

# Eholokacija i komunikacija šišmiša

---

**Počanić, Paula**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2009**

*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/um:nbn:hr:217:130113>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-20**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEU ILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO - MATEMATI KI FAKULTET

BIOLOŠKI ODSJEK

**EHOLOKACIJA I KOMUNIKACIJA ŠIŠMIŠA**

**ECHOLOCATION AND COMMUNICATION OF BATS**

---

SEMINARSKI RAD

Paula Počanić

Preddiplomski studij biologije

(Undergraduate Study of Biology)

Mentor: prof. Milorad Mrakovčić

## **SADRŽAJ**

UVOD .....	3
EVOLUCIJA EHOLOKACIJE .....	4
IZVEDBA EHOLOKACIJE.....	5
OSOBINE ZVUKOVA EHOLOKACIJE .....	6
VREMENSKI ASPEKT .....	6
FREKVENCIJA.....	6
RAZLIKOVANJE PREDMETA.....	9
VELI INA PREDMETA .....	9
MATERIJAL I OBLIK .....	9
STRUKTURA PODLOGE I „BOJE JEKE“ .....	10
RAZNOLIKOST I RAZNOLIKA UPOTREBA EHOLOKACIJSKIH ZVUKOVA .....	11
MORFOLOGIJA LICA I UŠKI U ULOZI EHOLOKACIJE .....	12
ADAPTACIJE NA RAZLI ITE BIOTOPE .....	13
(Gerhard Neuweiler: The Biology of Bats).....	14
OTVORENI PROSTORI.....	15
RUBNI PROSTORI.....	15
ZATVORENI PROSTORI .....	16
ZAKLJU AK .....	17
LITERATURA: .....	18
SAŽETAK .....	19
SUMMARY .....	20

## UVOD

Eholokacija je princip navigacije, kojom se koriste neke skupine životinja u komunikaciji, snalaženju u prostoru ili pak lovu. Zasniva se na zvukovima koje proizvodi sama životinja te na jeci koja se vraća iz okoliša. Morfološki izgled šišmiša podreda Microchiroptera podstavljen je što boljem korištenju eholokacije. Upravo zbog toga, eholokacija ne omogućava šišmišima samo kretanje po mraku, već i percepciju neke druge životinje u njihovoј blizini, njezinu veličinu, oblik ili pak teksturu površine iznad koje lete ... Iz tih razloga puno bolji termin za eholokaciju bio je eholokacija. (www.ucmp.berkeley.edu)

Talijanski biolog Lazzaro Spallanzani, prvi je otkrio eholokaciju. Svoja istraživanja započeo je na sovama, koje su konstantno odbijale letjeti u mraku. Kada je za isti pokus upotrijebio šišmiše, oduševilo ga je njihovo snalaženje mračnim prostorom. Iako i kada ih je oslijepio žare om iglom, uspjeli su izbjegi sve žice sa zvonima, te su se dokazali kao veoma precizni noći leta i. Spallanzani se nakon toga odlučio usredotočiti na njihov sluh, a ne vid, te im je ugradio mjedene cijevi u ušne kanale. Dok su cijevi bile zatvorene, te tako onemogućavale ulaz zvuka u uho, šišmiši su izgubili svoju mogućnost orientacije, dokazavši to zabijanjem u obješena zvona. Imajući su poklopci cijevi bili otvoreni, šišmiši su ponovno zadobili orientaciju. Zvukove koje su proizvodili, Spallanzani nije mogao utišiti pa nije u potpunosti uspio objasniti eholokaciju, no njegovo je otkriće zainteresiralo mnoge kasnije znanstvenike da istraže tu misteriju.

Tek nakon 150 godina, dva su znanstvenika zasebno otkrila tajnu eholokacije. Godine 1938. D. Griffin je u laboratoriju kolege fizičara otkrio da prvi ultrazvukni mikrofon otkriva visoke frekvencije kojima se glasaju šišmiši. Upravo je to otkriće omogućilo daljnja proučavanja eholokacije i promijenilo do tada uvriježeno mišljenje o šišmišima kao tihim životinjama.

(Neuweiler G.: The Biology of Bats)

## **EVOLUCIJA EHOLOKACIJE**

Znanstvenik Gould je smatrao da su se sonarni impulsi, prete a eholokacije, razvili kao oblik komunikacije me u jedinkama iste vrste. Prvenstveno ih je koristila mladun ad šišmiša za komunikaciju s ostalim jedinkama te za odre ivanje udaljenosti od njih. Tako er su je koristili kao orijentaciju za smjer kretanja, dok je upotreba eholokacije u svrhe lova bila tek njena sekundarna uloga. Mišljenja je da su sposobnost eholokacije šišmiši „naslijedili“ od svojih insektivornih predaka, koji ih i danas koriste za komunikaciju.

