom na spol te nisu tipizirani. Tip M, iako s fundamentalnom frekvencijom unutar zvučnog spektra (mjera početne frekvencije nije mjerena), radi harmonika u ultrazvučnom spektru tipiziran je unutar ultrazvučnih signala te nije dio ove statistike.

Prilikom osvajanja teritorija, susreta s olfaktornim signalima drugih jedinki iste ili druge vrste te prilikom susreta s predatorom nisu zabilježeni zvučni signali. Prilikom direktnog kontakta jedinki iste vrste zabilježeno je 925 emitiranih zvučnih signal unutar vremenskog trajanja od jednog sata. Prilikom susreta dvaju mužjaka zabilježen je veći broj emitiranih zvučnih signala (750 zvučnih signala/h) nego prilikom kontakta mužjaka i ženki (175 zvučnih signala/h).

Prilikom kontakta jedinki s mužjakom druge vrste glodavca zabilježeno je zvučno glasanje od ukupno 36 glasanja po satu.

3.8 Pojava harmoničnih elemenata unutar repertoara dinarskog voluhara

Tip M opisan je kao tip s mnogo harmoničnih elemenata čiji je broj unutar signala teško prebrojati. Tip L okarakteriziran je kao tip s pripadajućim harmoničnim elementom te je uvijek prisutan unutar signala. S obzirom da su ti harmonični elementi sastavni djelovi navedenih tipova, nisu posebno brojani te ne ulaze u ovu statistiku. U statistiku ulaze samo oni harmonični elementi koji se nasumično pojavljuju na ostalim zabilježenim tipovima.

Uočena je pojava nasumično raspoređenih harmoničnih elemenata uz pojedine tipove signala prilikom socijalnih interakcija s istom vrstom te s jedinkama druge vrste. Prilikom ostalih eksperimentalnih postava nisu uočeni harmonični elementi. Prilikom interakcija mužjaka i ženki na ukupno 1351 UZV signala unutar snimki detektirano je 585 harmoničnih elemenata (43%), dok je prilikom istospolnih interakcija taj broj znatno manji. Unutar

interakcija mužjak-mužjak na 726 UZV signala zabilježeno je 101 harmonični element (13,9%), dok je prilikom interakcija ženka-ženka na 43 Uzv signala zabilježeno 2 harmonična elementa (4,7%). Prilikom heterospecifika zabilježeno je 6 harmoničnih elemenata na 61 emitiranom UZV signalu (9,8%).

Najviše tako zabilježenih harmoničnih elemenata je prisutno uz signal I (više od 50) unutar ukupnog trajanja svih snimki.

4 Rasprava

Raspon vokalnog repertoara vrste

Ultrazvučna aktivnost utvrđena je kod mnogih vrsta glodavaca. S obzirom na to da dinarski voluhar spada u porodicu Arvicolide kod koje je prethodno utvrđena UZV aktivnost očekivano je bilo da se glasa u ultrazvučnom dijelu spektra. Potvrđena je hipoteza ultrazvučne aktivnosti kod dinarskog voluhara te je ustanovljeno da je raspon vokalnog repertoara unutar raspona glasanja ostalih glodavaca. Kod glodavaca zabilježena duljina trajanja UZV signala je u rasponu 25-200 ms, a zabilježeni raspon frekvencija je od 20 do 80 kHz, iako frekvencija signala može doseći i 140 Khz (Sales i Pye, 1974).

Kod dinarskog voluhara najviša frekvencijska mjera ne prelazi 66 kHz, no neki harmonični elementi mogu dosegnuti i više frekvencije.

Zabilježeni su signali trajanja kraćeg od 3 ms,a tako kratka duljina trajanja signala nije česta kod ostalih glodavaca u divljni. Najsličiniju duljinu trajanja signala dinarski voluhar pokazuje s vrstom *Meriones unguiculatus* prilikom predkopulacijskog ponašanja(3-200 ms; Holman, 1980), no ta vrsta pokazuje znatno manji frekvencijski raspon od dinarskog voluhara.

Najsličniji frekvencijski raspon s dinarskim voluharom (20-70 kHz) imaju vrste *Microtus agrestis* (Mandelli, 1998) i *Gerbillus. setzeri* (Dempster i Perrin, 1991).

Vokalna kompleksnost kod dinarskog voluhara

Vokalna kompleksnost s obzirom na broj evidentiranih tipova unutar vokalnog repertoara dinarskog voluhara

Ultrazvučni signali kod glodavaca opisani su ako signali konstantne frekvencije (Grimsley i sur., 2011; Kikusui i sur., 2011; Wright i sur, 2010; Scattoni i sur., 2008; Portfors, 2007; Mitani i Marle, 1989), valni frekvencijski modulirani signali (Kikusui i sur., 2011; Scattoni i Branchi, 2010; Scattoni i sur., 2008), hump frekvencijski modulirani signali (Portfors, 2007), modulirani signali oblika U ili obrnutog U oblika (Grimsley i sur. 2011; Kikusui i sur., 2011; Scattoni i BranchiI, 2010; Wright i sur, 2010; Scattoni i sur., 2008; Portfors, 2007), frekvencijski modulirani sweeps (uzlazni i silazni; Kikusui i sur., 2011; Scattoni i Branchi, 2010,

Wright i sur, 2010; Scattoni i sur., 2008; Portfors, 2007) i frekvencijski koraci ili skokovi (1,2, ili više komponenti; Grimsley i sur., 2011; Kikusui i sur., 2011; Scattoni i Branchi, 2010; Wright i sur, 2010; Scattoni i sur., 2008; Portfors, 2007). Sedam frekvencijskih uzoraka (tipova) su identificirani kod mladunca voluharice vrste *Microtus agrestis* (Mandelli i Sales,2004) te su slični onima opisanim kod mladunaca laboratorijskih štakora (Brudzynski i sur., 1999) i odraslih miševa (Portfors, 2007; Holy i Guo, 2005). Tipovi signala nisu specifični za određenu vrstu, no neke životinje pokazuju sličnije uzorke od drugih. Ovakvi frekvencijski uzorci zabilježeni su i kod dinarskog voluhara uz signale raspršene frekvencije (tip E) te signala s mnogo harmoničnih elemenata koji prelaze iz zvučnih u ultrazvučni spektar (tip M). Također uočeni su i „U“ modulirani signali, no u vrlo maloj količini te su pribrojani signalima tipa F.

Identificirali smo 11 tipova unutar vokalnog repertoara dinarskog voluhara te smo ih razdvojili u podtipove da bi se što detaljnije opisala varijabilnost unutar vokalnog repertoara, kao što su to učlinili autori Fernández-vargas i Johnston (2015) prilikom opisa glasanja kod zlatnog hrčka.

Statistički značajna razlika u duljini trajanja najuočljivija je između tipa A i ostalih tipova signala, koji je upravo radi te iznimno male duljine trajanja i izdvojen u poseban tip.

Uočljivo je da su najveće statističke razlike u frekvencijama (početna, konačna, frekvencija u najvišoj i najnižoj točki te frekvencija s maksimalnom jačinom) između tipova koji sadrže niskofrekventni podtip (tip A i tip D) i ostalih tipova s frekvencijama višim od 35 kHz. Izdvaja se i tip M koji ima nisku frekvenciju s maksimalnom vrijednosti te se statistički značajno razlikuje od svih ostalih tipova.

Signali detektirani kod dinarskog voluhara zabilježeni su i kod ostalih vrsta glodavaca, no rezultati ukazuju na veću varijabilnost signala od vokalnih repertoara pojedinih vrsta. Kod mladunca voluharice vrste *Microtus agrestis* identificirano je 7 tipova (Mandelli i Sales,2004), kod miševa 10 tipova (Scattoni i Branchi, 2010,), kod štakora 9 (Portfors 2007), a kod zlatnog hrčka 8 tipova s ukupno 21 podtipom (Fernández-vargas i Johnston, 2015); što je manji broj tipova od onog kojeg smo identificirali kod dinarskog voluhara.

Vokalna kompleksnost s obzirom na frekvenciju

Statistički značajna razlika svih frekvencijskih mjera uočena je unutar jednokomponentnog tipa A i tipa D. Dokazano je da dinarski voluhar koristi ultrazvučne signale niske frekvencije (maksimalna duljina tih signala ne prelazi 25 kHz) kratkog trajanja (podtip A1-do 3 ms, podtip D2-do 8 ms).

U literaturi dio vokalnog repertoara štakora uzet je kao „22-kHz vokalizacija“ s rasponom frekvencije od 18-32 kHz s malom varijacijom frekvencije unutar signala i duljinom trajanja od 300-4000 ms (Sales i Pye, 1974). Podređeni štakori emitiraju ovakve signale prilikom agresivnih interakcija s dominantnim mužjakom (Sales i Pye, 1974) te je moguće da ovakva vokalizacija smanjuje mogućnost napada dominantnog mužjaka (Portfors, 2007). Također niskofrekventni signale emitiraju štakori na staništu unutar konspecifične grupe prilikom susreta s predatorom (Blanchard i sur., 1991) te je njihova moguća funkcija obavještavanje cijele grupa na neposrednu opasnost predatora (Brudzynski i Ociepa, 1992; Blanchard i sur.1991). Generalno takvi signali odraz su negativnog stanja u kojem se životinja nalazi te se javljaju prilikom stresnih događaja ili kao odgovor na stimulans koji u životinji izaziva stresni doživljaj (Blanchard i sur.,1991, van der Poel i sur.,1989). Niskofrekventni signali također su zabilježeni kod najmanje 11 vrsta roda Rattus (Kaltwasser, 1985, 1990; Watts, 1980), kod zlatnog hrčka (Cherry, 1989) i kod mongolskih gerbila (Holman, 1980). Kod vrste voluharice, *Mictotus agrestis* kratki visokofrekventni signali su detektirani prilikom napada na drugu jedinku, dok su dulji nižefrekventni signali zabilježeni kod prilaska dvije jedinke (Gilligan i Sales, unpublished observations).

Kod dinarskog voluhara niskofrekventni signali zabilježeni su prilikom svih eksperimentalnih postava, osim prilikom susreta heterospecifikom (miš). Prilikom susreta s mirisom i predatorom zabilježeni su samo signali frekvencija do 25 kHz. Prilikom susreta s jedinkom druge vrste glodavca nisu zabilježeni niskofrekventni signali, dok su jedino takvi signali prisutni prilikom susreta s mirisom druge vrste.

Prilikom susreta s mirisom jedinki iste vrste uočava se da životinje više upotrebljavaju niskofrekventne signale, dok je prilikom samog kontakta jedinki znatno veća upotreba visokofrekventnih signala. Cherry i Lepri (1986) ukazali su na važnost ultrazvučnog glasanja prilikom komunikacije između jedinki. Moguće da su signali viših frekvencija isključivo vezani

za komunikaciju između jedinki dinarskog voluhara, dok signali niže frekvencije (na granici ultrazvuka) koriste unutar uvjeta okoliša koji zahtjevaju prenos zvuka na većoj udaljenosti.

Brudzynski i Fletcher (2010) navode da su ultrazvučni dozivi pogodni za komunikaciju na malim udaljenostima i isključivo za komunikaciju unutar socijalne grupe, a čini se da takvu ulogu ultrazvučni signali imaju i kod dinarskog voluhara.

Vokalna kompleksnost s obzirom na složenost signala (upotreba jednokomponentnih i višekomponentnih signala)

S obzirom na kompleksnost ultrazvučnih doziva kod dinarskog voluhara signale smo podijelili na one s jednom i one s više komponenti. Iako dinarski voluhar u zatočeništvu učestalije koristi jednokomponentne signale unutar svih eksperimentalnih postava (više od 4 puta učestalije od onih s više komponenti), uočena je velika varijabilnost u morfologiji, broju komponenti i njihovom odnosu unutar višekomponentnih signala (višekomponentni signali u literaturi se prikazuju kao frekvencijski koraci ili skokovi). S obzirom da je ovo prvo istraživanje vokalizacije dinarskog voluhara smatrali smo potrebnim sve te varijacije višekomponentnih signala i zabilježiti u obliku podtipova signala. Time smo smanjili mogućnost pogreške te ostavili prostora da se u daljnjim istraživanjima vokalizacije dinarskog voluhara ti podtipovi modificiraju ili fuzioniraju.

Statistička analiza podtipova pokazala je statistički značajne razlike u frekvencijskim mjerama između nekih podtipova unutar određenog tipa te smo time potvrdili potrebu njihovog razdvajanja. Nisu svi podtipovi unutar višekomponentnih tipova pokazali statistički značajne razlike, no unaprijed određeni kriteriji prilikom prve analize vokalizacije dinarskog voluhara bili su osnovna odrednica razdvajanja podtipova.

Kompleksniji signali se mnogo više degradiraju nego jednostavni signali radi odbijanja zvučnog vala od objekata (Bradbury i Vehrencamp, 1998). Češće se upotrebljavaju u kompleksnijim staništima, dok jednostavniji vokalni repertoar imaju vrste koje nastanjuju otvorena staništa bez mnogo vegetacije (Hauser, 1993). Jednostavniji niže frekventni signali su mnogo efektivniji prilikom komunikacije na udaljenosti nego kompleksniji i više frekventni signali. Moguće da je to razlog zašto glodavci koji žive na travnatim otvorenijim staništima kao što su voluharice, koriste male modulacije u frekvencijama i niže frekvencije (Kapusta i

sur.,2006) od ostalih glodavaca. Također istraživanja su pokazala da srodni glodavci koji žive na različitim staništima pokazuju razlike u frekvencijama i kompleksnosti korištenih signala (Kalcounis-Ruepppelli sur., 2006; Dempster i Perrin, 1991).

Dinarski voluhar strogo je vezan za krške reljefne oblike (Kryštufek i Bužan, 2008), poput škrapa, jama, ulaza u špilje i pukotina u liticama. Istraživanja ponašanja dinarskog voluhara u zatočeništvu pokazala su da jedinke više vremena provode istražujući kompleksniji prostor; izleti u takav prostor su dulji i spremnije mu pristupaju. U prostoru manje kompleksnosti provode manje vremena, a karakterizira ga i brže, više isprekidano kretanje te potencijalno stresno ponašanje (Vidatić, 2015). Moguće da je uzrok velike varijabilnosti kompleksnih signala upravo posljedica staništa koje nastanjuju i života u malim izoliranim populacijama (Kryštufek i Bužan, 2008; Kryštufek i sur., 2007).

Kod dinarskog voluhara je uočena velika varijabilnost signala prilikom socijalnih kontakata te su unutar ovog postava evidentirani svi prethodno opisani tipovi signala s podtipovima. Signali s više komponenti zabilježeni su samo unutar ovog eksperimentalnog postava što navodi na mogućnost da su ovakvi signali evoluirali radi potrebe za komunikacijom među jedinkama unutar ograničenog krškog staništa na maloj udaljenosti.

Navedeni su mogući uzroci varijacija u kompleksnosti i korištenju određenih tipova signala unutar provedenih eksperimentalnih postava. Potrebno je provesti detaljna istraživanja da bi se utvrdio konačan razlog ovakvog vokalnog obrasca kod vrste dinarskog voluhara.

Razlike u korištenju UZV signala s obzirom na eksperimentalni postav

Kapusta i sur. zabilježili su da glodavci koriste kratke signale prilikom ponašanja koja ne uključuju direktni kontakt životinja, primjerice prilikom osvajanja prostora (Kapusta i sur, 2007). Kod dinarskog voluhara zabilježen je vrlo mali broj takvih signala po satu te oni pripadaju kratnom niskofrekventnom podtipu A1. Također vokalna reakcija dinarskog voluhara na olfaktorne signale iste ili druge vrste (druga vrsta glodavca ili predatora) je prilično niska te se očituje u upotrebi jednostavnih niskofrekventnih signala (A1 i D2 podtip).

