

# Komunikacija kod reda Cetacea

---

**Filipović, Gracija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:283752>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-10**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Gracija Filipović

## **Komunikacija kod reda Cetacea**

Završni rad

Zagreb, 2024.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Gracija Filipović

**Communication within the order Cetacea**

Bachelor thesis

Zagreb, 2024.

Ovaj završni rad je izrađen u sklopu studijskog programa Biologija na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom prof. dr. sc. Petra Kružića.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Završni rad

## Komunikacija kod reda Cetacea

Gracija Filipović

Rooseveltove trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Pripadnici reda kitova (lat. Cetacea) su socijalna bića koja često žive u grupama te su usavršili komunikaciju izrazito kompleksnim sustavima o kojima je i dalje malo toga poznato. Dosad je najbolje proučavana akustična komunikacija u koju spadaju zvukovi različitih frekvencija poput vokalizacije, zvižduka ili klikova koji su drugačiji za svaku vrstu ili određenu populaciju te vremenom pokazuju usklađene promjene. Nešto manje proučavani, a jednako bitni, su pokreti i radnje koji ne spadaju u akustičnu komunikaciju, ali igraju ulogu u koordinaciji grupe, prepoznavanju individualnih jedinki i izražavanju agresije, uzbuđenja ili radoznalosti. Mnogo toga ostaje nepoznato, a najnovija istraživanja pokušavaju razviti metode detektiranja i shvaćanja sustava komunikacije bez ugrožavanja postojećih populacija.

Ključne riječi: Mysticeti, Odontoceti, vokalizacija, frekvencije, prilagodba

(17 stranica, 8 slika, 23 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: prof.dr.sc. Petar Kružić

# BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Bachelor thesis

## Communication within the order Cetacea

Gracija Filipović

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Members of the cetacean order are social beings that often live in groups and have perfected communicating with complex sequences about which much is still unknown. Acoustic communication, which includes sounds of different frequencies such as vocalizations, whistles or clicks, which are different for each species or a certain population and show coordinated changes over time, has been the best studied so far. Somewhat less studied, but equally important, is non-acoustic communication which plays a role in group coordination, recognition of individuals and expression of aggression, excitement or curiosity. Much remains unknown, and the latest research attempts to develop methods of detecting and understanding communication systems without endangering existing populations.

Keywords: Mysticeti, Odontoceti, vocalization, frequencies, adaptation

(17 pages, 8 figures, 23 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: prof.dr.sc. Petar Kružić

## **SADRŽAJ**

<b>1. Uvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Akustična komunikacija.....</b>	<b>2</b>
2.1 Kitovi zubani .....	3
2.2 Kitovi usani .....	7
<b>3. Ostali načini komunikacije.....</b>	<b>10</b>
3.1 Vizualna komunikacija.....	10
3.2 Površinske radnje.....	11
3. Komunikacija dodirom i ispuštanje mjehurića.....	12
<b>4. Zaključak.....</b>	<b>14</b>
<b>5. Literatura.....</b>	<b>15</b>
<b>6. Životopis.....</b>	<b>17</b>

## 1. UVOD

Kitovi (lat. Cetacea), red sisavaca koji čine izrazito inteligentna i socijalna bića, komuniciraju složenim sustavima od kojih mnogi prelaze granice ljudskog razumijevanja. U potpunosti su prilagođeni životu u vodi, a danas živeći kitovi dijele se na dva podreda; Mysticeti (kitovi usani) i Odontoceti (kitovi zubani). Ove dvije skupine razlikuje niz karakteristika, a određena varijabilnost postoji i unutar samih skupina. Kitovi zubani imaju zube u čeljusti i jedan nosni otvor dok kitovi usani za hranjenje umjesto zubi imaju rožnate tvorevine koje se nazivaju usi, dva nosna otvora te su kod ove skupine češće migracije. S obzirom na to da imaju veliki i složeni mozak koji, trošeći velike količine energije, omogućuje pohranu i procesuiranje informacija, nije ni čudo što su kitovi razvili kompleksne načine komuniciranja u vodi i izvan nje. Također, mnoge vrste žive u izrazito složenim i strukturiranim grupama u kojima je učinkovita komunikacija potrebna za usklađivanje grupnih radnji, ali i međusobno prepoznavanje jedinki. Najbolje proučavan oblik komunikacije je akustična komunikacija. Kitovi imaju sposobnost proizvodnja različitih zvukova koji se usmjeravaju u melon, organ od masnog tkiva koji odašilje te zvukove prema određenom predmetu i na taj način analiziraju okolinu i druge organizme oko sebe. Vokalizacija, melodične pjesme mužjaka grbavog kita (*Megaptera novaeangliae*) tijekom sezone parenja, klikovi i zvižduci kitova zubana samo su neki od primjera akustične komunikacije o kojoj će biti više riječ u ovom radu. Osim vokalizacijom, u interakcijama se često koriste i pokretima tijela, lupanjem repom i izranjanjem iz vode, a ovakvi postupci vežu se za dokazivanje društvene hijerarhije, zauzimanje teritorija ili kao signalizacija jednog predstavnika jatu da prijete određena opasnost.