Drugi znanstvenik, Fenton. došao je do zaklju ka kako su prete e šišmiša bile male nokturnalne lete e životinje koje su eholokaciju prvenstveno koristile za orijentaciju u prostoru. One su koristile primitivan tip eholokacije zasnovan na „klikanju“, a tek su je prete e šišmiša zamijenile sa zvukovnim signalima ve e ja ine.

Postoje još dvije hipoteze o postanku eholokacije kao prilagodbe na stanište i lov plijena.

Prva je da se eholokacija razvila kao prilagodba na život u mraku pe ina. Zasniva se na injenici da eholokaciju imaju, osim podreda Microchiroptera, rod *Rousettus* podreda Megachiroptera te dvije vrste ptica ( iopa *Collocallia* i *Steatornis carpensis* ) koje borave u špiljama.

Druga hipoteza je da se eholokacija razvila kao posljedica no nog lova kukaca. U po etku su šišmiši letjeli i lovili plijen u sumrak no zbog velike konkurenkcije, razvila se potreba za novom ekološkom nišom. No ni lov omogu avao im je puno više plijena, a ujedno i manju opasnost od predatora. Za kretanje po mraku morali su razviti novi na in percepcije svijeta te se tako razvila eholokacija. U skladu s ovom hipotezom, potreba za novom ekološkom nišom bila je ja a od one za novim staništem. (Neuweiler G.: The Biology of Bats)

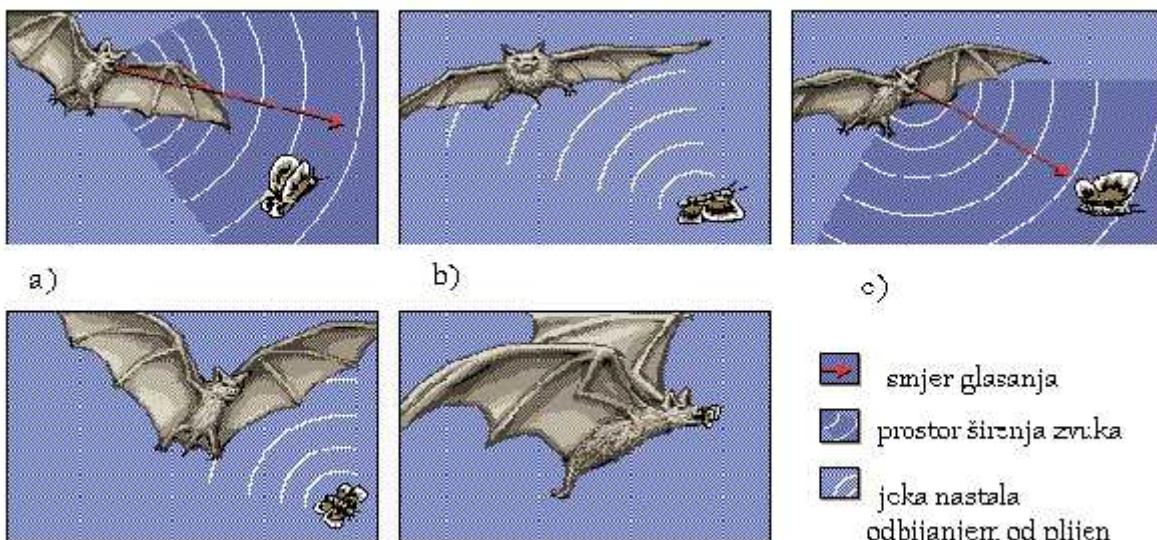
Rod *Rousettus*, podreda Megachiroptera, proizvodi zvukove potrebne za eholokaciju jezikom, a ne grkljanom, kako to ine sve vrste podreda Microchiroptera. Svaki put kada vrsta roda *Rousettus* podigne jezik, u trenutku kada on dodirne usnice, proizvede se kratki zvuk. Zvukovi nalik „kliku“ traju samo par milisekundi i sadrže široki spektar frekvencija, od 15 kHz do 150 kHz. Vrste roda *Rousettus* eholokaciju koriste samo tijekom leta po no i te u mraku špilje ili

šupljeg drveta, dok za orijentaciju po danu koriste svoje velike o i. (Ahlen E.: Identification of Bats in Flight)

Upravo zahvaljuju i razli itim metodama korištenja eholokacije, neki znanstvenici smatraju da podredi Microchiroptera i Megachiroptera imaju razli ito filogenetsko podrijetlo.