Olfaktorni sustav ima važnu ulogu u homospecifičnim interakcijama voluharica (Kapusta i sur, 2007). Životinje proizvode i izlučuju feromone koji uzrokuju bihevioralne reakcije u konspecifiku (Ferkin, 2001; Viitala i Hoffmeyer, 1985). S obzirom na važnost olfaktornih

signala prilikom komunikacije među glodavcima očekivali smo povećanu vokalnu reakcija na olfaktorne signale druge jedinke, no ona je izostala.

Prilikom susreta s predatorom zabilježeno je mali broj jednostavnih kratkih niskofrekventnih UZV signala (podtip A1), no moguće da je veća vokalna reakcija izostala jer smo koristili svlak poskoka, a ne živu životinju. Ipak, korištenje ovakvog tipa signala poklapa se s prethodnom hipotezom da se ovakve frekvencije koriste prilikom susreta s predatorom pri čemu jedinka upozorava predatora da je spremna za defenzivni napad i obavještava ostale pripadnike socijalne skupine na potencijalnu opasnost. Zabilježeni broj signala je veći nego prilikom osvajanja teritorija, a pojavljuje se samo jedan, isti tip signala unutar oba postava.

Prilikom susreta s drugom jedinkom, osobito jedinkom iste vrste, zabilježena je velika UZV aktivnost te prisutnost zvučnog glasanja. Prilikom susreta s jedinkom druge vrste glodavca ta reakcija je mnogo manja nego prilikom susreta s konspecifikom, no takvo ponašanje bilo je očekivano.

Malo je poznata uloga vokalizacije između vrsta. S obzirom da je jako malo glasanja zabilježeno prilikom susreta s heterospecifikom kod drugih vrsta voluharica, da se zaključiti da je ultrazvuk bitna komponenta interspecifične komunikacije (Kapusta i sur, 2007). Takav zaključak izveli smo i kod vrste dinarskog voluhara.

Uloga glasanja prilikom socijalnih kontakata

Uloga u komunikaciji u istraživanjima se navodi kao generalna funkcija glasanja,ali postoje razlike među vrstama. Razlike u funkciji korištenja UZV-a prilikom socijalnih kontakata ovise o socijalnoj strukturi, načinu privlačenja partnera i evolucijskim značajkama vrste.

Socijalna organizacija životinja unutar populacije iste vrste zahtjeva dobro razvijen komunikacijski sustav. Emisija UZV-a može biti povezana sa socijalnom strukturom voluharica. Ukoliko vrsta pokazuje solitarne značajke samim tim će i potreba za korištenjem UZV-a biti manja te će one pokazivati značajnu razliku u količini glasanja od manje solitarnih tolerantnih vrsta. Ultrazvuk je produciran mnogo češće od strane vrsta čija je socijalna organizacija harmonična, a odnosi između jedinki tolerantni, što indicira da životinje mogu smanjiti agresiju koristeći UZV i na taj način očuvati stabilnu socijalnu strukturu. Uloga vokalizacije prilikom socijalnih kontakata voluharica još nije razjašnjena (Kapusta i sur.,

2007), no brojna istraživanja navode da je vokalizacija bitna komponenta ponašanja prilikom susreta s jedinkom iste vrste. Zabilježili smo veliku vokalnu aktivnost prilikom konspecifika kod dinarskog voluhara te su ti podatci bitni za daljnje studije socijalne strukture.

Potrebna su daljnja istraživanja socijalne strukture dinarskog voluhara da bi se sa sigurnošću utvrdila funkcija glasanja. Podatci dobiveni u ovom radu sugeriraju da je dinarski voluhar vrsta koja ima kompleksnu socijalnu strukturu te razvijen komunikacijski sustav koji uključuje zvučne i ultrazvučne signale. S obzirom na količinu emitiranih UZV signala prilikom kontakata jedinki, mogli bi pretpostaviti da je dinarski voluhar društvena životinja koja aktivno komunicira s ostalim članovima zajednice.

Razlike u korištenju UZV-a s obzirom na spol

Zabilježena je ultrazvučna aktivnost i mužjaka i ženki. Općenito mužjaci učestalije koriste UZV signale nego ženke unutar svih eksperimentalnih postava. Prilikom kontakta dviju životinja muškog spola uočena je znatno veća vokalna aktivnost nego prilikom kontakta dviju ženki. Prilikom susreta jedinki suprotnog spola zabilježena je velika UZV aktivnost, no nismo bili u mogućnosti analizirati od koje jedinke potječe koji signal tako da ostaje nerazjašnjeno koja se životinja više glasa u takvoj situaciji, no da se zaključiti da i u ovom slučaju mužjaci više vokaliziraju.

Myodes glareolus, *Microtus pinetorum* i *Microtus agrestis* su vrste kod kojih je poznato da emitiraju ultrazvučne signale prilikom interakcije jedinski suprotnog spola (Mandelli, 1988; Cherry i Lepri, 1986). Iako se čini da mužjaci proizvode ove signale (Marchlewska-Koj i sur., 1994), kod nekih vrste i ženke su sposobne vokalizirati u ultrazvučnom dijelu spektra (Gyger i Schenk, 1984; Sales i Pye, 1974).

Kod laboratorijskih miševa i mužjaci i ženke se glasaju u ultrazvučnom dijelu spektra u specifičnim situacijama. Stimulans za proizvodnju UZV-a kod muškog miša je prisutnost ženke (ili njenih feromona), dok ženke produciraju UZV kad su same, prilikom odvajanja od mladih ili prilikom susreta s drugom ženkom (Portfors, 2007).

Moguće da mužjaci dinarskog voluhara više upotrebljavaju UZV radi seksualnog ponašanja prilikom susreta sa ženkom ili prilikom agresivnih kompetitorskih reakcija prilikom susreta s drugim mužjakom.

Korištenje zvučnih signala

Unutar vokalnog repertoara dinarskog voluhara zabilježeni su zvučni signali i to samo prilikom kontakta dviju jedinki. U literaturi je zabilježeno da odrasle jedinke mnogih vrsta glodavaca koriste zvučne i ultrazvučne signale unutar konspecifika (Brown i Pye, 1975) te da su zvukovi unutar čujnost ljudskog uha (niži od 20 kHz) emitirani kod glodavaca prilikom agresije, straha ili boli (Hawkins, 2002; Stoddart i Sales, 1985).

Stoddart i Sales (1985) su otkrili da su zvučni signali element agresivnog ponašanja između i unutar spolova voluharica prilikom čega zvukove proizvodi napadnuta životinja, no nema mnogo studija točne funkcije ovog glasanja.

Kod dinarskog voluhara takva vokalna aktivnost nije zabilježena prilikom kontakta dviju ženki, a zabilježena je prilikom kontakta dvaju mužjaka (iako nije moguće utvrditi koji mužjak vokalizira). Manje zvučnih signala zabilježeno je prilikom interakcija između spolova, no ne može se utvrditi da li mužjak ili ženka vokaliziraju. Ipak, da se zaključiti da ta vokalna aktivnost pripada mužjaku te da je bitno komunikacijsko sredstvo unutar konspecifika, osobito u interakcijama mužjaka. Moguće da su ti signali i kod dinarskog voluhara odraz agresije.

Također prilikom heterospecifika mužjak vokalizira u zvučnom dijelu spektra, no mnogo manje nego prilikom susreta s istom vrstom.

5 Zaključak

Dinarski voluhar pokazuje veliku kompleksnost unutar vokalnog repertoara:

-dokazali smo vokalnu aktivnost unutar zvučnog i ultrazvučnog spektra

-preliminarno smo izveli 11 tipova ultrazvučnih signala (s pripadajućim podtipovima) unutar kategorije jednokomponentnih i višekomponentnih signala

-utvrđeno je da se glasanja pojavljuju unutar frekvencije od 66 kHz, uz prisutnost harmonika i na višim frekvencijama

-najveće statističke razlike u frekvencijskim mjerama uočene su između tipova čija frekvencija ne prelazi 25 kHz (podtipovi A1 i D2 unutar tipova A i D), tipa M sastavljenog od mnogo harmonika koji prelaze iz zvučnog u ultrazvučni spektar i ostalih signala frekvencije više od 35 kHz

-duljina trajanja signala kreće se od 2-300 milisekundi

Analiza količine glasanja unutar ekspermentalnih postava:

-prilikom eksperimentalnih postava osvajanja teritorija, susreta s olfaktornim signalima iste ili druge vrste glodavca i predatora kao i sa samim kontaktom s predatorom (svlak poskoka) zabilježena je mala ultrazvučna aktivnost koja se očituje u emisija kratkih signala s frekvencijom nižom od 25 kHz

-velika vokalna aktivnost, prisutnost svih tipova s pripadajućim podtipovima s naglaskom na veliku raznolikost višekomponentnih signala zabilježena je prilikom kontakta dviju jedinki iste vrste što sugerira da je moguća funkcija ultrazvučnih signala prvenstveno komunikacija među jedinkama

-prilikom heterospecifičnih kontakata zabilježena je mnogo manja vokalna aktivnost nego prilikom konspecifika

Analiza u ovisnosti o spolu:

-unutar svih eksperimentalnih postava mužjaci su pokazali veću vokalnu aktivnost od ženki i to naročito prilikom istospolnih kontakata što navodi na moguću upotrebu ovih signala prilikom kompetitivnog nadmetanja mužjaka

-velika ultrazvučna aktivnost zabilježena je i prilikom kontakta jedinki različitog spola, pri čemu je pretpostavka da mužjak više vokalizira. Moguće da životinje vokaliziraju na ovakav način prilikom seksualnog ponašanja.

-zabilježeni su zvučni signali emitirani od strane mužjaka prilikom socijalnih kontakata, osobito prilikom istospolnih interakcija dvaju mužjaka

Istraživanje komunikacijskog sustava kod dinarskog voluhara doprinijet će boljem poznavanju biologije vrste i omogućiti uspješnija istraživanja u prirodi.

6 Literatura

Anderson M. I., Erlinge S., (1977): Influence of predation on rodent population, Oikos **29**, 591-597

Barfield R. J., Geyer L. A. (1972): Sexual behaviour: ultrasonic post-ejaculatory song of the male rat. Science **176**, 1349-1350.

Barron S., Gilbertson R. (2005): Neonatal ethanol exposure but not neonatal cocaine selectively reduces specific isolation-induced vocalization waveforms in rats. Behav Genet. **35**, 93–102.

Bego F., Kryštufek B., Paspali G., Rogozi E. (2008): Small terrestrial mammals of Albania: Annotated list and distribution. Hystrix It. J. Mamm. **19** (2), 3-21.

Blanchard R. J. (1991): Twenty-two kHz alarm cries to presentation of a predator, by laboratory rats living in visible burrow systems**.** Physiol Behav. **50** (5), 967-72

Blumberg M. S. (1992): Rodent Ultrasonic Short Calls: Locomotion, Biomechanics, and Communication. Journal of Comparative Psychology **106** (4), 360-365

Borgia G. (1985): Bower quality, number of decorations and mating success of male satin bowebirds (*Ptilonorhynchus violaceus*): an experimental analysis. Anim.Behav. **33**, 266-271.

Bradbury J. W., Vehrencamp S. L. (1998): Principals of animal communication. Sinauaer Associates, Sunderland, MA.

Brudzynski S. M, Ociepa D (1992): Ultrasonic vocalization of laboratory rats in response to handling and touch. Physiol. Behav. **52**, 655–660.

Brudzynski S. M., Fletcher N. H (2010): Rat ultrasonic vocalization: short-range communication. Handbook of Mammalian Vocalization. An Integrative Neuroscience Approach. Oxford, Academic Press, 69–76.

Bužan E. V., Kryštufek B., Bryja J. (2010): Microsatellite markers confirm extensive population fragmentation of the endangered Balkan palaeoendemic Martino's vole (*Dinaromys bogdanovi*). Conserv. Genet. **11**, 1783-1794.

Bužan E.V., Kryštufek B., Hanfling B., Hutchinson W.F. (2008): Mitohondrial phylogeny of Arvicolinaeusing comprehensive taxonomic sampling yields new insights. Biological Journal of the Linnean Society **94**: 825-835

Carleton M., Musser G. (1984): Muroid rodents. U: Anderson S., Jones Jr. J. (ur.): Orders and Families of Recent Mammals of the World. New York, John Wiley and Sons.

Chaline J., Brunet-Lecomte P., Montuire S., Viriot L., Courant F. (1999): Anatomy of the arvicolinae radiation (Rodentia): palaeogeographical, palaeoecological history and evolutionary data. Ann. Zool. Fennici. **36**, 239-267.

Cherry J. A. (1989): Ultrasonic vocalizations by male hamsters: parameters of calling and effects of play-backs on female behaviour. Anim Behav **38**, 138–153.

Cherry J. A., Lepri J. J. (1986): Sexual dimorphism and gonadal control of ultrasonic vocalizations in adult pine voles, *Microtus pinetorum*. Hormon. Behav. **20**, 34-48.

Clutton-Brock, T., Albon S., Gibson S., Guinness F (1979): The logical stag: Adaptive aspects of fighing in the red deer.Animal Behaviour **27**, 211-225.

Dempster E. R., Dempster R. I., Perrin M. R. (1991): Behaviour associated with ultrasonic vocalization in six gerbilline rodent species. Ethology **88**, 11-19.

Dempster E. R., Perrin M. R. (1991): Ultrasonic vocalizations of six taxa of southern African gerbils (Rodentia: Gerbillinae). Ethology **88**, 1–10

Ehret G, Haack B. (1981): Categorical perception of mouse pup ultrasound by lactating females. Naturwissenschaften **68**, 208–209.

Ehret G. (1992a): Categorical perception of mouse-pup ultrasounds in the temporal domain. Anim. Behav. **43**, 409–416.

Ehret, G. (1992b).: Preadaptations in the auditory system of mammals for phoneme perception. In M. E. H. Schouten (ed.), The Auditory Processing of Speech: From Sounds to Words. Berlin: Mouton de Gruyter, str. 99–112.

Fahrig L, Merriam G (1994): Conservation of fragmented populations. Conserv. Biol. **8**, 50–59. doi:10.1046/j.1523- 1739.1994.08010050.

Ferkin M. H., (2001): The response of individuals to over-marks ofconspecifics differs between two species of microtine rodents. Chemical Signals in Vertebrates **9**, 343–346.

Fernández-Vargas M., Johnston R. E. (2015): Ultrasonic vocalizations in golden hamsters (*Mesocricetu sauratus*) reveal modest sex differences and nonlinear signals of sexual motivation. PLoSONE10 (2): e0116789.doi:10.1371/ journal.pone.0116789.

Flecher, N (2010): A frequency scaling rule in mammalian vocalization. Handbook of Mammalian Vocalization. An Integrative Neuroscience Approach. Oxford, str. 51-56.

Floody O. R, Pfaff D. W. (1977): Communication among hamsters by high-frequency acoustic signals: Physical characteristics of hamster calls. J. Comp. Physiol. Psychol **91**, 794–806.

Grimsley J. M. S., Monaghan J. J. M., Wenstrup J. J (2011): Development of social vocalizations in mice. PloSOne6:e17460.doi:10.1371/journal.pone.0017460 PMID:21408007

Grizmek B. (1990): Grizmek´s encyclopedia of mammals. McGraw-Hill Publishing company, New York

Gyger M, Schenk F. (1984): Ultrasonic vocalization in the woodmouse,*Apodemus sylvaticus* L Acta Zoological Fennica **171**, 97–99.

Hauser M. D. (1993): The evolution of nonhuman primate vocalizations: effects of phylogeny, body weight and social context. Am. Nat. 142, 528-542.

Hoffmeyer I., Sales G. D. (1977): Ultrasonic behaviour of *Apodemus sylvaticus* and *A. flavicollis*. Oikos **29**, 67–77.

Holman E. W. (1980): Irrelevant-incentive learning with flavors in rats. Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes **6**, 126-136.