## 2. AKUSTIČNA KOMUNIKACIJA

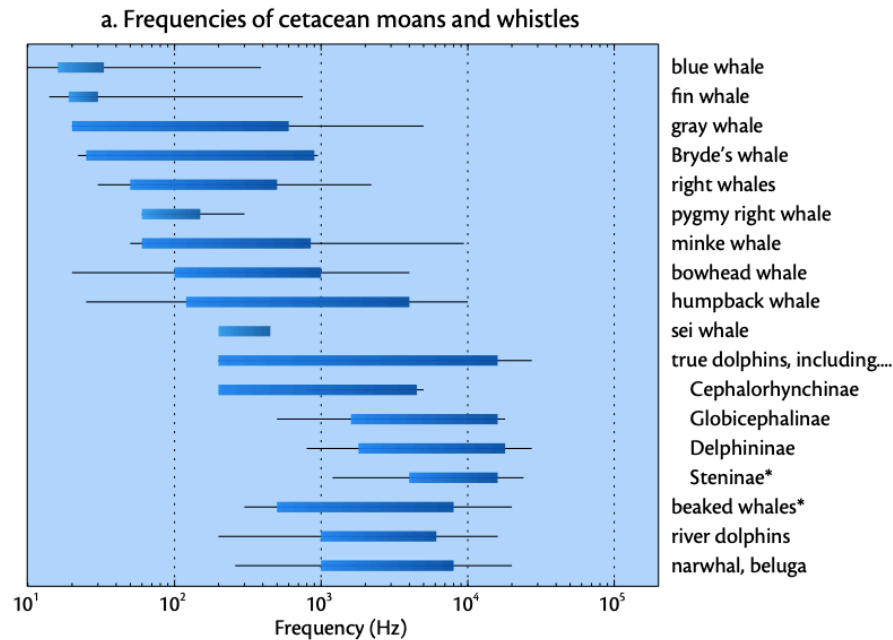
Promatrajući njihovu izraženu socijalnu inteligenciju te organizaciju i kompleksnost njihovih zajednica i pomno usavršenih društvenih radnji, sasvim je jasno da je komunikacija vrlo važan aspekt kod pripadnika reda Cetacea. Kitovi su socijalna bića te veliki dio njih živi u pomno organiziranim grupama, koje se kod nekih vrsta nazivaju još i škole, a koje pokazuju visoki stupanj organizacije po pitanju uloga i hijerarhije svake jedinke unutar skupine i koordinacije grupnih aktivnosti. Općenito, malo se zna o akustičnoj komunikaciji kod kitova. Red Cetacea obuhvaća vrste koje se međusobno jako razlikuju u socijalnim ponašanjima, vrstama zajednica, načinom hranjenja, anatomijom i mnogim drugim parametrima te su svi ti faktori popraćeni i drugačijim prilagodbama u načinu komunikacije.

Kitovi zvuk, koji putuje brže kroz vodu nego kroz zrak, proizvode vibriranjem tkiva koje okružuje nosni otvor tako što kroz njega potiskuju zrak pod tlakom. Komuniciraju vokalizacijom različitih frekvencija, a neki od zvukova koji su najviše zabilježavani i promatrani su zvižduci, klikovi, pjesme i kontaktni pozivi o kojima će više biti riječ u sljedećim poglavljima.

Generalno, postoji dosta razlika u načinu komuniciranja između kitova zubana i kitova usana, ali vokalizacija se može podijeliti na zvukove za individualno prepoznavanje (npr. dobri dupini), za komunikaciju unutar grupe (npr. kitovi ubojice) ili zvukove jedinki koje ne žive nužno u organiziranim grupama, ali imaju doticaj s populacijom za vrijeme hranjenja, migracija ili parenja (npr. pjesma grbavog kita). Većina se kitova za orijentaciju i navigaciju u vodi služi nekim oblikom eholokacije no pretpostavlja se da ima ulogu i u komunikaciji (Gregg i sur. 2007). Također, još jedan zanimljiv aspekt koji je opisan detaljnije u sljedećim poglavljima je iznimna sposobnost prilagodbe, bilo na antropogene ili okolišne uvjete, te su mnoga istraživanja zabilježila promjene u vokalizaciji cijele populacije u izrazito kratkom periodu.

Većina recentnijih istraživanja fokusira se na takozvanu PAM metodu (eng. *passive acoustic monitoring*) koja mjeri zvukove različitih frekvencija i daje podatke o bioakustici, a pritom ne ometa ili ugrožava proučavane jedinke. Ovakva metoda je odlična za opisivanje parametara različitih zvukova koje kitovi proizvode te je u tom području saznanja o komunikaciji napravljen veliki napredak. Ipak veliki dio ostaje nerazriješen, pogotovo o funkcijama različiti-

tih zvukova jer, iako PAM metoda daje dostojne opise tonova, često ne znamo u kojem su kontekstu oni proizvedeni, kakva je bila povratna informacija, koje su specifičnosti jedinke koja ih je proizvodi itd.



Slika 1. Poznate frekvencije različitih vrsta kitova. Deblja linija prikazuje doseg, a tanja najvišu zabilježenu frekvenciju. Kod nekih vrsta nije zabilježena najviša frekvencija zbog nedostataka opreme (\*). Slika je preuzeta iz rada Mellinger i sur. (2007).