## IZVEDBA EHOLOKACIJE

Šišmiš u lovnu na plijen emitira otprilike 4 do 12 zvukova u sekundi, razdvojenih u nepravilnim razmacima. Ovi zvukovi za potragu traju više od 10 milisekundi. Pauza izme u odašiljanja zvukova je mnogo duža nego što traju sami zvukovi tako da nikakve informacije nisu mogu e u etiri petine leta. Takav ciklus naziva se radnim ciklusom. im šišmiš detektira plijen, po inje emitirati sve e signale, neprestano smanjuju i intervale izme u njih. Dok traje progona plijena, ponavljanje signala se pove ava i 40 do 50 puta u sekundi. Trenutak prije nego što ulovi plijena, proizvodi završno bruhanje, koje se sastoji od 10 do 25 kratkih impulsa me usobno odijeljenih minimalnim intervalima. Tada se udio radnog ciklusa pove ava na 90%. Cijela ova predstava detekcije plijena, progona i završnog bruhanja traje tek 1 do 2 sekunde.



Slik

a 1. Lov plijena pomo u eholokacije; a) šišmiš odašilje zvukove; b) odbijanje zvuka od plijen; c) ponovno emitiranje visokofretventnih zvukova; d) to na lokalizacija kukca; e) kona an ulov (<http://encarta.msn.com/encyclopedia>)

## **OSOBINE ZVUKOVA EHOLOKACIJE**

Eholokacija se zasniva na dvije osnovne komponente, odašilja u i receptoru. Ulogu odašilja a ima grkljan (lat. *larynx*) koji proizvodi zvukove. Receptore ine uši koje primaju odbijeni zvuk te živ ani sustav koji ga percipira i pretvara u živ ane impulse.

Zvukovni signali šišmiša su ja eg inteziteta od eholokacijskih signala ostalih sisavaca koji se služe eholokacijom. Ja i intezitet signala omogu ava ve i doseg eholokacije, a time omogu ava i više vremena za potrebnu reakciju na nailaze i objekt.

Eholokacijske zvukove može se prou avati sa tri razli ita aspekta: vremenskog (trajanje i stopa ponavljanja signala), frekvencije (visine tona) i ja ine signala. Razli ite osobine proizvedenih zvukova omogu avaju determinaciju vrsta bez na nevi eno.

## **VREMENSKI ASPEKT**

S obzirom da istovremeno slanje i primanje zvukova u eholokaciji nije mogu e, odlaze i zvukovi moraju biti kratki. U prosjeku traju od oko 100 milisekundi do 0,25 milisekundi. Razlikuju se dužine zvukova u razli itim porodicama šišmiša. Tako por. *Vespertilionidae* karakteriziraju kratki signali, dok je za por. *Rhinolophidae* karakteristi no duže emitiranje signala.

## **FREKVENCija**

Frekvencija zvukova u eholokaciji jako varira unutar razli itih vrsta. Kontrolirana je razli itom napetosti glasnica. Kod ve ine šišmiša eholokacijski signali su nadzvu ni, što zna i da su iznad granica sluha ovjeka, iznad 20 kHz. Uglavnom šišmiši emitiraju zvukove u rasponu od 20 kHz do 100 kHz, no postoje vrste koje proizvode zvukove frekvencije iznad 200 kHz. Postoje i tri porodice šišmiša koji proizvode zvukove ispod 20 kHz što zna i da ih ovjek može uti. Mnogi zvukovni signali korišteni u eholokaciji su složeni, a sastoje se od osnovne frekvencije te njene harmonije.

Visoke frekvencije se brže smanjuju u zraku od niskih frekvencija pa je možda za u uju e da šišmiši ne koriste niže, koje duže emitiraju odre enu informaciju. Razlog za to je odnos veli ine plijena i valne duljine signala eholokacije. Što je viša frekvencija zvuka, to je manja valna duljina. Frekvencija od otprilike 30 kHz ima valnu duljinu od otprilike 11,5 milimetara, što je veli ina omanjeg moljca, estog plijena šišmiša. Zvukovi niske frekvencije imaju dulje valne duljine koje bi se „savile“ oko malog plijena te ne bi došlo do povratne informacije.

## JA INA SIGNALA

Ja ina signala se mjeri u decibelima (dB), dok je glasno a zvuka zapravo sama percepcija signala. Simmons je koriste i širokoopsežne mikrofone otkrio da, iako imaju signal jednake ja ine, neke je šišmiše mogu e otkriti sa 30 metara udaljenosti dok je za druge potrebna udaljenost od samo pola metra.

Izme u razli itih vrsta šišmiša postoji razlika u širini frekvencijskog podru ja. Razlikujemo dvije „širine“ frekvencijskog podru ja. Zvukovi uskog opsega, oni koji se ne šire na više od 10 kHz, esto nazivane i konstantnom frekvencijom (eng. Constant frequency, CF). Druga vrsta su zvukovi širokog opsega koji se šire na više od 10 kHz te se nazivaju zvukovima sa promjenjivom frekvencijom (eng. Frequency-modulated, FM).