Holman S. D. (1980): Sexually dimorphic, ultrasonic vocalizations of Mongolian gerbils. Behav Neural Biol **28**, 183–192.

Holy T. E, Guo Z. (2005): Ultrasonic songs of male mice. PLoS Biol **3**, e386.

Jedrzejewski W., Jedrzejewska B. (2007): Predation on rodents in Białowiez˙a primeval forest, Poland. Ecography **16**, 47–64.

Kalcounis-Rueppell M.C, Metheny J, Vonhof M. (2006): Production of ultrasonic vocalizations by *Peromyscus mice* in the wild. Fron. Zool. 3:3.

Kalcounis-Rueppell M. C., Carney C., Briggs J. R., Petric R., (2008): Individual context of ultrasonic vocalizations produced by wild deer mice (*Peromyscus*). Book of Extended Abstracts, Second International Conference on Acoustic Communication by Animals, str. 114–115

Kaltwasser M. Th. (1990): Acoustic signalling in the Black rat (*Rattus rattus*). Comp. Psychol. **104**, 227–232.

Kapusta J., Marchlewska-Koj A., Olejniczak P. (1994): Sexual experience affects behaviour of bank voles *Clethrionomys glareolus*. Acta Theriol. **39**, 365-371

Kapusta J., Pachinger K., Marchlewska-Koj A. (1999): Behavioural variation in two populations of root voles. Acta Theriol. **44**, 337-343.

Kapusta J., Szentgyörgyi H., Surov A., Ryurikov,G. (2006): Vocalization of two palaearctic species of hamster: Eversmann hamster (*Allocricetulsu eversmanni*) and grey hamster (*Cricetulus migratorius*). Bioacoustics **15**, 315-330.

Kapusta J., Sales G. D. , Czuchnowski R. (2007): Aggression and vocalization of three sympatric vole species during conspecific and heterospecific same-sex encounters. Behaviour **144**, 283–305.

Kapusta J., Sales G. D. (2008): Male–female interactions and ultrasonic vocalization in three sympatric species of voles during conspecific and heterospecific encounters. Behaviour **146**, 939-962.

Kikusui T.,Nakanishi K.,Nakagawa R.,Nagasawa M.,Mogi K.,i sur (2011): Cross Fostering Experiments Suggest That Mice Songs Are Innate.PloSOne6:e17721.doi:10.1371/journal.pone.0017721 PMID:21408017.

Kotrošan D., Bjedov V., Kryštufek B. (2005): Stanje istraženosti faune sisara Bosne i Hrecegovine. Works of Faculty of Forestry, University of Sarajevo 1: 29-55.

Kryštufek B., Tvrtković N. (1988): Insectivores and Rodents of the Central Dinaric Karst of Yugoslavia. SCOPOLIA **15**, 1-59.

Kryštufek B., Bužan E. V., Hutchuinson W. F., Hänfling B. (2007): Phylogeography of the rare Balkan endemic Martino's vole, *Dinaromys bogdanovi*, reveals strong differentiation within the western Balkan Peninsula. Molecular Ecology **16**, 1221-1232.

Kryštufek B., Bužan E. V. (2008): Rarity and decline in palaeoendemic Martino's vole Dinaromys bogdanovi. Mammal Rev **38** (4), 267-284

Kryštufek, B. (2008): Dinaromys bogdanovi. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T6607A12790367. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T6607A12790367.en, pristupljeno: 12. prosinca 2015.

Kryštufek B., Vohralik V., Obuch J. (2009): Endemism, vulnerability and conservation issues for small terrestrial mammals from the Balkans and Anatolia. Folia Zool. **58** (3), 291-302.

Lepri J. J., Theodorides M., Wysocki Ch. J. (1988): Ultrasonic vocalizations by adult prairie voles *Microtus ochrogaster*. Experientia **44**, 271-273.

Mandelli M. (1988): Aspects of social behaviour, sexual dimorphism and ultrasonic vocalizations in the field vole, *Microtus agrestis*. Unpublished PhD thesis, University of London.

Mandelli M. J., Sales G. D. (2004): Ultrasonic vocalizations of infant short-tailed field voles, *Microtus agrestis.* J. Mammal. **85**, 282–289.

Marchlewska-Koj A., Kapusta J., Sales D. G., Kruczek M. (1994): Ultrasonic calls of bank voles in response to conspecific chemosignals. Advances in the biosciences. Pergamon Press, Oxford, str. 371-376.

Marchlewska-Koj, A. (2001): Pheromonal regulation of bank vole (*Clethrionomys glareolus*) reproduction. Chemical Signals in Vertebrates **9**, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, NY, str: 391-397.

Marler P. (1955): Charakteristic of some animal calls. Nature **126**, 6-8

Mcdonald D. (2001): The new encyclopedia of mamals, Oxford University Press, Oxford

McGinnis M. Y., Vakulenko M. (2003).: Characterization of 50-kHz ultrasonic vocalizations in male and female rats. Physiol. Behav. **80**, 81-88.

Miller. J. R., Engstrom M. D. (2007): Vocal stereotipy and singing behaviour in *Baiomyne* mice. Journal of Mammalogy **88** (6), 1447–1465.

Morton E. S., (1977): On the occurrence and significance of motivational–structural rules in some bird and mammal sounds. Am. Nat. **111**, 855–869.

Nowak R. (1999): Walker's Mammals of the World, vol. II. Baltimore and London, The Johns Hopkins University Press.

Nunez A. A., Pomerantz S. M., Bean N. J., Youngstrom T. G. (1985): Effects of laryngeal denervation on ultrasound production and male sexual behavior in rodents. Physiol. Behav. **34**, 901–905.

Nyby J (1983): Ultrasonic vocalization during sex behavior of male house mice (*Mus musculus*): A description. Behav. Neural. Biol. **39**, 128–134. PMID: 6661142.

Portfors C. V. (2007): Types and functions of ultrasonic vocalizations in laboratory rats and mice. J Am Assoc Lab Anim Sci **46**, 28–34.PMID:17203913

Pye J .D. (1979): Why ultrasound?. Endeavour **3**, 57–62.

Roberts L. H. (1975 a): The rodent ultrasound production mechanism. Ultrasonics **13**, 83–88.

Roberts L. H. (1993): Comparative studies of sound production in small mammals with special reference to ultrasound. Unpublished PhD thesis, University of London.

Sales G.D. (1972 a): Ultrasound and aggressive behaviour in rats and other small mammals. Anim. Behav. **20**, 88–100.

Sales G. D., Pye D. (1974): Ultrasound in rodents. Ultrasonic Communication by Animals, London, UK.

Sanders I., Weisz D. J., Yang B. Y., Fung K., Amirali A. (2001): The mechanism of ultrasonic vocalization in the rat. Soc Neurosci Abstr **27**, 241.

Scattoni M. L, Gandhy S. U., Ricceri L., Crawley J. N. (2008): Unusual repertoire of vocalizations in the BTBRT+tf/Jmouse model of autism. PloSOne3:e3067.doi:10.1371/journal.pone.0003067PMID: 18728777

Scattoni M. L, Branchi I. (2010): Vocal repertoire in mouse pups: strain differences. Handbook of Mammalian Vocalization. An Integrative Neuroscience Approach. Oxford, str. 89–95

Stoddart D. M., Sales G. D. (1985): The olfactory and acoustic biology of wood mice, yellow necked mice and bank voles. The ecology of woodland rodents bank voles and wood mice. Clarendon Press, Oxford.

Thomas D. A., Takahashi L.K., Barfield R. J. (1983): Analysis of ultrasonic vocalizations emitted by intruders during aggressive encounters among rats (*Rattus norvegicus*). J. Comp. Psychol. **97**, 201-206.

Thiessen D. D., Kittrell E. M. W.(1979): Mechanical features in ultrasound emission in Mongolian gerbil (*Merionies unguiculatus*). Americal zoologist **19**, 509-512.

Thomas D. A., Barfield R. J. (1985): Ultrasonic vocalization in the female rat (*Rattus norvegicus*) during mating. Anim. Behav. 33, 720-725.

Tonkiss J., Bonnie K. E.,Hudson J. L., Shultz P. L., Duran P., Galler J. R. (2003): Ultrasonic call characteristics of rat pups are altered following prenatal malnutrition. Dev. Psychobiol. **43**, 90–101.

Tvrtković N. (2006): Crvena knjiga sisavaca Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

Uhlenbroek C. (2008): Animal life. Dorling Kindersley Limited, a Penguin Company, 2008, str. 443

Vehrencamp S.L., Bradbury J. W., Gibson R. M.(1989): The energetic cost of display in male sage grouse. Animal Behaviour **38**, 885-896.

van der Poel A. M, Noach E. J. K., Miczek K. A. 1989: Temporal patterning of ultrasonic distress calls in the adult rat: effects of morphine and benzodiazepines. Psycho. Pharmacol **97**, 147–148.

Vidatić L. (2015): Ponašanje dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi* Martino, 1922) pristraživanju novog prostora u zatočeništvu. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb

Viitala J. I., Hoffmeyer, I. (1985): Social organization in Clethrionomys compared with Microtus and Apodemus: social odours, chemistry and biological effects. Ann. Zool. Fennici **22**, 359-371.

White N. R., Prasad M., Barfield R. J., Nyby J. G. (1998): 40 and 70-kHz vocalization of mice (*Mus musculus*) during copulation. Physiol. Behav. **63**, 467-473.

Whitney G., Coble J. R., Stockton M. D., Tilson E. F. (1973): Ultrasonic emissions: Do they facilitate courtship of mice. J. Comp. Physiol. Psychol. **84**, 445–452. PMID: 4745813.

Wilson D, Hare J. (2004): Ground squirrel uses ultrasonic alarms. Nature **430**, 523.

Wilson E. O.(1975): Sociobiology: The New Synthesis. Cambridge, MA: Harvard University Press

Wright J. M, Gourdon J. C, Clarke P. B. S (2010): Identification of multiple call categories within the rich repertoire of adultr at 50-kHz ultrasonic vocalizations: effects of amphetamine and social context. Psycho. Pharmacol. **211**, 1–13.

http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/an-introduction-to-animal-communication-23648715

http://animaldiversity.org/accounts/Arvicolinae/

ŽIVOTOPIS

Osobni podatci

Ime i prezime: Matea Kovač

Datum i mjesto rođenja: 26.6.1991.; Sarajevo, BiH

Mjesto prebivališta: Bilice, Novo naselje 58, 22 000 Šibenik

Mjesto boravišta: Ulica križnog puta 51, 10 000 Zagreb

e-mail adresa: matea.kovacc@gmail.com

Obrazovanje

Sveučilište u Zagrebu; Prirodoslovno-matematički fakultet Zagreb, smijer biologija, modul eksperimentalna biologija-zoologija-diplomski studij

Sveučilište u Zagrebu; Prirodoslovno-matematički fakultet Zagreb, smijer biologija-preddiplomski studij

Gimnazija Antuna Vrančića Šibenik, opći smijer

Osnovna škola Jurja Dalmatinca Šibenik

Dodatne aktivnosti

Član Udruge Don Kihot-terapije pomoću konja (volonterska aktivnost); www.donkihot.hr

Sudionik EU projekata razmjene mladih (ERASMUS)

Bloger u kampanji za spriječavanje govora mržnje na internetu: „Nije smiješno“ Nacionalne zaklade za razvoj civilnog društva (volonterska aktivnost); www.nijesmijesno.hr

PRILOZI

Prilog 1.: Deskriptivna statistika za podtipove signala

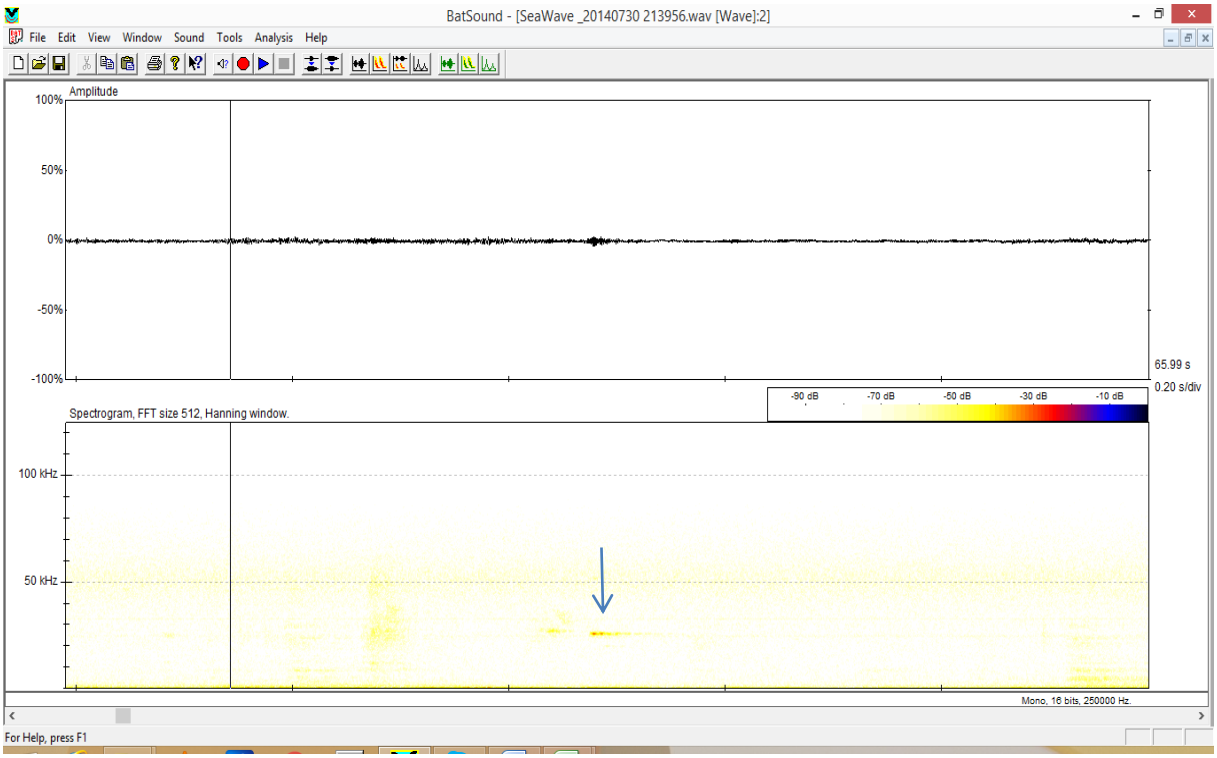
Prilog 2.: Fotografska dokumentacija podtipova signala