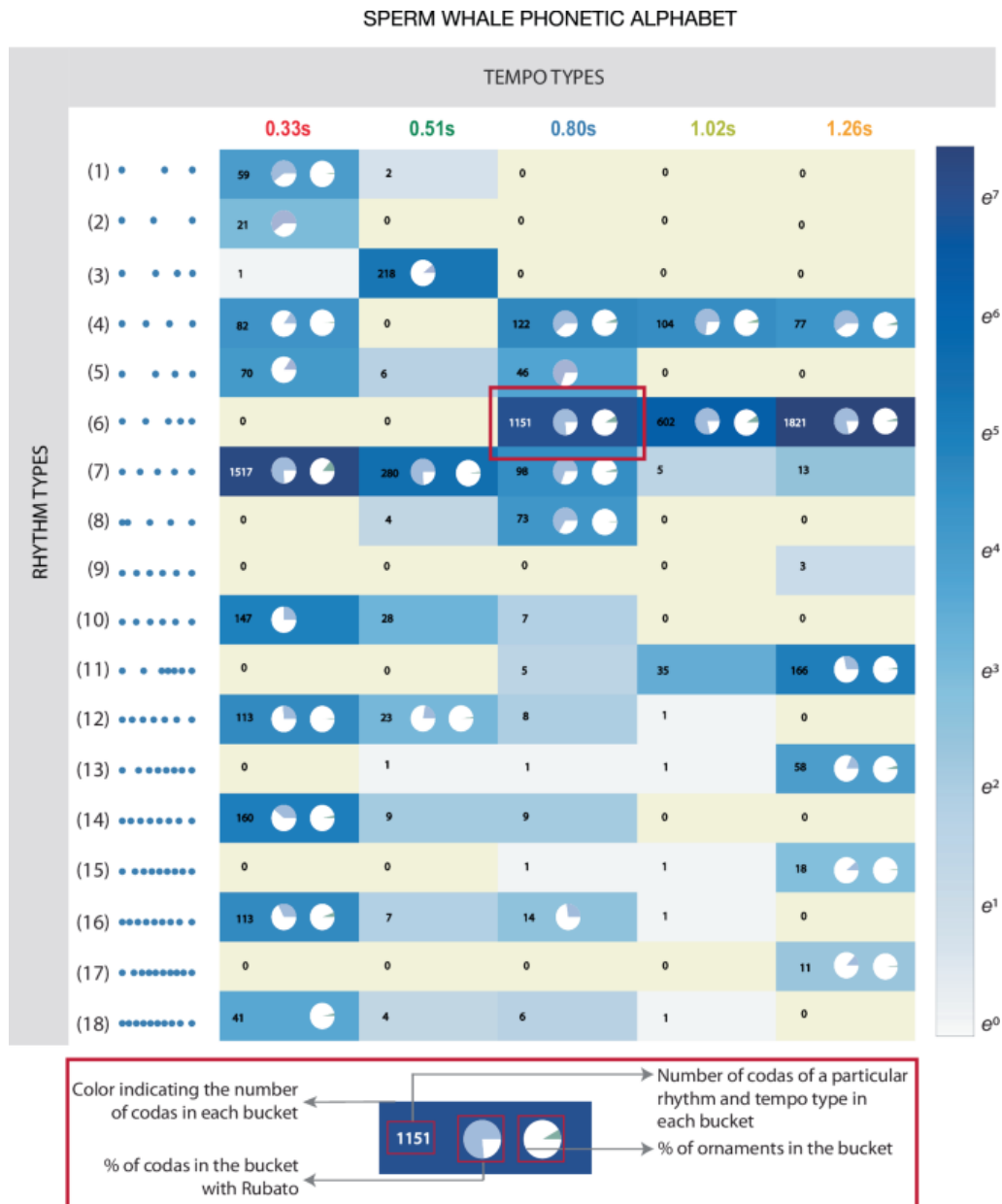
## 2.1 KITOVI ZUBANI

Kitove zubane, osim posjedovanja zubi u čeljusti i jednog nosnog otvora, karakterizira i sposobnost eholokacije. Svi se kitovi zubani služe nekim oblikom eholokacije te, iako je poznato da primarno služi za orijentaciju i navigaciju u vodi, pokazano je da kod nekih vrsta eholokacija ima i važnu funkciju u komuniciranju (Gregg i sur. 2007).

Najveći od kitova zubana, kitovi ulješure (*Physeter macrocephalus*) proizvode klikove koji im služe za eholokaciju i komunikaciju. Takvi klikovi, koji se kod ulješura još nazivaju i kode, glavni su način komunikacije i zabilježeno je da ih individualne jedinke proizvode za vrijeme socijalizacije na površini, ali također su specifični i za cijele grupe te različite popu-

lacije imaju različite dijalekte (Madsen i sur. 2002). Najnovija istraživanja pokazuju da su kode puno kompleksnije i strukturiranije nego što se to prije mislilo.

Sharma i sur. (2024) opisuju kode kao svojevrsnu abecedu kojom se ulješure služe za komunikaciju i usklađivanje grupnih aktivnosti poput izlaženja na površinu ili dubinskih zarona. Ulješure proizvode i spore klikove niže frekvencije koji se mogu detektirati i na udaljenosti do 60 km, a smatra se da igraju ulogu u uspostavljanju dominacije kod mužjaka za vrijeme



Slika 2. Sharma i sur. (2024) predlažu vizualizaciju fonetske abecede za ulješure. Na okomitoj osi prikazane su vrste tempa, a na horizontalnoj vrste ritma. Boja kućice ukazuje na broj ponavljanja kombinacija ritam-tempo te je zaključeno da postoji barem 143 različite kombinacije kojima komuniciraju.

sezona parenja, ali vjerojatno imaju i druge funkcije s obzirom da su zabilježeni i za vrijeme hranjenja.