Zvukovi uske frekvencije su korisni za detektiranje plijena, no ne daju nikakve informacije o njegovojo poziciji. Šišmiši te zvukove i koriste dok su u potrazi za plijenom. Pove avaju i širinu frekvencijskog podru ja, pove avaju i preciznost u odre ivanju to ne pozicije plijena. Postoje dva tipa zvukova širokog opsega, plitki, koji pokrivaju uski raspon frekvencije relativno sporo te duboki koji pokrivaju širok opseg mnogo brže. Plitke zvukove koriste mnogi šišmiši samo u fazi traženja plijena jer su oni osjetljivi na Dopplerov efekt<sup>1</sup> pa ne daju preciznu lokaciju plijena ali su dovoljno dobri za njegovu detekciju. U fazi napada na plijen, šišmiši se koriste dubokim FM signalima za dobivanje precizne informacije o lokaciji plijena. Dakle šišmiši mogu kombinirati kako CF i FM signale, tako i plitke i duboke FM signale u samom lovu na plijen.

Eholokacija za razliku od vida je izrazito kratkog opsega, te je na informacije njome dobivene potrebno brzo djelovati. Fenton je radio pokuse sa vrstom *Eptesicus fuscus* s namjerom da odredi kojom brzinom šišmiš može odrediti položaj plijena i izvesti napad. Došao je do otkri a da šišmiš vidi svoj plijen tek kada je od njega udaljen 1,5 sekundu pa mu preostaje jako malo vremena za to no lociranje i sam ulov. Nekim vrstama, poput *Pteronotus parnellii*, potrebno je još manje vremena za cijeli in, samo 0,25 sekundi. (Neuweiler G.: The Biology of Bats)

---

<sup>1</sup> Promjena promatrane valne duljine vala zbog me usobnog približavanja ili udaljavanja izvora i promatra a. (wikipedia)

Kao i kod svih sisavaca, zvuk u obliku vibracije prvo podražava bубnji . Vibracije se tamo pretvaraju u mehani ke signale koji se prenose koš icama: eki , nakovanj i stremen. Signali se tada prenose na ovalni prozor i preko kojeg dospijevaju u unutarnje uho. U unutarnjem uhu se prenose u teku ini do bazilarne membrane gdje se pretvaraju u živ ane impulse. U tom obliku putuju u mozak i tamo se stvara „slika“ dobivena eholokacijom. Kada bi šišmiši koristili frekvencije u opsegu ljudskog sluha, proizvodili bi zaglušuju u buku. Oni zato imaju poseban mehanizam kojim sprje avaju samooglušivanje. Dva miši a u srednjem uhu ublažavaju vibracije koje se prenose sa bубnji a na koš ice i time prigušuju zvuk. To su tensor tympani, koji smanjuje napetost bубnji a, i stapedius, koji mijenja kut pod kojim se stremen naslanja na ovalni prozor i . Ti su miši i jako dobro razvijeni kod šišmiša i njihovom kontrakcijom se smanjuje osjetljivost šišmiša na vlastite zvukove. Neke vrste poput vrste *Rhinolophus ferrumequinum* ne uju zvukove one frekvencije kojom se glasaju te na taj na in izbjegavaju mogu e samooglušivanje. (Ahlen E.: Identification of Bats in Flight)

Postoje i rodovi šišmiša koji koriste zvukove manjeg inteziteta, te se zbog toga nekad nazivaju i „šaptaju i šišmiši“. Zanimljivo, neki no ni kukci su tako er razvili sposobnost da uju ultrazvuk kao prilagodbu na što bolje prikrivanje od predadora. ([www.ucmp.berkeley.edu](http://www.ucmp.berkeley.edu))

## **RAZLIKOVANJE PREDMETA**

Udaljenost i smjer kretanja označava poziciju mete u prostoru ali ne daju nikakve informacije o njenoj prirodi. Upravo iz tog razloga šišmiši esto love kamen i lete u zrak kao što love lete i kukce. Ipak, nakon što shvate da kamen i nisu na njihovom jelovniku, naučili ih razlikovati od pravog plijena. Razna istraživanja su dokazala da šišmiši porodice *Rhinolophidae* mogu razlikovati različite vrste kukaca na temelju njihove jeke. Dokazano je također da su šišmiši sposobni razlikovati dvodimenzionalne predmete od trodimenzijalnih.

## **VELIČINA PREDMETA**

Najmanji objekt kojeg šišmiš može uočiti je promjera 1 milimetar. Pljen promjera 1 do 4 milimetra može opaziti sa udaljenosti od 35 centimetara i uloviti ga u vremenu od jedne sekunde. Postoje vrste koje mogu detektirati manji pljen, promjera 0,06 do 0,1 mm. Do danas nije moguće otkriti koliku energiju zvuka koja se odbija od tako male predmete. Spektralne analize zvuka, koji se odbija od predmeta različitih materijala, formi i veličina, su pokazale složene interakcije odbijenih signala. Stvaraju se efekti poput tunela energije oko tako malih objekata koji daju objašnjenje kako šišmiši mogu opaziti tako sitne predmete na temelju njihove jeke.