Prilog 1: Deskriptivna statistika za podtipove signala

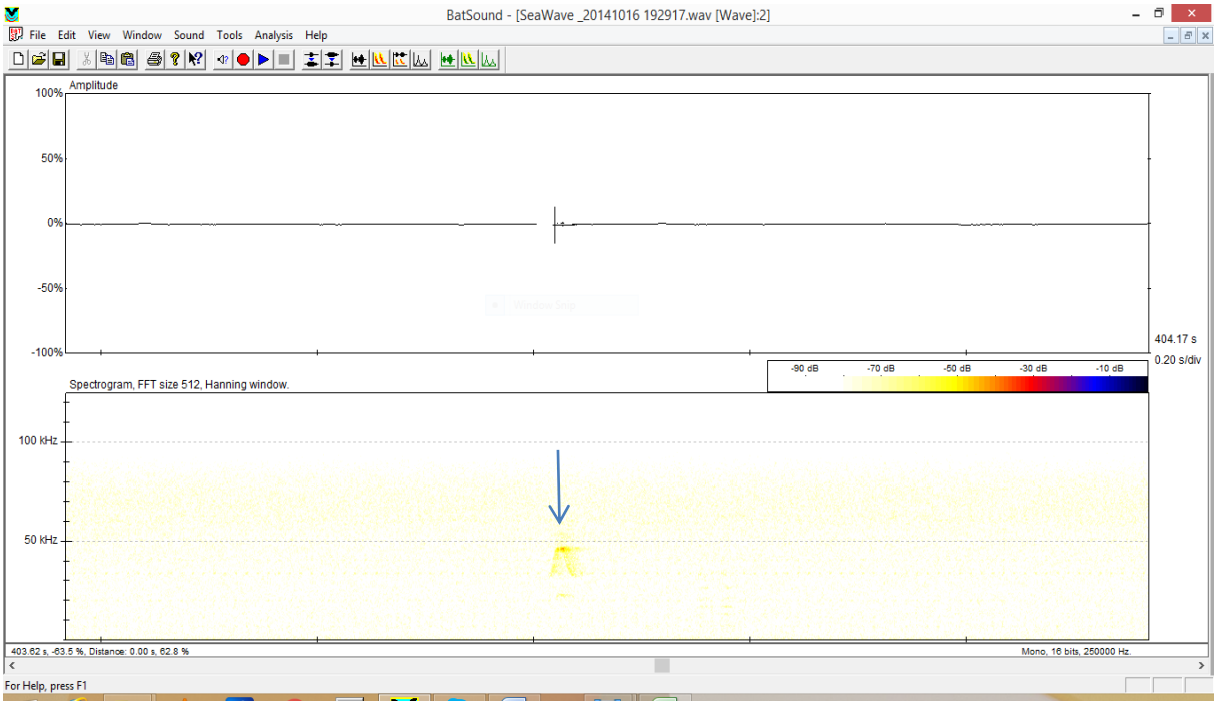
Tablica 1: Deskriptivna statistika za podtipove signala prikazana preko srednje vrijednosti (AV), standardne devijacije (ST DEV), minimuma (MIN), maksimuma (MAX) i medijana (MED) za svaki premjereni sonogramski parametar (DUR-duljina trajanja, Fstart- početna frekvencija, Fstop-konačna frekvencija, Fdown-frekvencija u najnižoj točki, Ftop-frekvencija u najvišoj točki, Fmax-frekvencija s maksimalnom vrijednosti) određenog podtipa (20 premjerenih signala unutar svakog podtipa, osim za signale s malom abundancijom gdje je premjereno 10 ili 5 signala)

	DUR					Fstart					Fstop					Fdown					Ftop					Fmax				
	AV	ST.DEV	MIN	MAX	MED	AV	ST.DEV	MIN	MAX	MED	AV	ST.DEV	MIN	MAX	MED	AV	ST.DEV	MIN	MAX	MED	AV	ST.DEV	MIN	MAX	MED	AV	ST.DEV	MIN	MAX	MED
A1	0,029	0,003	0,02	0,03	0,03	21,05	1,243986	19	24	21	20,55	1,532155	18	25	20	21,05	1,243986	19	24	21	20,55	1,532155	18	25	20	22,65	1,492481	20	26	22
A2	0,0285	0,003571	0,02	0,03	0,03	47,65	7,465085	31	59	50	47,85	7,591278	32	62	49	47,65	7,465085	31	59	50	47,85	7,591278	32	62	49	50,4	8,052329	35	62	54
B1	0,1995	0,22765	0,05	0,08	0,07	55,85	5,588157	42	62	46	48,35	4,339067	40	55	60	45,85	8,730836	24	56	46	58,85	6,271164	38	66	60	52,5	4,031129	44	59	55
C1	0,079	0,02488	0,05	0,15	0,095	45,85	8,730836	24	56	57,5	58,15	8,247879	31	66	48	48,35	4,339067	40	55	48	55,85	5,588157	42	66	57,5	52,15	7,964138	24	59	54
D1	0,131	0,111306	0,05	0,15	0,1	53,6	5,624944	35	61	54,5	54,2	5,143928	36	60	55	53,6	5,624944	35	61	54,5	54,2	5,143928	36	60	55	55,35	4,96261	37	60	55,5
D2	0,0625	0,008292	0,05	0,08	0,06	21,05	1,116915	19	22	21,5	21,2	0,979796	20	23	21	21,05	1,116915	19	22	21,5	21,2	0,979796	20	23	21	23,2	1,363818	20	25	23,5
E1	0,1215	0,048916	0,05	0,2	0,1																					52,9	6,977822	33	63	55
F1	0,159	0,067372	0,07	0,3	0,15	48,2	7,406754	33	59	48,5	53,65	4,126439	46	60	53	45,85	6,521311	33	59	45	55,35	4,703988	45	61	57	53,05	4,212778	46	60	57
G1	0,113	0,032573	0,06	0,2	0,1	46,7	1,846619	42	51	47	54,6	2,457641	50	60	55	46,5	2,334524	43	53	47	54,5	2,247221	50	58	55	53,3	2,325941	50	59	53
G2	0,105	0,024597	0,07	0,15	0,1	50,8	5,758472	42	58	52,5	54,4	5,660389	46	63	53,5	47,7	3,494281	43	55	52,5	58,2	1,6	55	61	53,5	53	3,193744	47	57	55
G3	0,144	0,042825	0,08	0,2	0,15	49,2	2,694439	44	55	48,5	50,25	2,717996	47	55	49	49,2	2,694439	44	55	48,5	57,3	2,076054	54	61	57	55,6	2,782086	49	60	55,5
G4	0,106	0,023324	0,08	0,15	0,1	45,4	2,87054	42	50	45	57,8	1,469694	55	59	58	45,4	2,87054	42	50	45	57,8	1,469694	55	59	58	51,8	3,655133	45	55	52
G5	0,14	0,037417	0,1	0,2	0,15	47	6,164414	40	58	45	47,7	2,531798	44	52	48	42,8	2,088061	40	45	45	51,8	2,3	55	63	58	53,3	2,609598	47	55	55
G6	0,123	0,035511	0,08	0,2	0,1	54	7,456541	40	61	58	48,8	3,487119	44	54	50	40,1	1,813836	38	44	38	58	1,788854	55	61	58	50,1	3,3	46	55	50
H1	0,1315	0,050919	0,07	0,25	0,1	42	6,14817	32	55	43	54,25	4,391754	45	61	54,5	42	6,14817	32	55	43	54,25	4,391754	45	61	54,5	51,9	5,374942	40	60	52
H2	0,124667	0,045294	0,06	0,2	0,1	40,2	2,039608	38	44	40,5	57,2	2,993326	50	60	58	40,33333	2,149935	38	44	40,5	57,2	2,638181	50	60	58	48,375	5,429952	40	55	47,5
H3	0,1225	0,041458	0,07	0,2	0,1	36,08333	3,067527	30	41	36,5	55,33333	2,560382	48	58	55	36,08333	3,067527	30	41	36,5	55,33333	2,560382	48	58	55	49,33333	4,955356	42	55	49,5
H4	0,108	0,040571	0,05	0,2	0,1	42,9	2,527845	36	47	43	52,95	2,991237	48	60	52,5	38,55	3,639712	35	50	37,5	54,75	3,533766	49	60	54,5	47,2	4,621688	38	55	46
H5	0,143	0,037961	0,08	0,2	0,15	43,7	3,494281	37	47	45	57	3,376389	51	61	58	43,7	3,494281	37	47	45	57	3,376389	51	61	58	51,92308	5,553399	42	60	54
I1	0,1685	0,058333	0,1	0,25	0,15	47,15	6,117802	38	59	46,5	45,6	5,266878	35	55	46	38	2,569047	32	42	38	55,15	4,162631	47	61	53	46	2,213594	40	51	46
I2	0,159	0,050388	0,08	0,25	0,15	48,3	5,330103	40	61	48	47,15	2,833284	42	52	47	38,75	2,717996	33	46	40	56,45	3,814119	51	67	54	47,9	3,374907	44	57	46,5
I3	0,155	0,062968	0,08	0,25	0,125	40,75	6,548855	33	58	40	54,8	4,995998	44	61	56	35,8	2,694439	31	41	35,5	57,4	2,477902	51	61	57,5	48,25	4,856696	38	55	48
I4	0,144	0,047159	0,1	0,25	0,145	45,3	8,124654	36	58	43,5	50,4	4,71593	42	58	50,5	38,8	3,841875	33	47	38	56,8	2,135416	52	60	57,5	50,63636	4,715019	43	55	52
I5	0,1275	0,045373	0,07	0,25	0,1	49,85	4,126439	45	57	48	50,75	2,878802	46	55	50	36,8	4,995998	30	47	35,5	56,85	2,987892	50	61	57	50,7	4,495553	40	55	51,5
L1	0,106429	0,030614	0,08	0,2	0,1	42,5	4,924429	35	53	41	48,8	3,340659	44	55	48,5	37,28571	3,410668	32	44	40,5	54,85714	4,068295	45	61	55	48,35714	5,689679	32	55	48
L2	0,103846	0,03409	0,06	0,2	0,1	43,9	4,253234	38	54	43	49,8	4,749737	42	56	50	43,23077	2,51622	38	48	43	52,69231	3,337079	45	57	53	48,30769	3,728985	44	55	48
L3	0,029	0,003	0,02	0,03	0,03	40,7	7,294518	33	60	39	51,5	5,536244	41	58	53,5	36,9	5,467175	25	45	39	53,8	4,118252	46	60	55	50,6	4,71593	44	58	49
M	0,06	0,01	0,04	0,08	0,06																28,2	1,630951	25	31	28	8,3	2,531798	3	12	9

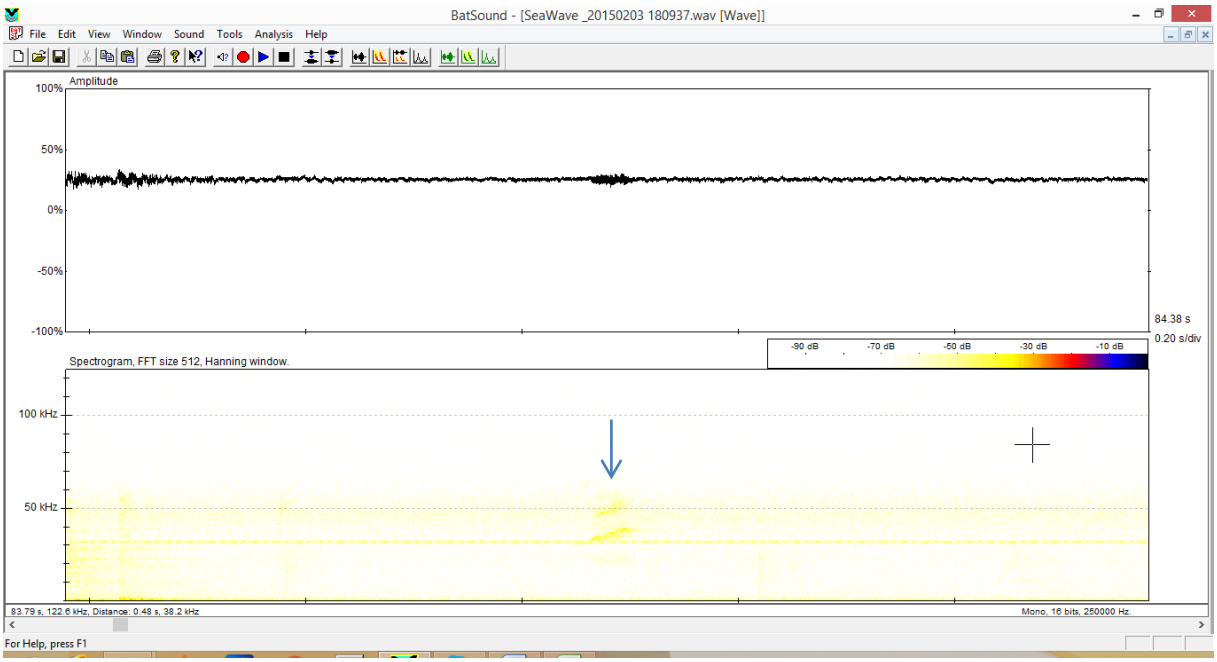
Prilog 2.: Fotografska dokumentacija podtipova signala



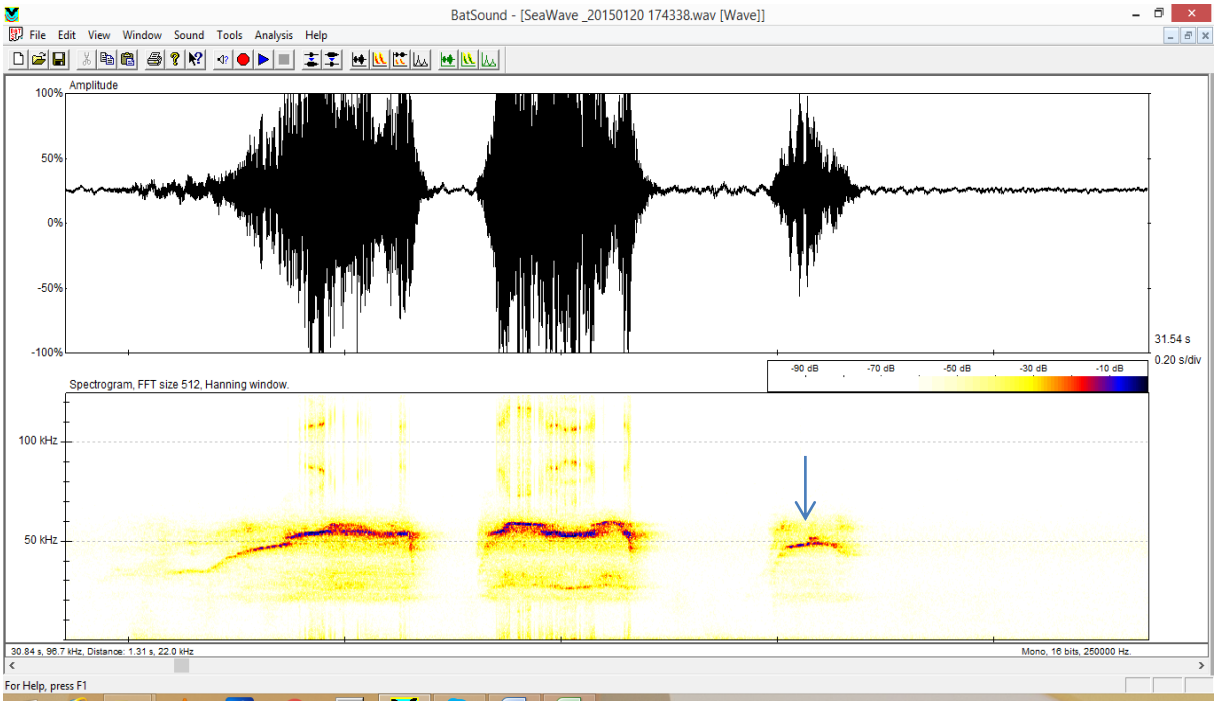
Prilog 2., Slika 1.: Podtip A1 unutar tipa A (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