U porodicu Delphinidae spadaju dvije vrste čija je komunikacija dosta proučavana tijekom povijesti; dobri dupin (*Tursiops truncatus*) i kit ubojica (*Orcinus orca*). Pripadnici ove porodice proizvode tri karakteristične vrste zvukova: zvižduke, klikove i zvukove koji ljudima zvuče kao vrištanje ili škripanje (Riesch i Deecke 2011). Zvukove proizvode potiskivanjem zraka pod tlakom kroz specijaliziran aparat u nosnom otvoru. Klikovi viših frekvencija uglavnom služe za eholokaciju no pretpostavlja se da služe i u komunikaciji jer jedinke imaju sposobnost prepoznavanja klikova drugih individualaca. Neke vrste zvižduka kod dobrog dupina su individualno prepoznatljive što znači da ih koriste za prepoznavanje jedinki koje su izolirane iz grupe ili kako bi održali strukturu grupe za vrijeme plivanja. Zvižduci se međusobno razlikuju u sekvencama različitih frekvencija koje jedinke izmisle ili nauče kroz odrastanje (Sayigh i Janik 2010). Također je pokazano da mogu kopirati tuđe zvižduke, kao oblik učenja novih, ali s dovoljno varijacija tako da i dalje služe svrsi individualnog prepoznavanja (King i sur. 2013).

Komunikacija kod kitova ubojica je specifična i prilagođena njihovom načinu života u visoko organiziranim i strukturiranim grupama, a ova vrsta kitova pokazuje izrazito zanimljiva kulturnološka ponašanja koja se prenose s generacije na generaciju uključujući posebno naučene vrste vokalizacije i usavršene tehnike lova koje ih čine vrsnim predatorima i stavljaju na vrh hranidbenog lanca. Proizvode posebne zvukove koji su specifični za grupe te su način prepoznavanja jedinki unutar iste populacije i koordinacije grupnih aktivnosti. Nijedna populacija nema isti dijalekt, ali neke populacije imaju dosta sličnih elemenata što je moguć pokazatelj interakcije među različitim grupama koje se nekad spajaju u takozvane klanove. Geografski odvojene skupine imaju skroz različite dijalekte, a slično kao i kod kitova usana, njihova je vokalizacija podložna promjenama tijekom vremena. Za komunikaciju unutar grupe, na manjim udaljenostima, služe se zvižducima frekvencija između 0.5 i 40 kHz. Zanimljivo je da se njihovi zvižduci ne prenose daleko u vodi te ih proizvode znatno manje od ostalih kitova zubana, a jedan od predloženih razloga je taj da ih drugi sisavci kojima se hrane ne bi čuli u organiziranim napadima (Riesch i Deecke 2011).



Slika 3. Preuzeto i prilagođeno iz rada Sayigh i Janik (2010). Slika prikazuje komunikaciju jedinki dobrog dupina (*Tursiops truncatus*).

Beluge (*Delphinapterus leucas*) su poznate po svojoj vokalnosti te proizvode zvižduke i serije klikova, a imaju i izrazitu sposobnost učenja i oponašanja vokala koji su slični ljudskima (Sayigh, 2013). Zabilježeni zvižduci se ne mogu staviti u kontekst ponašanja beluga pa se ne zna točna funkcija, ali istraživanja pokazuju da je maksimalna vokalizacija prisutna za vrijeme socijalnih aktivnosti pa se pretpostavlja da zvižduci služe kao emocionalni signali (Panova i sur. 2012). Također proizvode i tonalne zvukove nešto dublje frekvencije koji im vjerojatno služe za komunikaciju s udaljenijim jedinkama ili koordinaciju za vrijeme hranjenja.

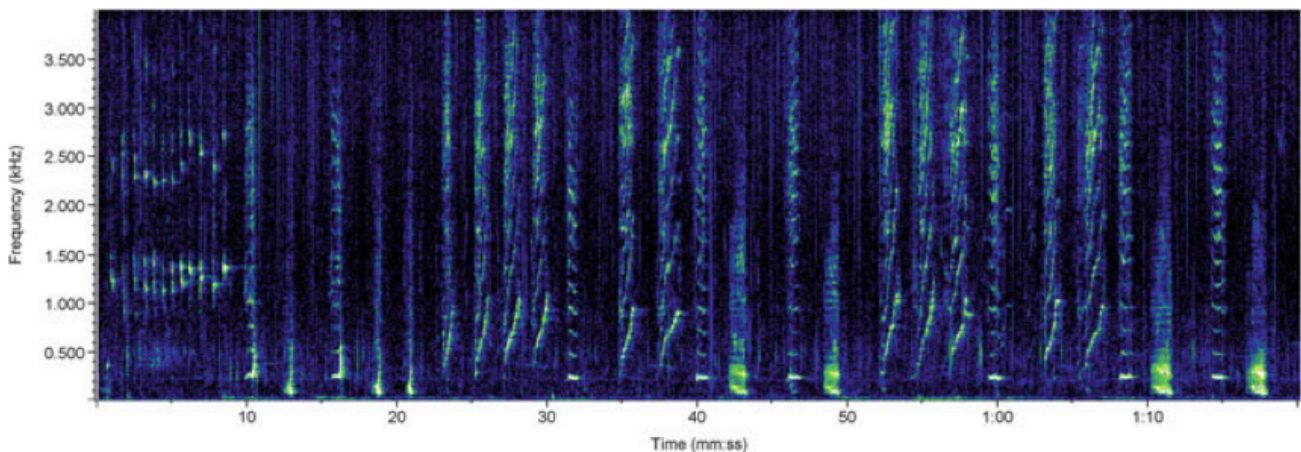
Iz porodice Phocoenidae najbolje je proučavana obalna pliskavica (*Phocoena phocoena*), ali generalno se ne zna puno o komunikacije unutar ove porodice. Koriste klikove visokih frekvencija koji vjerojatno služe i za eholokaciju i za komunikaciju. Ova vrsta nema pretjerano kompleksnu komunikaciju što i ima smisla s obzirom na to da jedinke nise previše socijalne i ne žive u organiziranim grupama kao što je slučaj s nekim drugim vrstama (Sayigh 2013). Također, znanstvenici pretpostavljaju da je njihov način komunikacije klikovima visokih frekvencija koji su dosta tihi evoluirao tako da budu izvan slušnog dosega kitova uboji-