## **MATERIJAL I OBLIK**

Nakon dugog učenja, šišmiši su sposobni razlikovati predmete u obliku trokuta, kruga ili pravokutnika, te kocke oštrih ili zaobljenih kutova. Također mogu razlikovati trodimenzionalne mete iste veličine u obliku valjka, kocke i piramide. Pokazuju sposobnost razlikovanja predmeta jednakih veličina i oblika ali različitih materijala. Još uvijek nije poznat način na temelju kojeg ih raspoznavaju.

## **STRUKTURA PODLOGE I „BOJE JEKE“**

U normalnim uvjetima, šišmiš nikada ne slijedi na glatki zid. O to je da povratna jeka daje informacije o teksturi podloge. Razni pokusi su dokazali da šišmiši mogu razlikovati tanjure (koji u ovom slučaju „glume“ podlogu) u kojima su probušene rupice dubine 8 milimetara od onih sa 7 milimetara dubokim rupicama. No, istraživanja su pokazala da vrsta *Megaderma lyra* može razlučiti tanjure pokrivene sa različito velikim zrnjem samo ako je razlika u veličini estica veća od 2 milimetra. Zapaženo je da reflektirani signali imaju vrhunce i nule na različitim mjestima spektra širokoposežne jeke ovisno o sastavu promatrane podloge. Ta se pojava naziva bojom jeke.

Na temelju održene „boje“ odbijenog zvuka, šišmiši dobivaju informaciju o strukturi podloge.

(Neuweiler G.: The Biology of Bats)

## **RAZNOLIKOST I RAZNOLIKA UPOTREBA EHOLOKACIJSKIH ZVUKOVA**

Eholokacijske signale šišmiši koriste jednako za komunikaciju kao i za orijentaciju te pronalaženje plijena. Modifikacije signala omogu uju nekim šišmišima život u raznim staništima. Kao što možemo pretpostaviti, eholokacija je fleksibilna. Zamije ena je raznolikost eholokacijskih zvukova ovisno o geografskoj raširenosti unutar iste vrste. ak osam od dvanaest vrsta pokazuje geografske varijacije eholokacijskih zvukova i to najmanje od 3 kHz.

Mogu e su i pojedina ne varijacije eholokacijskih zvukova, kao kod npr. mužjaka vrste *Euderma maculatum*. Njegovi su signali niže frekvencije i dužeg trajanja od ženke iste vrste. Tako er je primije ena raznolikost eholokacijskih zvukova kod vrste *Myotis evotis* u Britanskoj Kolumbiji, kod koje zvukovi variraju u okvirima 86 kHz do 97 kHz i od 54 kHz do 97 kHz. Neke su varijacije nastale kao prilagodba na jedinke iste porodice. Primije eno je kod jedinki porodice *Vespertilionidae* kada idu jedna ususret drugoj da smanje trajanje zvukova i produlje intervale izme u njih. Jedinke vrste *Lasiurus borealis* zna ajno promjene glasanje u prisustvu drugih jedinki. U odre enim okolnostima proizvedu dodatni impuls u svom glasanju, dok neki smanje frekvenciju i dodaju na kraju upozoravaju i kliktaj. Nekim šišmišima glasanje drugih jedinki pomažu u pronalasku dnevnih duplji u drvetu, mjesta za razmnožavanje, hibernaciju ili pak lokacija sa puno plijena. Solitarne vrste poput *Euderma maculatum* reagiraju agresivno na zvukove jedinki iste vrste. One tada ili napadnu odašiljatelja signala ili naglo pobegne s mesta susreta. (Ahlen E.: Identification of Bats in Flight)

Eholokacijski zvukovi tako er mogu imati ulogu zvukovne osobne iskaznice. Naj eš e je ta uloga zastupljena kod majki i mladun adi pojedinih vrsta koje se prepoznaju na taj na in. Tako er može poslužiti i za obilježavanje omiljenog mesta u preno ištu.  
([http://en.wikipedia.org/wiki/Animal\\_echolocation](http://en.wikipedia.org/wiki/Animal_echolocation))

Fleksibilnost eholokacijskih zvukova može se zamijetiti kod šišmiša koji prelaze iz otvorenog prostora u zatvoren, pun vegetacije, pa se zbog toga mijenja i frekvencija njihovog glasanja.  
(Neuweiler G.: The Biology of Bats)