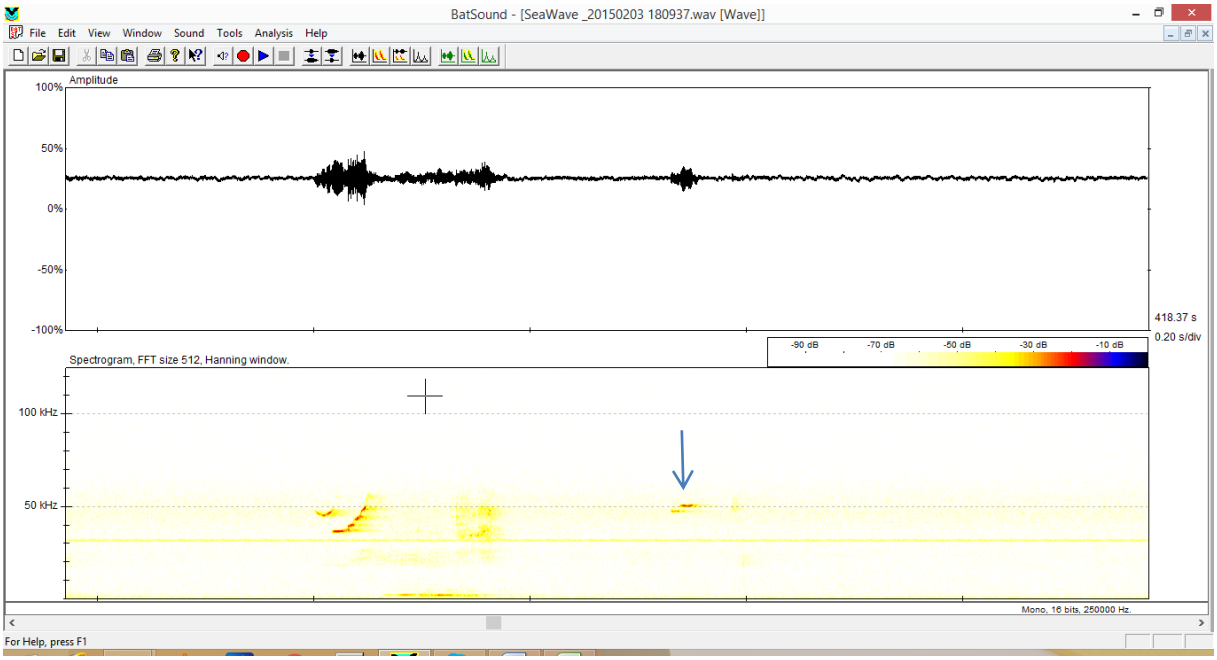
Prilog 2., Slika 2.: Podtip A2 unutar tipa A (označen strelicom).). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



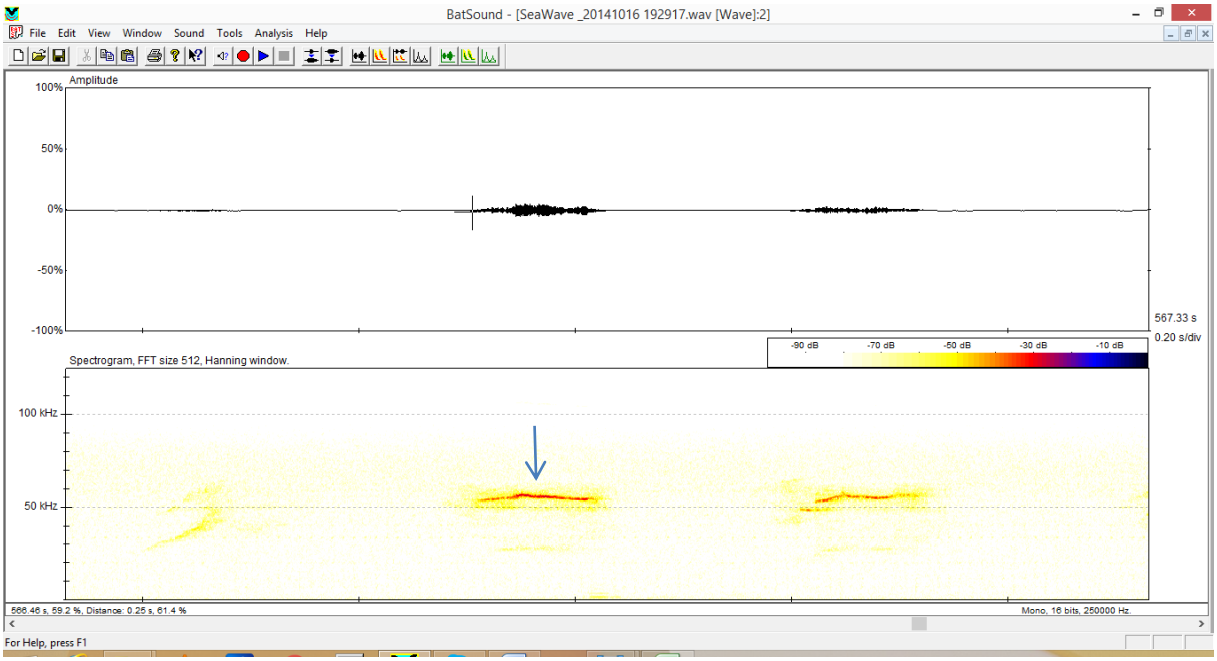
Prilog 2., Slika 3: Podtip L1 unutar tipa L (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



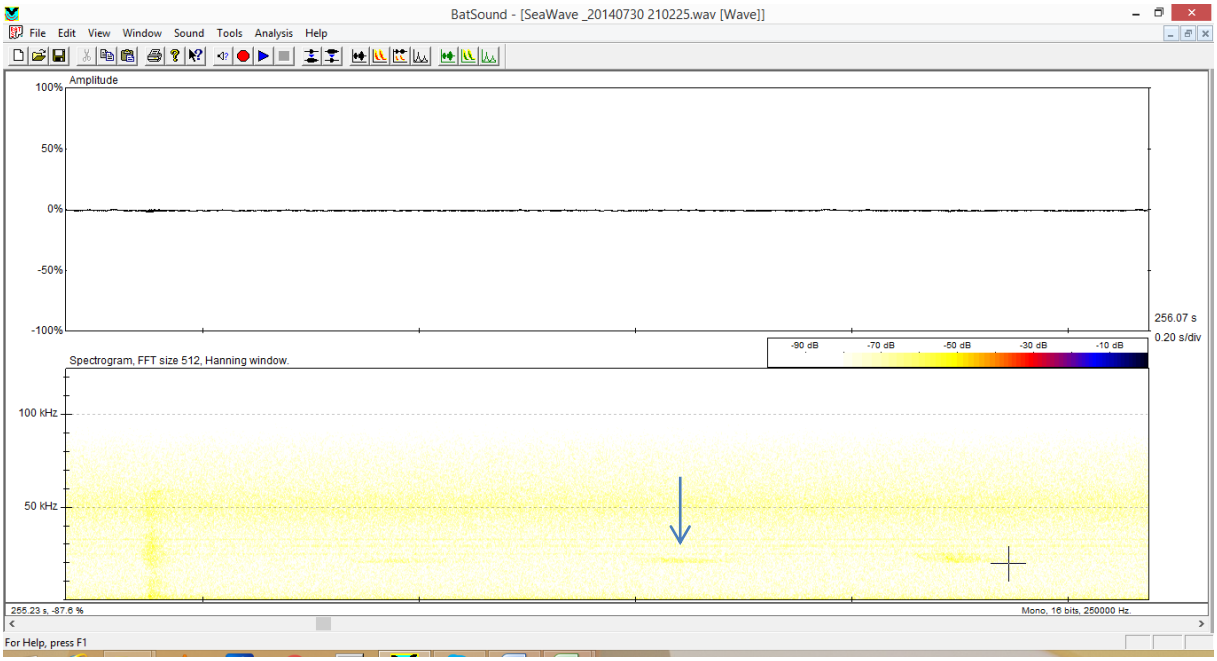
Prilog 2., Slika 4: Podtip L2 unutar tipa L (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



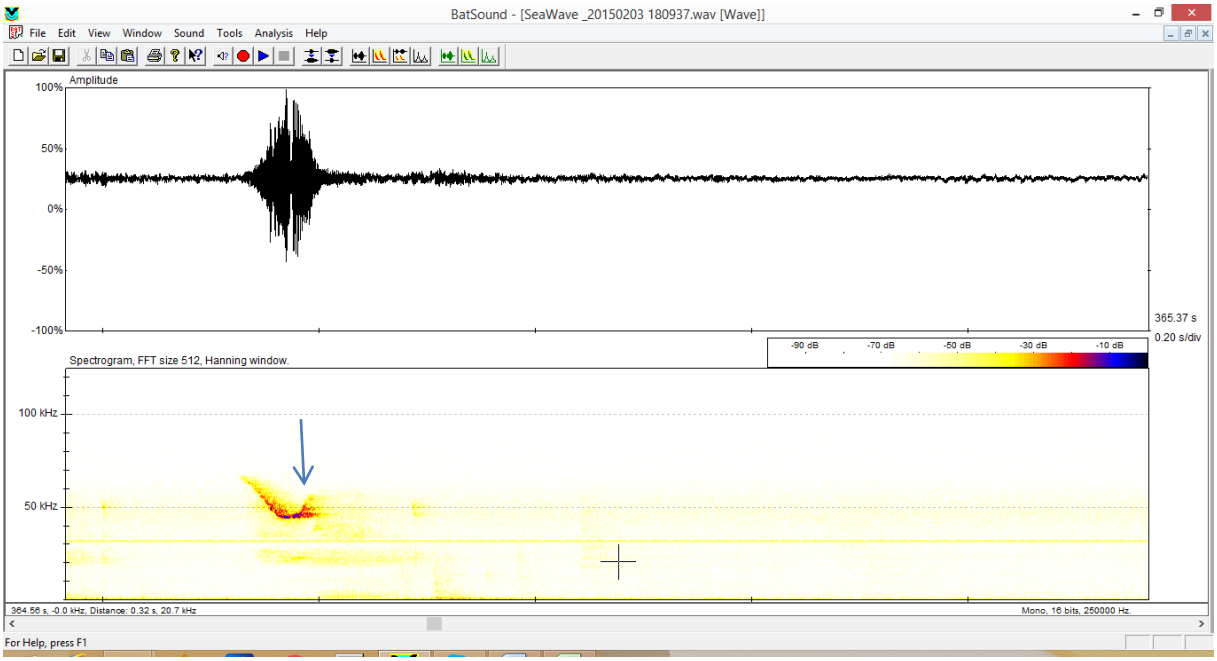
Prilog 2., Slika 5: podtip L3 unutar tipa L (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



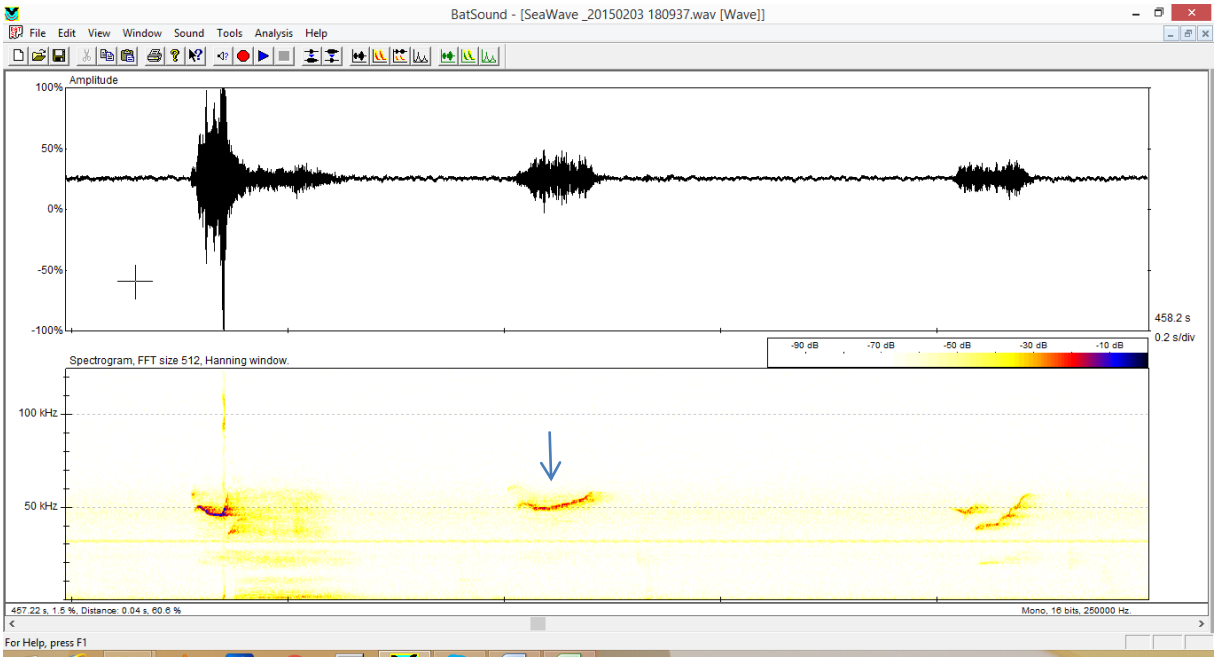
Prilog 2., Slika 6: Podtip D1 unutar tipa D (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



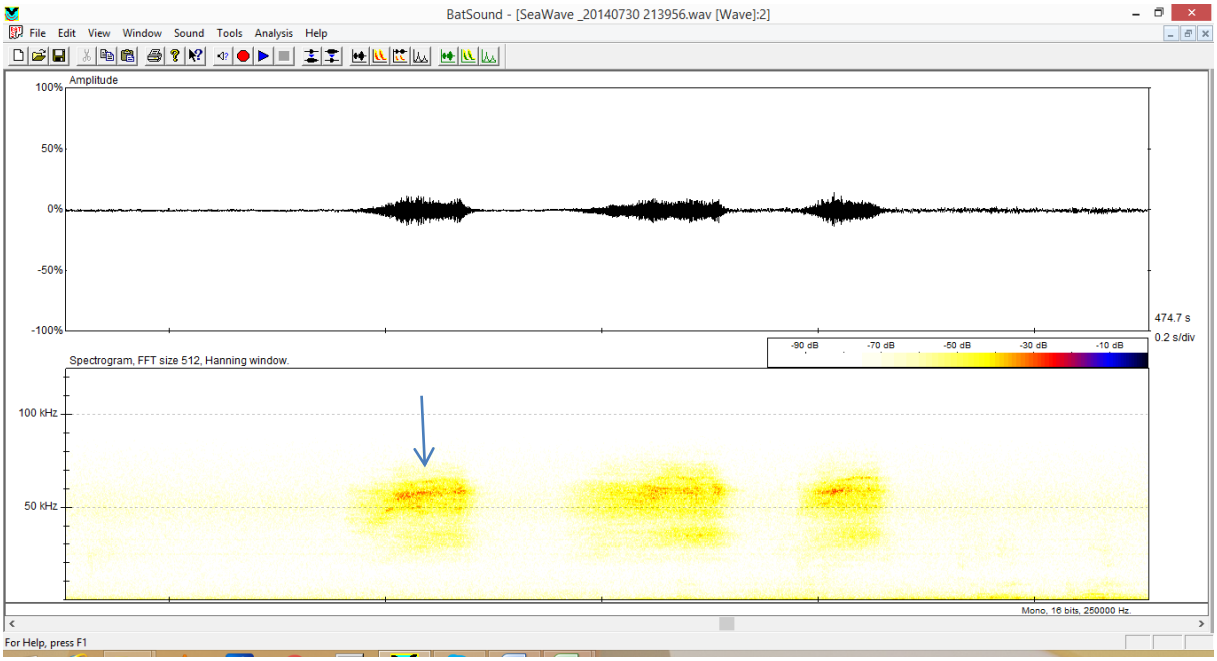
Prilog 2., Slika 7: Podtip D2 unutar tipa D (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