ca koji se njima hrane kao i izvan dosega dobrih dupina s kojima znaju imati okršaje (Madsen i sur. 2005).

## 2.2 KITOVI USANI

Za razliku od kitova zubana, kitovi usani uglavnom proizvode dublje zvukove dužeg trajanja. Jedan od najbolje istraživanih načina komunikacije kod kitova općenito je takozvana pjesma grbavog kita (*Megaptera novaeangliae*) koja može trajati i preko 30 minuta, a riječ je o vrlo kompleksnoj kompoziciji koja je još jedan od pokazatelja izrazite inteligencije ovih životinja. Schreiber (1952) prvi bilježi pjesmu oko otoka Oahu na Havajima, a nakon Drugog svjetskog rata i velikog napretka sonara postaje jasno da veliki dio populacije kitova komunicira vokalizacijom (Payne i McVay 1971). Svaka pjesma sastoji se od ponavljajućih jedinica koje se slažu u fraze, više fraza zatim tvori teme, a više tema jednu pjesmu. Pjesme traju od 7 do 30 minuta te se ponavljaju, a između pjesama nema pauza tako da onda takve kompozicije mogu trajati duge periode, i do 24 sata. Payne i Mcway (1971) spektrografskim analizama pokazuju da se pjesme sastoje od tri glavne sekcije; brzo ponavljajućih sljedova pulsova koji se isprepliću s dužim tonovima, kratkih tonova visokih frekvencija i dubljih tonova koji se ritmično ponavljaju. Sekvence koje se ponavljaju i teme kod individualne jedinice su gotovo identične te svi mužjaci jedne populacije imaju istu pjesmu, s neznatnim varijacijama. Razlike u varijacijama pjesama povećavaju se s geografskom udaljenošću populacija dok skupine koje se nalaze u drugim oceanima proizvode skroz različite pjesme. S obzirom na to da pjesme proizvode većinom samostalni mužjaci za vrijeme sezone parenja pretpostavlja se da je njihova uloga primarno u reprodukciji, bilo u privlačenju ženki ili u kompeticiji s drugim mužjacima, međutim do danas funkcija pjesme nije u potpunosti razriješena te su je znanstvenici bilježili i za vrijeme migracija (Norris i sur. 1999) ili za vrijeme hranjenja u sjeverozapadnom Atlantiku (Stanistreet i sur. 2013). Istraživanja vezana uz funkciju pjesme nailaze na brojne poteškoće od kojih su glavni činjenica da se za pjesme zabilježene sonarima ne zna potječu li od mužjaka ili ženke, a prilaskom populaciji grbavih kitova uglavnom prestaju s pjesmom (Payne i McVay 1971). Izrazito zanimljiv aspekt komunikacije kitova je i činjenica da se tijekom vremena pjesma mijenja i svi mužjaci neke populacije prate promjene što ukazuje na

sposobnost kulturološkog prenošenja vokalnih varijacija na nove generacije. Do nedavno se mislilo da se takve promjene događaju sporo, tijekom višegodišnje prilagodbe na okolinu, no postoje slučajevi koji pokazuju takvu prilagodbu u izrazito kratkom periodu. Noad i sur. (2000) opisuju populaciju grbavih kitova istočne Australije koji su preuzeli pjesmu populacije kitova zapadne Australije u samo dvije godine.



Slika 4. Preuzeto iz rada Sayigh (2013). Slika prikazuje spektrogram isječaka pjesme grbavih kitova zabilježenih kod Australije.

Plavetni kit (*Balaenoptera musculus*) komunicira niskofrekventnom vokalizacijom. Proizvode zvukove organizirane u ponavljajuće sekvence koje mogu trajati 10-20 sekundi, frekvencije manje od 20 Hz. Kao i kod grbavih kitova, postoje brojne teorije o funkciji ovakvog tipa vokalizacije, ali primjećivanjem sekvenca samo kod muških jedinki pretpostavlja se da niskofrekventna vokalizacija ima funkciju u uspostavljanju dominacije kod mužjaka za vrijeme parenja, a moguće je da sekundarno ima ulogu i u ehlokaciji. Diljem svijeta postoji barem 10ak pjesama koje se razlikuju prema geografskoj distribuciji populacije (McDonald i sur. 2006). Kao i kod grbavih kitova, praćene su promjene u pjesmama tijekom vremena te je kod plavetnih kitova primijećeno da imaju stabilnije kompozicije u kojima više desetljeća ne dolazi do promjena, ali se prebacuju na niže frekvencije i to puno sporijim tempom prilagodbe od grbavih kitova (McDonald i sur. 2009).