## **MORFOLOGIJA LICA I UŠKI U ULOZI EHOLOKACIJE**

U najmanju ruku neobi na lica šišmiša oduvijek su bila predmet straha i zgražanja. No njihov izgled nije nimalo slu ajan, on ima veliku ulogu u eholokaciji. Kada jedinke porodice *Mormoopidae* eholociraju, pretvore svoje usne u male megafone koji tako usmjeravaju zvuk (slika 1.). Sli no se ponašaju i jedinke porodice *Rhinolophidae* koje ispuštaju zvuk kroz nosnice, a pri izlasku ga usmjeravaju nabori kože nalik listi ima, u pravom smjeru. Upravo ti nabori kože i njihova uloga u životu šišmiša su razlog mnogim prepirkama. Dok jedni, poput Arita smatraju da je njihova uloga u pronalasku plijena, drugi, ije mišljenje zastupa i Bogdanowicz smatraju da je izgled nabora kože u korelaciji sa prehranom. Nabori kože na usnama nisu jedini tjelesni dodaci ija je uloga poboljšavanje eholokacije. Neki šišmiši imaju nabore u vanjskom dijelu uške koji se nazivaju *tragus*. Oni omogu avaju nastajanje dvostrukе jeke i time postižu bolju lokalizaciju. Uške, *pinnae*, imaju ulogu u usmjeravanju i poja avanju zvuka. Oblik uške je esto povezan sa zvukom kojeg proizvodi odre ena vrsta eholokacijom, tako da one poja avaju frekvenciju njenog glasanja, a ujedno i frekvenciju dobijene jeke. (Neuweiler G.: The Biology of Bats)



Slika 2. *Pteronotus parnellii* vrsta porodice

Slika

3. Jedinka porodice *Rhinolophidae*  
sa neobi nim kožnim naborima

([www.casadosmorcegos.org](http://www.casadosmorcegos.org))

*Mormoopidae* koristi usnice kao  
megafone za potrebe eholokacije

([www.mammalogy.org](http://www.mammalogy.org))

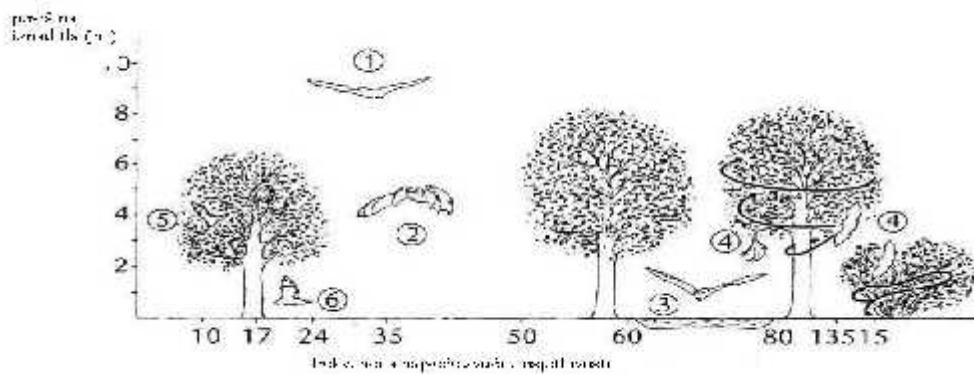
## ADAPTACIJE NA RAZLI ITE BIOTOPE

Šišmiše se ne može na i na svim mjestima na kojima obitava njihov pljen. Oni obitavaju samo na pojedinim mjestima. Stil letenja, oblik krila i na in eholokacije pojedinih vrsta usko je povezan sa staništem na kojem obitavaju. Slika 4. pokazuje šest razli itih podru ja lova plijena simpatri kih vrsta<sup>2</sup>. Svejedno šišmiši mogu mijenjati svoje tehnike lova i prilagoditi se novom staništu kada je nestaćica hrane u njihovom svakodnevnom obitavalištu. Primjer takve prilagodbe

<sup>2</sup> Simpatri ke vrste su vrste koje su nastale unutar istih obitavališta, prilikom ega se me u srodnim populacijama, bez prostorne izolacije, stvore razni oblici sve ve e reproduktivne odvojenosti. (Dunja Klepac)

je vrsta *Myotis myotis* koja ina e lovi kukce na otvorenim površinama, no u posebnim situacijama može loviti i kukce uz šumsko tlo.

Eholokacija u otvorenim prostorima je jednostavnija od one u prostorima bogatim vegetacijom, jer jeka u otvorenim prostorima naj eš e potje e od samog plijena, dok se eholokacijski zvukovi u šumi odbijaju kako od plijen tako i od liš e i bogatu vegetaciju. (Neuweiler G.: The Biology of Bats)



Slika 4. Frekvencija najve e zvu ne osjetljivosti je u korelaciji sa podru jem lova odre ene vrste šišmiša. Na zvukove najniže frekvencije najosjetljivije su vrste koje love iznad šumskog svoda (1). Tako er se koriste niskofrekventnim zvukovima vrste koje skupljaju plijen sa podloge (5 i 6). Na visokofrekventne zvukove najosjetljivije su vrste koje love svoj plijen u krošnjama drve a (4) ili pak iznad tokova rijeka.