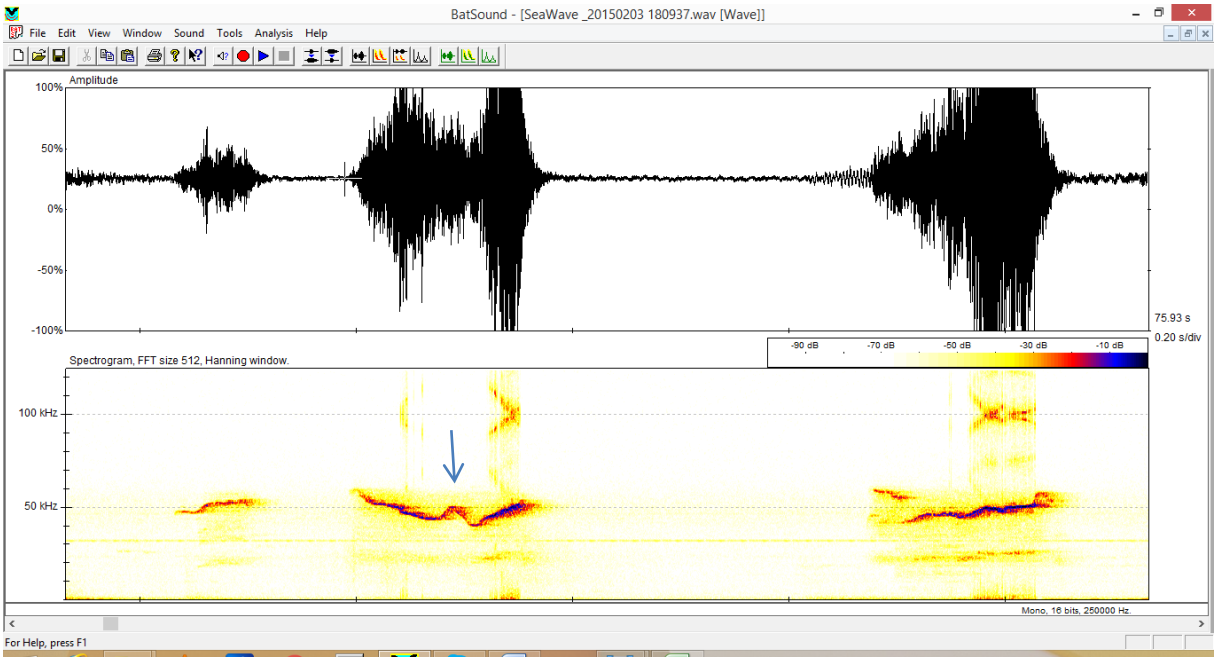
Prilog 2., Slika 8: Tip B (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



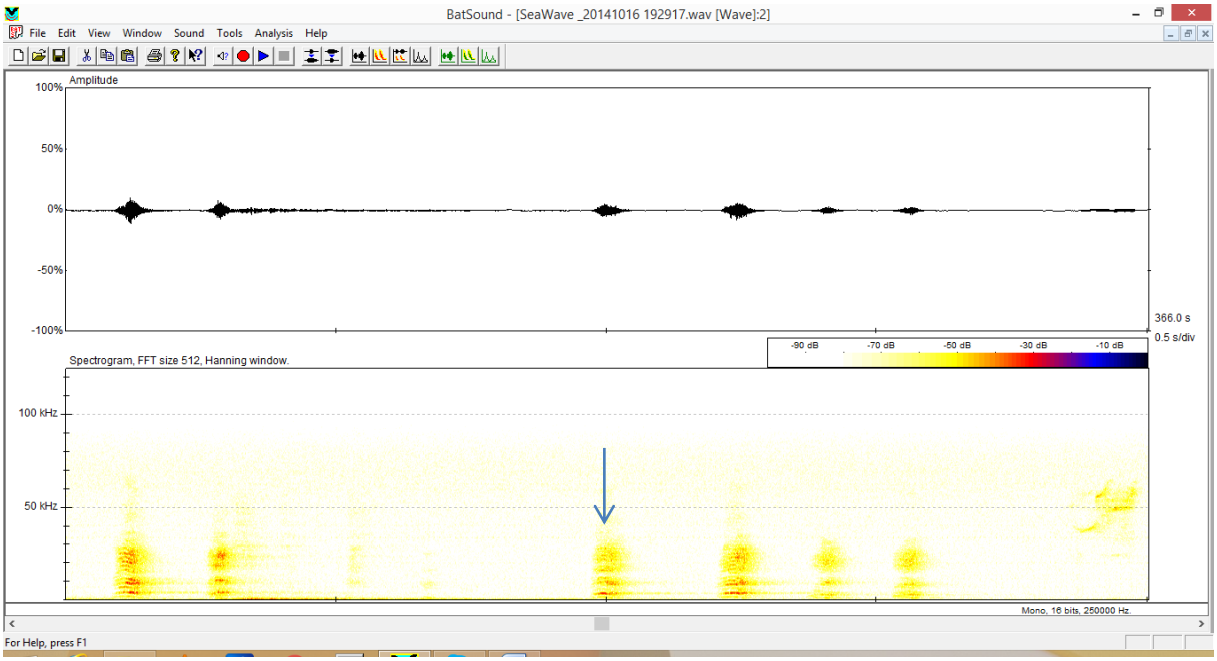
Prilog 2., Slika 9: Tip C (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



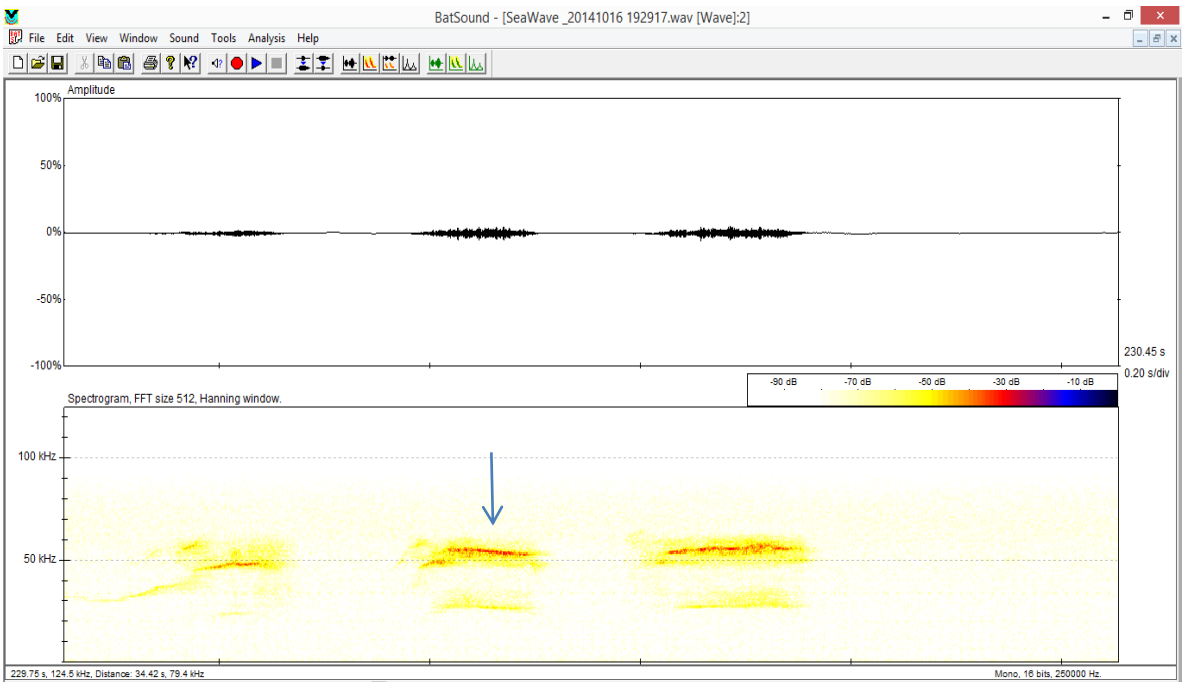
Prilog 2., Slika 10: Tip E (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



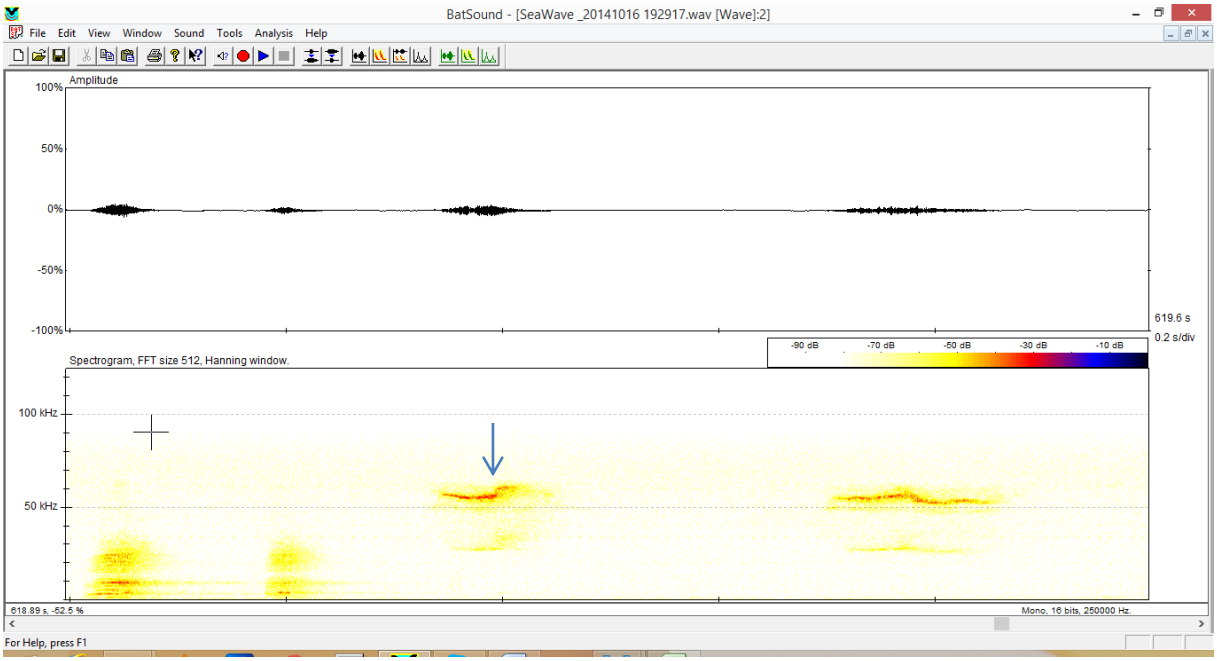
Prilog 2., Slika 11: Tip F (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



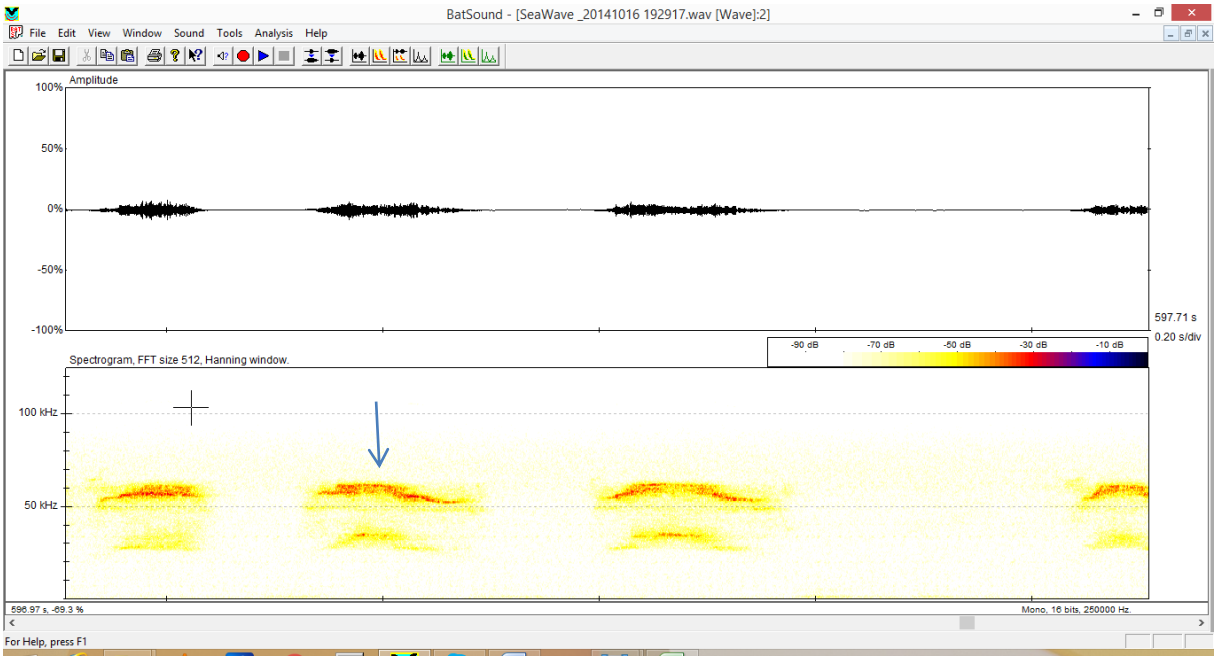
Prilog 2., Slika 12: Tip M (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



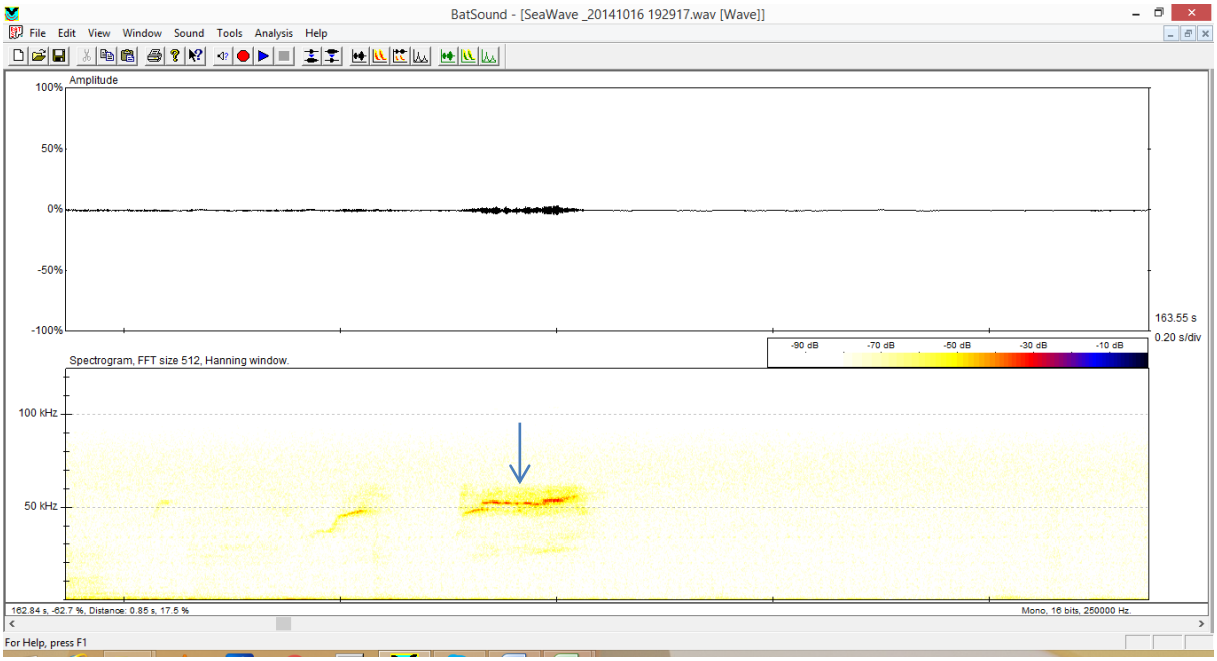
Prilog 2., Slika 13: Podtip G1 unutar tipa G (označen strelicom) Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