Ovakvim ponavljajućim niskofrekventnim sekvencama komuniciraju i veliki sjeverni kitovi (*Balaenoptera physalus*). Oni imaju sposobnost komunikacije u rasponu udaljenosti čak i do 90km putem niskofrekventnih zvukova oko 20 Hz. Zabilježeno je da putem takvih sekvenca, koje im služe kao kontakti pozivi, komuniciraju s drugim jedinkama koje mogu biti udaljene i 10km, a s bližim jedinkama komuniciraju putem zvukova nešto viših frekvencija (Watkins 1981).

Nešto slabije proučavani su kljunasti kit (*Balaenoptera acutorostrata*) i Sej kitovi ili Rudolfijevi kitovi (*Balaenoptera borealis*). Kljunasti kitovi proizvode zvukove opadajućih frekvencija od 130 do 60 Hz za koje se vjeruje da služe uspostavi strukture unutar grupe ili kao kontakti pozivi udaljenijim jedinkama (Dominello i Širović 2016). Kod Rudolfijevih kitova su također zabilježene opadajuće frekvencije od 100 do 40 Hz, a najnovija istraživanja pokazuju i mnoge druge vrste komuniciranja poput pjesama u rasponu od 1.0–5.5 kHz što potvrđuje pretpostavku da je korištenje ritmičnih pjesama zajedničko većini pripadnika porodice Balaenopteridae (Cerchio i Weir 2022).

Grenlandski kit (*Balaena mysticetus*) proizvodi kompleksne pjesme, s dvije do šest tema koje mogu trajati satima, a karakteristično je da sve završavaju glasnim zvukovima i da se dva različita zvuka proizvode u isto vrijeme i kombiniraju (Stafford i sur. 2008). Stafford i sur. (2008) opisuju promjene kod pjesama grenlandskih kitova koje su još brže i dinamičnije od promjena kod grbavih kitova te se pjesme mijenjaju svake ili svakih nekoliko godina i sve jedinke te populacije prate promjene. Također se služe vokalizacijom koja im služi kao kontakti poziv kao i kod južnog pravog kita (*Eubalaena australis*) koji proizvodi zvukove frekvencije između 50 i 200 Hz.



### **3. Ostali načini komunikacije**

Iako i o akustičnoj komunikaciji dosta toga ostaje nerazriješeno, dugo se mislilo da je vokalizacija jedini, ili barem glavni način komunikacije kod kitova. Međutim, pripadnici reda Cetacea imaju izrazito razvijen osjetilni sustav te, osim vokalizacijom, komuniciraju i raznim drugim pokretima, površinskim radnjama i naučenim ponašanjima koja se vremenom mijenjaju unutar određene populacije.

#### **3.1. Vizualna komunikacija**

Imaju dobro razvijen vizualni osjetni sustav te često komuniciraju pogledima, a stupanj takve komunikacije ovisi o raznim faktorima, uključujući prozirnost vode, dubinu na kojoj rone, prepoznatljive uzorke obojenja itd. Vrste koje plivaju zajedno održavaju kontakt očima i u vodi i izvan nje kako bi se uspješno sinkronizirali u iskakanju i zajedničkom plivanju. Kod vrsta koje žive u velikim grupama, a pogotovo kod onih koji love zajedno, kontakt očima je izrazito bitan za usavršavanje grupnih aktivnosti. Würsig i sur. (1990) primjećuju da je okretanje glave prema drugoj jedinki za vrijeme plivanja namjerno i najčešće popraćeno s polaganim otvaranjem usta, pokazivanjem zubi i istežanjem tijela kako bi se učinili većima. Takvo ponašanje, kao i kod kitova ubojica kod kojih je čest slučaj pojava crvenih bjeloočnica, ukazuje na stanje agresivnosti, najčešće za vrijeme nadmetanja kod mužjaka (Pryor 1990).

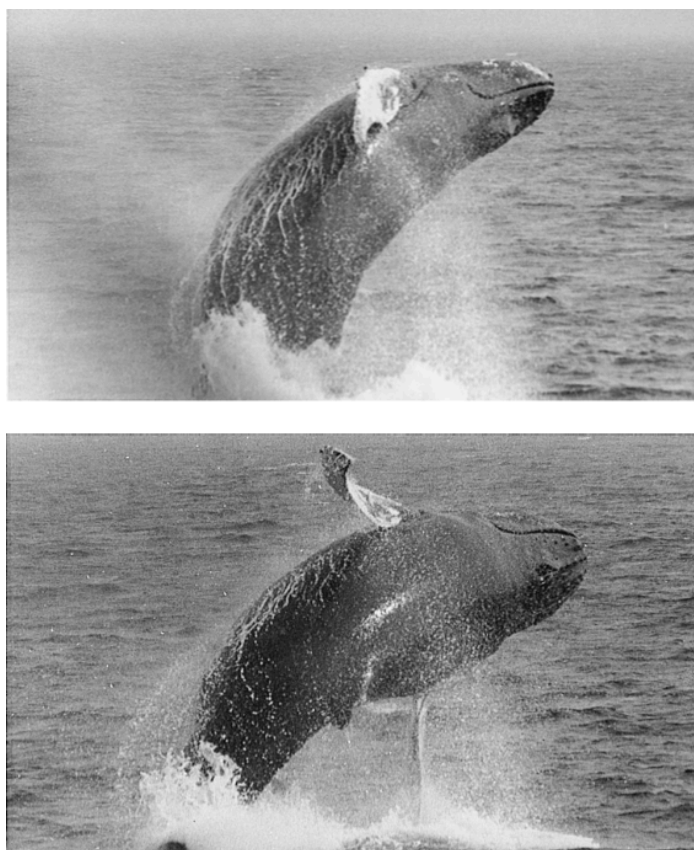
Iako se zna da sve vrste kitova imaju dobro razvijen vizualni sustav, istraživanja na tu temu su malobrojna i poprilično komplicirana. Najveći je problem što se većina istraživanja bazira na promatranju površinskih interakcija, a snimke sonarima se često ne mogu povezati s kontekstom u kojima su proizvedeni zvukovi. Istraživanja koja se fokusiraju na proučavanja ponašanja pod vodom ograničena su prozirnošću vode, a jedan od ograničavajućih uvjeta je i taj da proučavana skupina dopušta ljudima približavanje (Würsig i sur. 1990).