(Gerhard Neuweiler: The Biology of Bats)

## **OTVORENI PROSTORI**

Mnoge porodice poput *Molossidae*, *Embalonuridae* i *Vespertilionidae* love svoj plijen u otvorenim prostorima kao što su livade, prostor iznad šumskog pokrova ili ak na 600 metara visine. Šišmiši koji love u takvim prostorima veoma su brzi leta i, a kada love, ne poznaju nikakve prepreke osim plijena kojeg proganjaju. Ve ina ih ima uska krila. Neki od njih su dugotrajni leta i mogu letjeti bez prestanka i do sedam sati. Koriste se dugim zvukovima niske frekvencije i visokog ja ine. Prou avano je šest vrsta koje se koriste eholokacijskim zvukovima ovih osobina, za lov na otvorenim prostorima i otkriveno je da ak pet od šest vrsta koristi zvukove sa frekvencijom koju mogu uti i ljudi. Vrste koje se koriste zvukovima najnižih frekvencija love plijen iznad šumskog svoda. S obzirom da se niskim frekvencijama teško uo avaju maleni kukci, o ito je da se ovi šišmiši hrane nešto ve im plijenom. Za pove anje prostora koji mogu „skenirati“ eholokacijom, šišmiši otvorenih prostora imaju dobro razvijene velike uške. One im pomažu na na in da fokusiraju veliku koli inu zvuka na membrane bубњи a, poja avaju i vibraciju, a time i samu ja inu odbijenog zvuka.

## **RUBNI PROSTORI**

Ve ina šišmiša podreda Microchiroptera lovi na ovom tipu staništa. Rubni prostori predstavljaju rubne dijelove šume, mjesta uz tokove rijeka, uz rubove litica ili pak uz isušena korita. Tipi na lovišta ovih šišmiša su predjeli koji su sa jedne strane prepuni prepreka i pojedinosti dok su sa druge strane veliki „isti“ prostori. Šišmiši koji se hrane kukcima u ovakvim staništima, esto love one blizu vegetacije, no rijetko lete izme u samih biljaka. Let ovakvih šišmiša je esto spor, energetski isplativ i veoma okretan. Krila su im uglavnom duga ka sa kratkim, oblim vrhovima. Karakterizira ih let koji ne traje duže od 120 minuta. Porodice koje love u ovakvim predjelima su: *Mormoopidae*, *Phyllostomidae*, *Rhinolophidae*, *Vespertilionidae*.

Eholokacijski zvukovi ovakvih šišmiša su kratki i intenzivni. Pove anjem opsega svojih zvukova, pove ava se i preciznost lokalizacije plijena. Neki to ine dodaju i harmoniju na ve postoje e zvukove, dok drugi pove avaju opseg frekvencija zvuka.

## ZATVORENI PROSTORI

Veliki broj šišmiša lovi u zatvorenim prostorima poput tropskih šuma, izbjegavaju i grane i lišće. Jeka koja nastaje odbijanjem eholokacijskih signala od plijen miješa se sa jekom ostalih predmeta poput lišća, žbunja... Porodice koje žive i love u takvim staništima su: *Emballonuridae*, *Nycteridae*, *Megadermatidae*, *Rhinolophidae*, *Phyllostomidae* i *Vespertilionidae*. Prehrana ovakvih šišmiša je raznolika, sastoji se od beskralješnjaka i malih kralješnjaka, do voća i cvjetnog nektara.

Njihov je let spor i veoma okretan. Krila su im široka sa okruglim završecima. Ovakav oblik zahtijeva veliku potrošnju energije, koja je i rezultat mogunosti lebdenja i veoma složenih okreta. Uglavnom kratko lete dok neke vrste ak „sjede“ i ekaju plijen. Afrička vrsta *Cardioderma cor* leti svega 5 sekundi. Većina šišmiša ovog habitusa se koristi kratkim zvukovima širokog opsega i male jačine. Ovakav način eholokacije im omogućava precizne informacije o plijenu ali i o preprekama na njihovom putu. Koriste signale male jačine jer takve zvukove ne može uti plijen. Među stanovnicima zatvorenih prostora mnogo je onih koji svoje eholokacijske zvukove emitiraju kroz nosnice.

Neke vrste koriste osim sluha i druga osjetila poput mirisa za detekciju hrane. Eholokacija im tada služi za pronađenje, a miris za to da lociraju plijena. Za detaljne informacije koriste se visokofrekventnim, višestrukoharmonijalnim zvukovima. Neke vrste pronađu svoj plijen osluškuju i njegovo glasanje. Tako na primjer vrsta *Trachops cirrhous* pronađu svoj plijen, žabe, zahvaljujući njihovom ljubavnom zovu. No i pri tome se ipak služi eholokacijom pri preciznom lociranju.