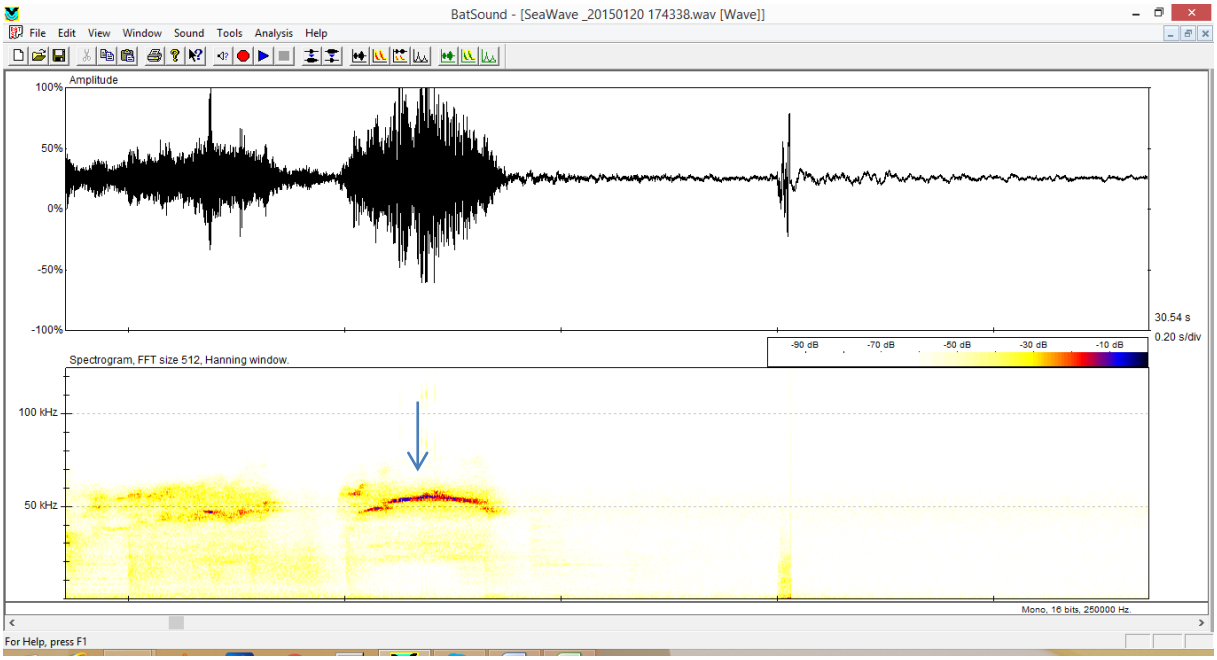
Prilog 2., Slika 14: Podtip G2 unutar tipa G (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



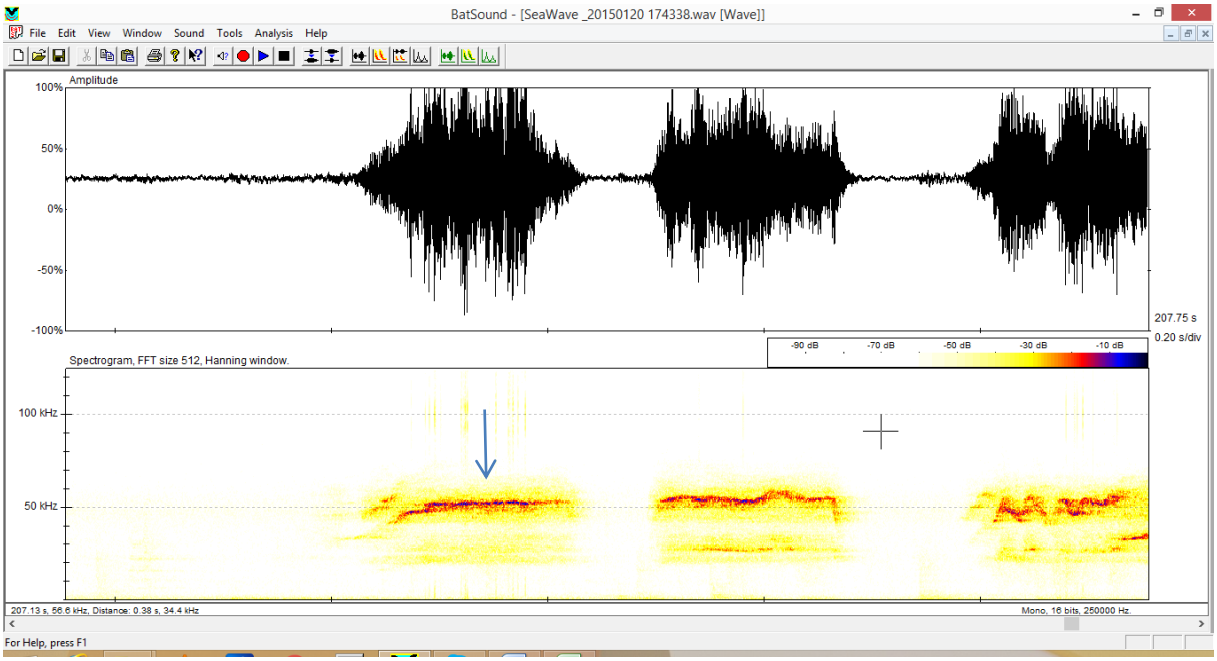
Prilog 2., Slika 15: Podtip G3 unutar tipa G (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



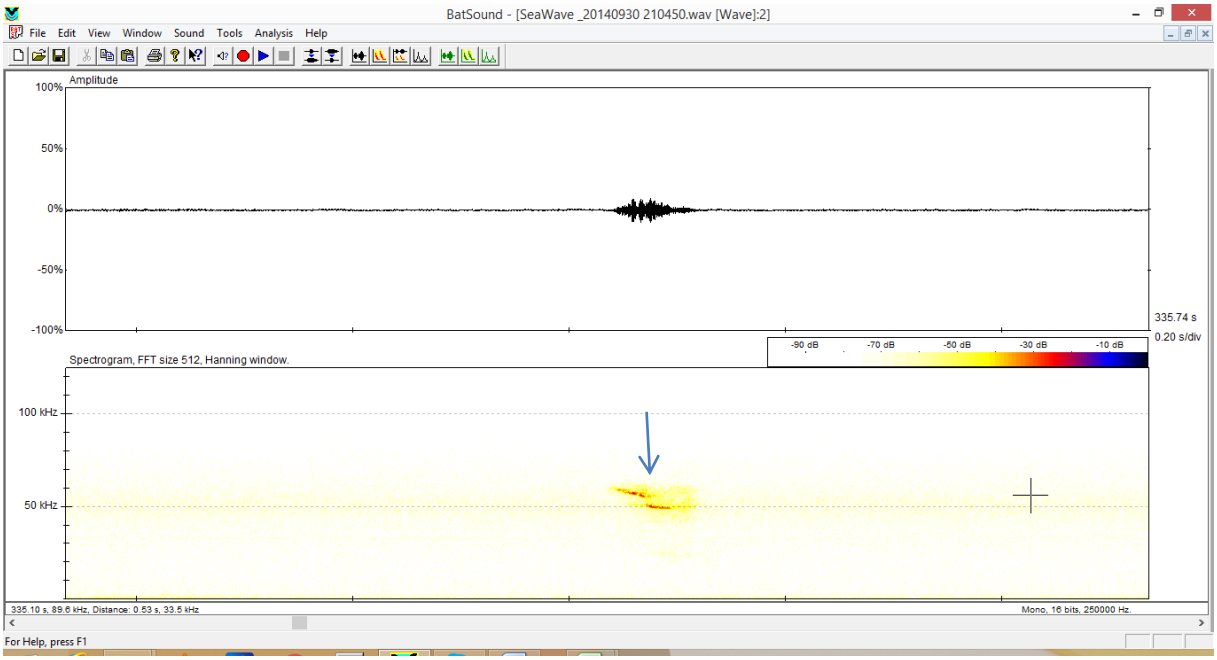
Prilog 2., Slika 16: Podtip G4 unutar tipa G (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



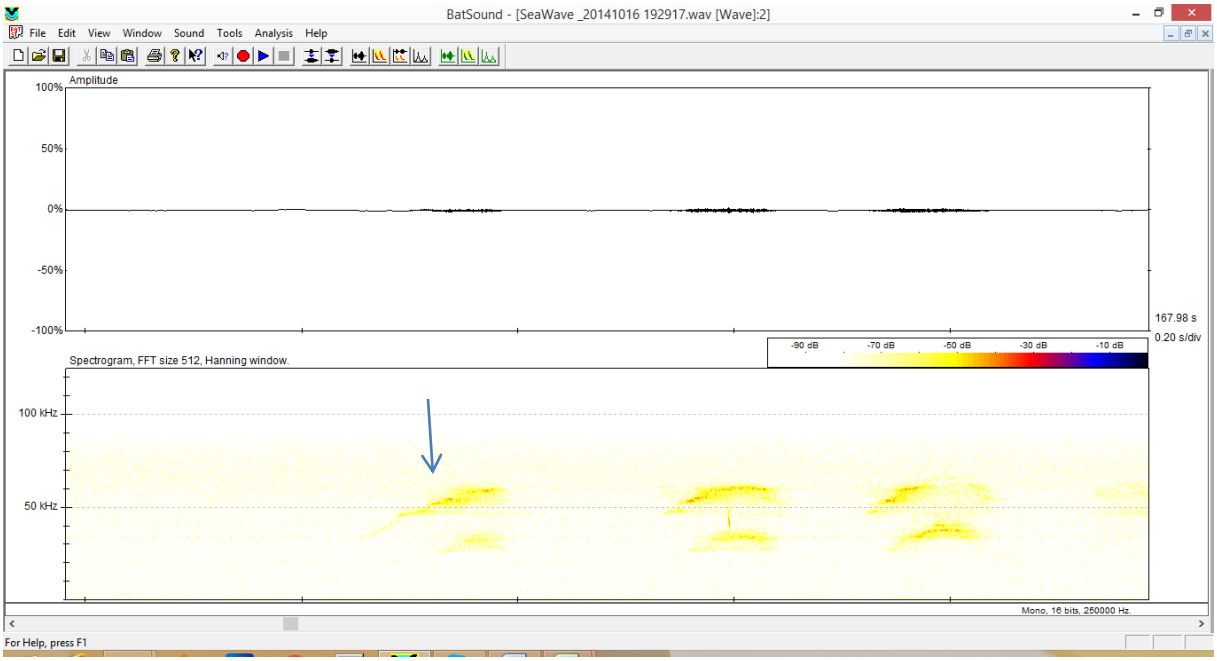
Prilog 2., Slika 17: Podtip G5 unutar tipa G (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



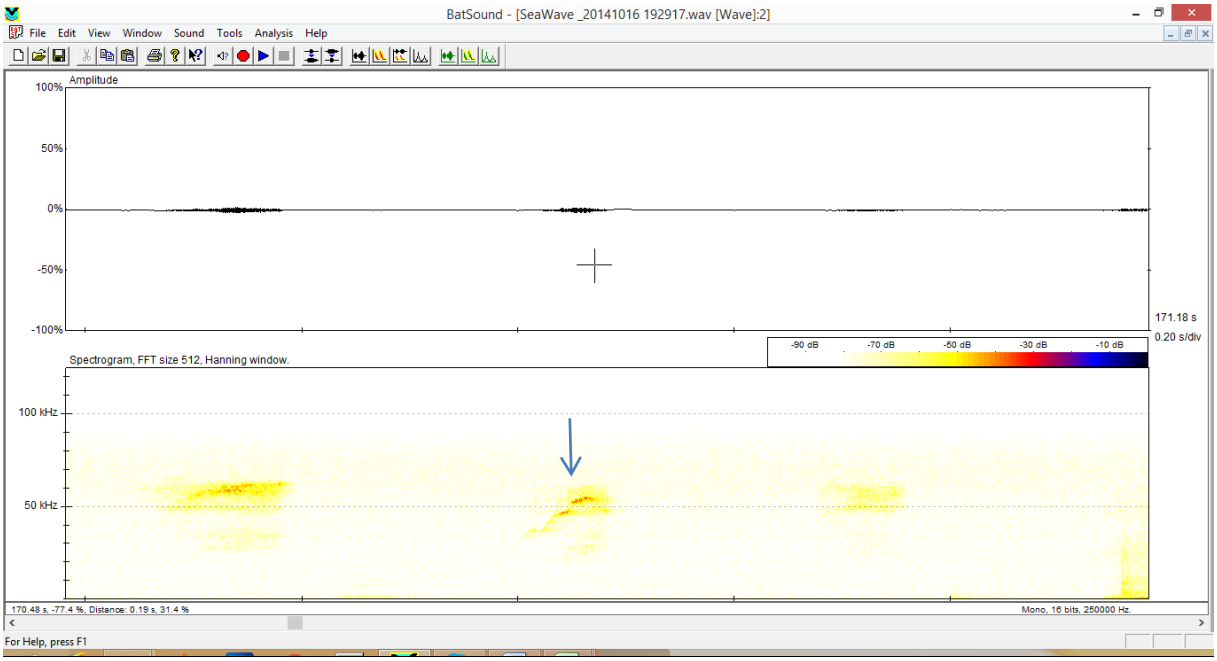
Prilog 2., Slika 18: Podtip G6 unutar tipa G (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



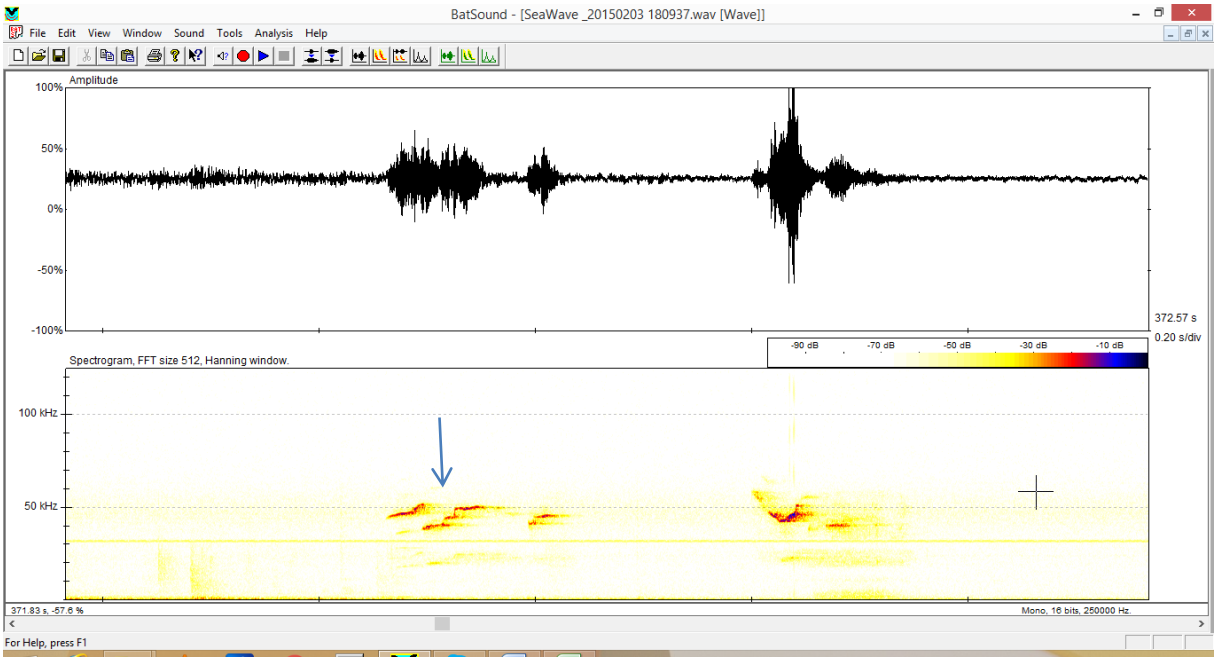
Prilog 2., Slika 19: Podtip H1 unutar tipa H (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