Slika 5. Preuzeto iz rada Pryor (1990). Na slici je vidljiv mužjak vrste *Stenella attenuata* koji prolazeći pored druge skupine mužjaka otvara usta u prijetnji i izdužuje vrat.

### 3.2. Površinske radnje

Još jedan od bitnih načina komunikacije koja nije akustična jest udaranje repovima i perajama po površini. Takvim ponašanjem kitovi proizvode zvukove koji se mogu čuti i stotinama metara daleko, a najčešće označavaju agresiju, prijetnju ili uzbuđenje. Neke vrste kitova udaraju perajama i repovima po površini za vrijeme hranjenja kako bi preplašili ribu i natjerali je da se zbija u gušće redove čineći je tako lakšim plijenom. Udaranje repom je primijećeno i za vrijeme približavanja jedinki ili grupi, kao i za vrijeme razdvajanja pa je moguće da se radi i o svojevrsnom pozdravu. Za vrijeme sezone parenja kitovi udaranjem peraja o površinu pokazuju svoju snagu u nadmetanju s drugim mužjacima. Često je i iskakanje kitova na površinu cijelim tijelom (*eng. breaching*), a pretpostavlja se da na ovaj način komuniciraju s udaljenijim jedinkama. Lansiranjem cijelog tijela na površinu i padanjem u vodu stvaraju zvuk koji se daleko i brzo širi te tako omogućuju komuniciranje s jedinkama na udaljenijim lokacijama. Iskakanje može i služiti za komunikaciju unutar grupe, na primjer kod dupina koji imaju sinkronizirano skakanje i na taj način komuniciraju izvan vode. Također, zanimljivo je da različite populacije imaju različite načine skokova te da se i ti skokovi mijenjaju tijekom vremena, a promjene prati cijela grupa.



Slika 7. Preuzeto iz rada Clapham i sur. (1995). Iskakanje jedinke grbavog kita na površinu.

### **3.3. Komunikacija dodirom i ispuštanje mjehurića**

Pryor (1990) opisuje ispuštanje mjehurića iz nosnog otvora koji su praćeni i nekim oblikom vokalizacije, najčešće zvižducima, kao oblik komunikacije kod dupina i manjih pripadnika reda Cetacea. Pretpostavlja se da puhanje mjehurića služi za signalizaciju i prepoznavanje individualnih jedinki te je iz tog razlog prisutno kod dupina koji mogu živjeti u grupama od više stotina jedinki. Mjehuriće puštaju i za vrijeme igre, kad su uzbuđeni, začuđeni ili radoznali.

Kao što je već spomenuto, kitovi imaju izrazito razvijen osjetilni sustav te često komuniciraju i samim dodirom. Mogu se dodirivati perajama, repom ili cijelim tijelom za vrijeme plivanja te je pokazano da im je fizički dodir ugodan, a najčešće tako komuniciraju majke s mladima,

ženke i mužjaci ili grupe mladih. Kod dupina, pogotovo mladih mužjaka, često su i ugrizi zubima koji pokazuju agresiju u borbi za dominaciju.



Slika 8. Preuzeto iz rada Pryor (1990). Mladi dupin (*Stenella attenuata*) proizvodi mjehuriće u dvije uzastopne sekcije koje su isprekidane zviždukom.

#### **4. Zaključak**

Iako je zadnjih godina napravljen veliki napredak u saznanjima o načinima komuniciranja kod kitova još uvijek veliki dio ostaje nerazriješen te je potrebno ulagati u nove metode praćenja i snimanja zvukova, pogotovo kod slabije istraživanih vrsta. Znanstvenicima problem predstavlja lociranje životinje čiji su zvukovi zabilježeni jer mogu biti kilometrima daleko, a najviše od svega kontekst u kojima su zvukovi proizvedeni i opis jedinke kao i povratna informacija. Najnovija istraživanja pokazuju sposobnost kitova da prenose kulturološke elemente i zajedničko znanje što je još jedan od dokaza visoke inteligencije i složenosti struktura njihovih zajednica. Znanstvenici pokušavaju dešifrirati sekvence i prevesti ih u nama shvatljiv jezik pa bi u budućnosti moglo doći i do uspostavljanja nekog oblika komunikacije između ljudi i kitova što bi, ne samo produbilo naše saznanje o ovim čudesnim životinjama, već i pospješilo pokušaje zaštite i očuvanja njihovih populacija.