Većina vrsta zatvorenog područja su sakupljači koji pobiru svoj plijen sa površine vegetacije, kamenja ili tla. Takve vrste imaju iznimno velike uške sa zapanjujućom mogućnosti lokalizacije niskofrekventnih zvukova.

(Neuweiler G.: The Biology of Bats)

## **ZAKLJU AK**

U ovom radu težište sam stavila na eholokacijske zvukove i njihove karakteristike, a ne toliko na anatomske i fiziološke aspekte same eholokacije. Razlog tome je složenost eholokacijskog sustava i njegovo nepotpuno poznavanje. Mnogo je postignuto na tom polju od trenutka kada je Spallanzani otkrio neobičnu orientaciju pomoć u sluha kod šišmiša, a razvoj tehnologije nam je omogućio da uopće spoznamo njeno postojanje. No za potpuno otkriće morat ćemo još prije.

Fizika zvuka veoma je složena, a širok spektar frekvencija, jačina i modulacija zvuka dodatno otežava njeno potpuno otkrivanje.

Apsolutna uloga eholokacije još uvek nije poznata, upravo zbog jednake zastupljenosti u orijentaciji i komunikaciji kao i u hvatanju plijena. Ono što znamo je da eholokacija ima glavnu ulogu u životima ovih malih letećih sisavaca.

## **LITERATURA:**

Neuweiler G.: The Biology of Bats (str. 140.-210.)

Ahlen E.: Identification of Bats in Flight ( str. 6-22.)

[www.casadosmorcegos.org](http://www.casadosmorcegos.org)

[www.mammalogy.org](http://www.mammalogy.org)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Animal\\_echolocation](http://en.wikipedia.org/wiki/Animal_echolocation)

[http://hr.wikipedia.org/wiki/Dopplerov\\_efekt](http://hr.wikipedia.org/wiki/Dopplerov_efekt)

[www.speleologija.hr/znanost/sismisi/index.html](http://www.speleologija.hr/znanost/sismisi/index.html)

[www.ucmp.berkeley.edu](http://www.ucmp.berkeley.edu)

## **SAŽETAK**

Eholokacija je za šišmiše ono što je vid za ljude, osnovni na in percepције svijeta. Naoko jednostavan princip odašilja a i receptora, zapravo je složen sustav odašiljanja razli itih zvukovnih signala i primanja jeke istih. Eholokacijski zvukovi imaju mnogo karakteristika koje se razlikuju izme u porodica, a katkada i izme u jedinki iste vrste. Upravo zahvaljuju i tome mogu a je determinacija vrsta o itavanjem eholokacijskih zvukova.

Eholokacijom se šišmiši koriste za orijentaciju u prostoru, lov plijena ta za komunikaciju sa ostalim jedinkama. Cijela morfologija glave šišmiša u ulozi je što bolje eholokacije. Upravo iz tog razloga postoje razni tjelesni privjesci koji omogu avaju što bolju proizvodnju i usmjeravanje zvuka. Šišmiši se koriste i ostalim osjetilima poput njuha, pri lovu plijena, no eholokacija im omogu uje potrebnu preciznost. Zvukovi kojima se koriste pri eholociranju su ve inom visokih frekvencija, a time i ne ujni ljudima. Upravo se zbog toga u po etku mislilo da su šišmiši tihe životinje, no danas znamo da proizvode zvukove izrazito velike glasno e.

Eholokacijski zvukovi su veoma fleksibilni, a šišmiši ih mogu modulirati ovisno o podru ju na kojem se nalaze. Tako razlikujemo glasanje vrsta koje love na otvorenim prostorima od onih ija su lovišta uz rub šume ili pak usred guste vegetacije.

## **SUMMARY**

Echolocation is for bat what vision is for people, the basic way to get the perception of the world. What looks like a simple principle of transmitters and receptors, is actually a complex system of sound transmission of different signals and receiving an echo of the same. Echolocation sounds have many characteristics that differ between families, and sometimes even between individuals of the same species. Thanks to this, determination of the species is possible by reading echolocation sounds. For those purposes they can alter frequency and/or intensity of the ultrasound signals.

Bats use echolocation for orientation in space, catching the prey or to communicate with other individuals. The entire morphology of the bat's head is based on producing better echolocation signal. Precisely for this reason there are various physical extras that allow bat a better production and sound focusing. Bats use other senses as well, such as smell, when hunting prey, but echolocation gives them the necessary precision. Echolocation calls are mostly high-frequency signals, and thus silent to people. This is why people initially thought that the bats were quiet animals, but today we know that they produce very loud sounds while echolocating. These sounds are very flexible, and bats can modulate them depending on the foraging area. Thus, we can distinguish species that forage in open spaces from those who hunt along the edge of the forest or in the middle of dense vegetation.