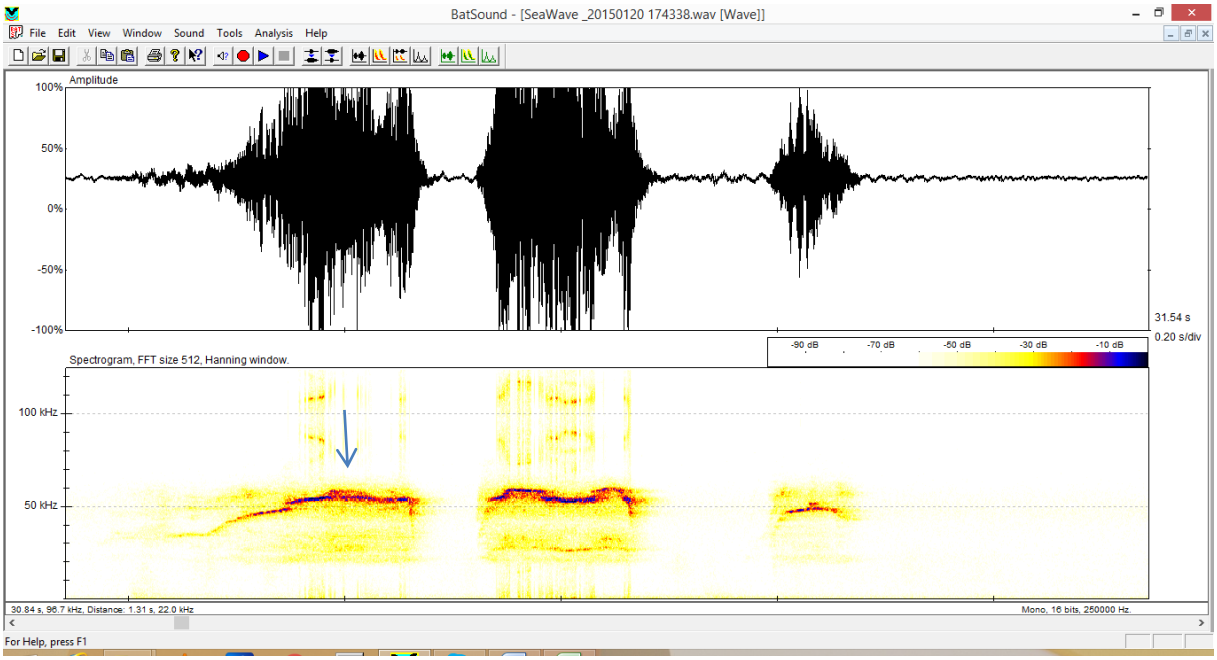
Prilog 2., Slika 20: Podtip H2 unutar tipa H (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



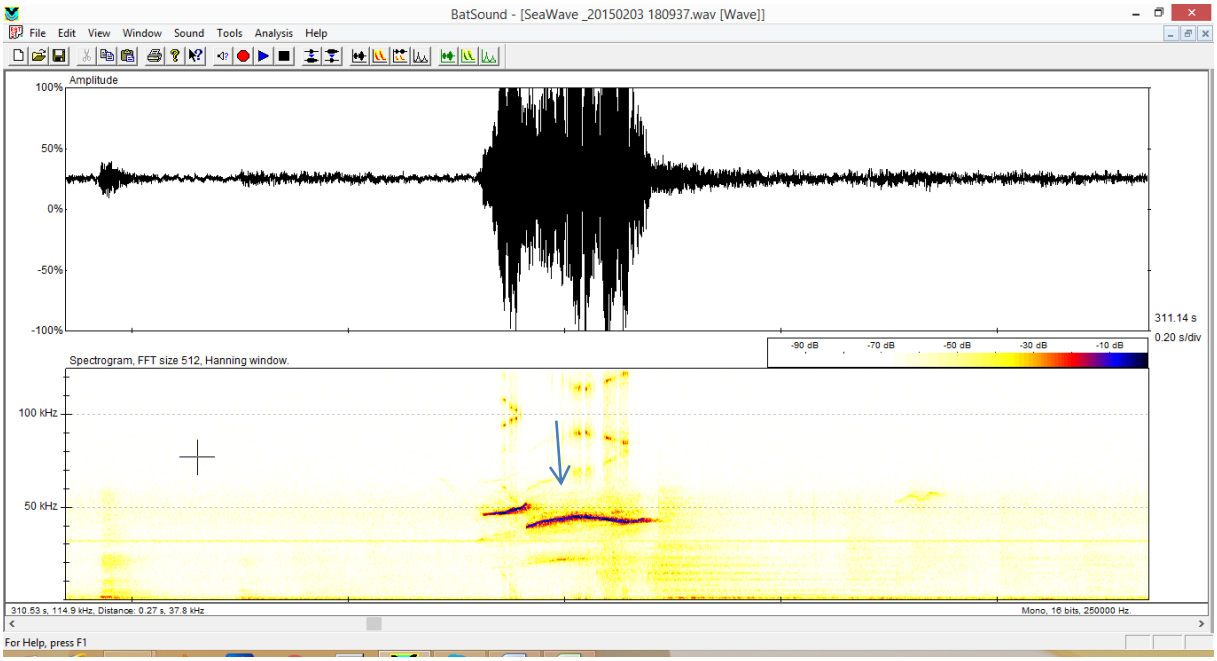
Prilog 2., Slika 21: Podtip H3 unutar tipa H (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



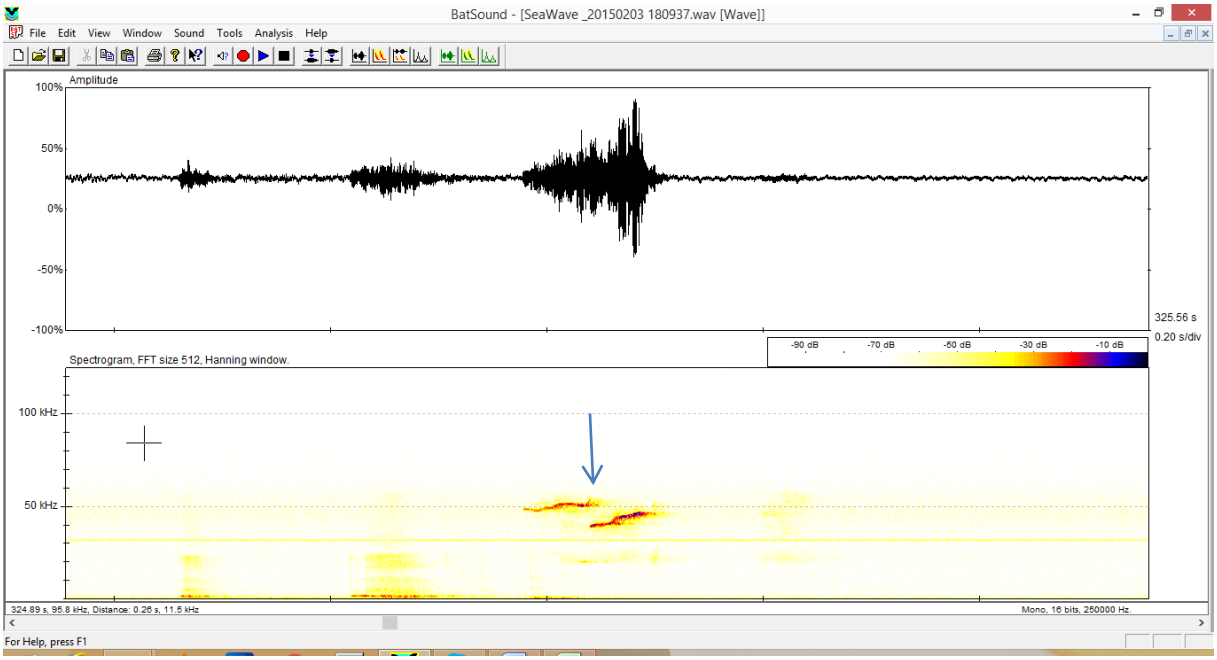
Prilog 2., Slika 22: Podtip H4 unutar tipa H (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



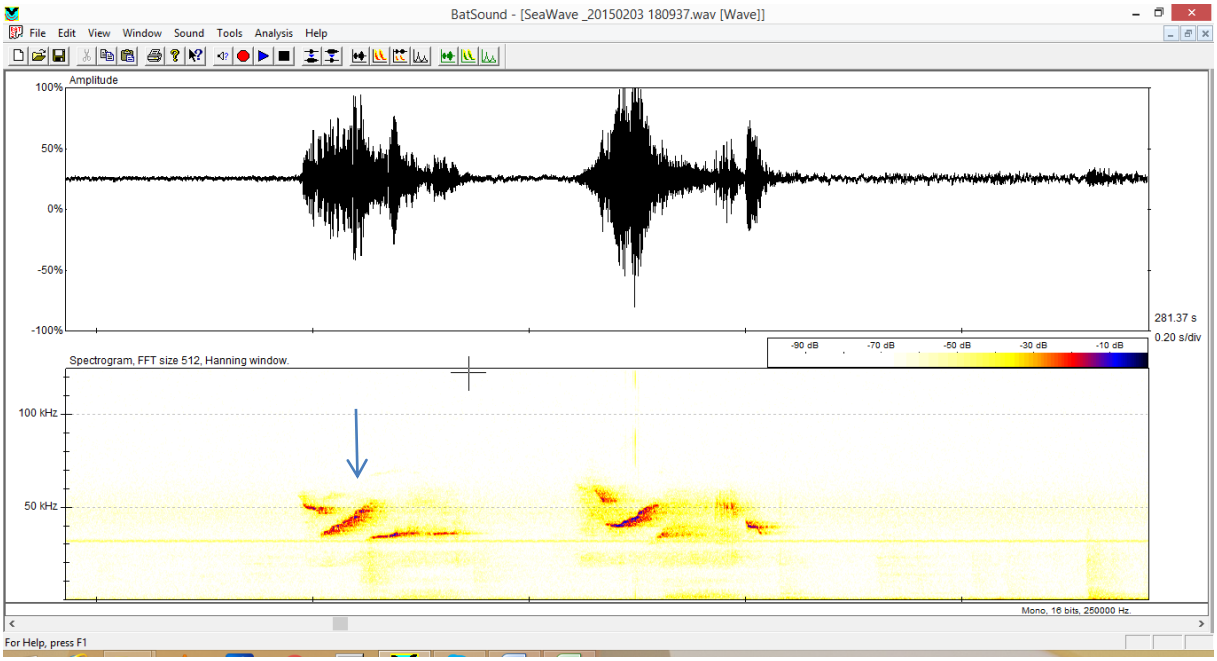
Prilog 2., Slika 23: Podtip H5 unutar tipa H (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



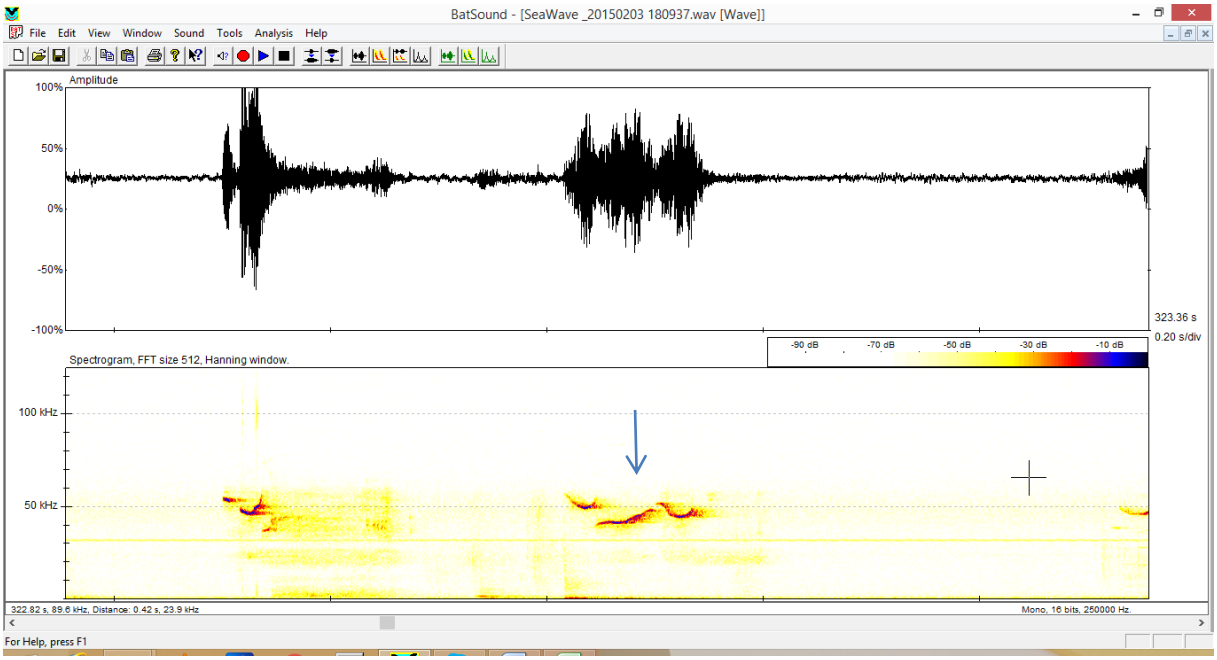
Prilog 2., Slika 24: Podtip I1 unutar tipa I (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



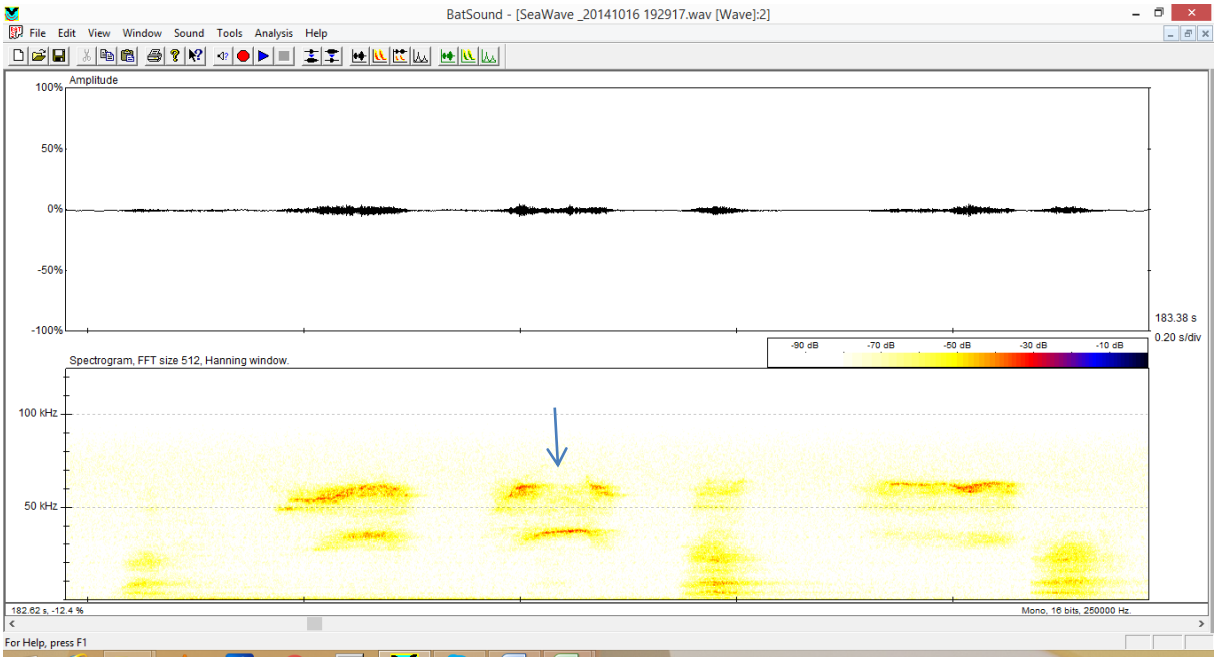
Prilog 2., Slika 25: Podtip I2 unutar tipa I (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



Prilog 2., Slika 26: Podtip I3 unutar tipa I (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



Prilog 2., Slika 27: Podtip I4 unutar tipa I (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)



Prilog 2., Slika 28: Podtip I5 unutar tipa I (označen strelicom). Gornji prikaz predstavlja oscilogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-postotak oscilacije),a donji spektogram (x-os-vremensko trajanje, y-os-frekvencija)