## 5. Literatura

Clapham, P. J., Leimkuhler, E., Gray, B. K. i Mattila, D. K. (1995). Do humpback whales exhibit lateralized behaviour? *Animal Behaviour*, 50(1), 73–82.

Cerchio S i Weir CR. (2022). Mid-frequency song and low-frequency calls of sei whales in the Falkland Islands. *R. Soc. Open Sci.* **9**: 220738

Dominello, T. i Širović, A. (2016). Seasonality of Antarctic minke whale (*Balaenoptera bonaerensis*) calls off the western Antarctic Peninsula. *Marine Mammal Science*, 32(3), 826–838.

Gregg, J. D., Dudzinski, K. M. i Smith, H. V. (2007). Do dolphins eavesdrop on the echolocation signals of conspecifics? *International Journal of Comparative Psychology*, 20(1)

King S, Sayigh L, Wells R, Harley H, Janik V (2013) Vocal copying of individually distinctive signature whistles in bottlenose dolphins. *Proc R Soc B* 280:20130053

Madsen PT, Wahlberg M, Møhl B (2002) Male sperm whale (*Physeter macrocephalus*) acoustics in a high-latitude habitat: implications for echolocation and communication. *Behav Ecol Sociobiol* 53:31–41

Madsen PT, Carder DA, Beedholm K, Ridgway SH (2005) Porpoise clicks from a sperm whale nose – convergent evolution of 130 kHz pulses in toothed whale sonars? *Bioacoustics* 15:195–206

McDonald MA, Mesnick SL, Hildebrand JA (2006a) Biogeographic characterisation of blue whale song worldwide: using song to identify populations. *J Cetacean Res Manag* 8:55 – 65

McDonald, M., Hildebrand, J. i Mesnick, S. (2009). Worldwide decline in tonal frequencies of blue whale songs. *Endangered Species Research*, 9, 13–21.

Mellinger, D. K. i Clark, C. W. (2003). Blue whale (*Balaenoptera musculus*) sounds from the North Atlantic. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 114(2), 1108–1119

Mellinger, D., Stafford, K., Moore, S., Dziak, R. i Matsumoto, H. (2007). An Overview of Fixed Passive Acoustic Observation Methods for Cetaceans. *Oceanography*, 20(4), 36–45

Noad, M. J., Cato, D. H., Bryden, M. M., Jenner, M.-N. i Jenner, K. C. S. (2000). Cultural revolution in whale songs. *Nature*, 408(6812), 537–537.

Norris, T. F., Mc Donald, M. i Barlow, J. (1999). Acoustic detections of singing humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the eastern North Pacific during their northbound migration. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 106(1), 506–514.

Panova, E. M., Belikov, R. A., Agafonov, A. V. i Bel'kovich, V. M. (2012). The relationship between the behavioral activity and the underwater vocalization of the beluga whale (*Delphinapterus leucas*). *Oceanology*, 52(1), 79–87.

Payne, R. S. i McVay, S. (1971). Songs of Humpback Whales. *Science*, 173(3997), 585–597.

Pryor, K. W. (1990). Non-Acoustic Communication in Small Cetaceans: Glimpse, Touch, Position, Gesture, and Bubbles. *Sensory Abilities of Cetaceans*, 537–544.

Riesch, R. i Deecke, V. B. (2011). Whistle communication in mammal-eating killer whales (*Orcinus orca*): further evidence for acoustic divergence between ecotypes. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65(7), 1377–1387.

Sayigh LS i Janik V (2010) Dolphin signature whistles. In: Breed MD, Moore J (eds) *Encyclopedia of animal behavior*, vol 1. Academic, Oxford, pp 553–561

Sayigh, L. S. (2013). Cetacean Acoustic Communication. *Biocommunication of Animals*, 275–297.

Stafford, K. M., Moore, S. E., Laidre, K. L. i Heide-Jørgensen, M. P. (2008). Bowhead whale springtime song off West Greenland. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(5), 3315–3323

Stanistreet, J. E., Risch, D. i Van Parijs, S. M. (2013). Passive Acoustic Tracking of Singing Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) on a Northwest Atlantic Feeding Ground. *PLoS ONE*, 8(4), e61263.

Watkins WA (1981) Activities and underwater sounds of fin whales. *Sci Rep Whales Res Inst* 33:83–11

Würsig, B., Kieckhefer, T.R., Jefferson, T.A. (1990). Visual Displays for Communication in Cetaceans. In: Thomas, J.A., Kastelein, R.A. (eds) *Sensory Abilities of Cetaceans*. NATO ASI Series, vol 196. Springer, Boston, MA

## 6. Životopis

Gracija Filipović rođena je 2002. u Dubrovniku. Nakon završene Klasične gimnazije Ruđera Boškovića upisuje prijediplomski studij Biologija na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za vrijeme studiranja pohađa radionice različite tematike te odrađuje praksu u sklopu Hrzz projekta TEMPHYS pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Ivane Šole kao i praksu u Institutu za more i priobalje Dubrovnik pod vodstvom dr. sc. Rade Garića. Tijekom studija aktivna je i u Udruzi studenata biologije BIUS u Sekciji za biologiju mora i Sekciji za mekušce te sudjeluje u projektima poput Male škole biologije mora u suradnji s institutom Mare Mundi i MalakoCetina 2024.