

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Janez PREŠERN

**ANALIZA IN PRIMERJAVA NAPEVOV DVEH
AKUSTIČNIH OBLIK ŠKRŽATOV *DUNDUBIA*
VAGINATA IZ JUGOVZHODNE AZIJE**

DIPLOMSKO DELO

LJUBLJANA, 2002

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Janez PREŠERN

**ANALIZA IN PRIMERJAVA NAPEVOV DVEH
AKUSTIČNIH OBLIK ŠKRŽATOV *DUNDUBIA*
VAGINATA IZ JUGOVZHODNE AZIJE**

DIPLOMSKO DELO

**ANALYSIS AND COMPARISON OF SONGS
OF TWO ACOUSTIC FORMS OF CICADAS
DUNDUBIA VAGINATA FROM SOUTHEAST ASIA**

GRADUATION THESIS

LJUBLJANA, 2002

VSE KARTE SO OZNAČENE
VSE KOCKE OBTEŽENE
AVTOMATI SO NAŠTELANI
IN VSE TEKME DOGOVORJENE

ZATE JE BIL NAREJEN TA SISTEM
TA SISTEM SVOBODE
ZDEJ SE PA IGREJ ČE HOČEŠ
IN SED DOMA ČE NOČEŠ

Pankrti

Diplomska naloga je bila opravljena v Prirodoslovnem muzeju Slovenije.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za biologijo je za mentorja diplomske naloge imenovala akademika prof. dr. M. Gogalo.

Mentor: akademik prof. dr. Matija Gogala

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Tine Valentinčič

Član: prof. dr. Andrej Čokl

Član: akademik prof. dr. Matija Gogala

Datum zagovora: 2.9.02

Delo je plod lastnega raziskovalnega dela.

Janez Prešern

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn
- DK 595.75:591.5(5-014 Jugovzhodna Azija)(043.2)=863
- KG škržati/*Dundubia vaginata*/napevi/jugovzhodna Azija/akustične oblike
- AV PREŠERN, Janez
- SA GOGALA, Matija mentor
- KZ SI - 1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI 2002
- IN ANALIZA IN PRIMERJAVA NAPEVOV DVEH AKUSTIČNIH OBLIK
ŠKRŽATOV *DUNDUBIA VAGINATA* IZ JUGOVZHODNE AZIJE
- TD diplomsko delo
- OP X, 43s., 19 slik, 19 tabel.
IJ sl
JI sl/en
- AI Vrste škržatov lahko prepoznamo na podlagi poznavanja vrstno specifične zvočne komunikacije. Analizirali in primerjali smo pozivne napeve populacij vrste *Dundubia vaginata* z Bornea in Malajskega polotoka ter pozivne napeve neznanega, a domnevno sorodnega taksona iz Malaje. Ti napevi so podobni napevom populacije *D. vaginata* z Bornea. Napev škržatov *D. vaginata* je sestavljen iz ponavljanja dvodelne fraze. Prvi, krajši del fraze napeva bornejske populacije je frekvenčno moduliran navzdol. Osnovna frekvenca začetka tega dela je 0,86 kHz. Drugi del je frekvenčno stalen in ima osnovno frekvenco 0,87 kHz. Prvi del fraze napeva populacije iz Malaje ima osnovno frekvenco 1,39 kHz in je frekvenčno nemoduliran. S frekvenčno modulacijo preide v drugi, krajši del z nižjo osnovno frekvenco (1,08 kHz). Domnevamo, da gre v primeru populacij z Bornea in Malaje za dve sestrski vrsti. Napev neznanega taksona je sestavljen iz ene daljše in različnega števila krajših dvodelnih fraz. Fraze so po zgradbi podobne frazam napeva bornejske populacije. Napeve smo lahko razdelili na skupino iz Gombaka in skupino iz Endau Rompina. Osnovna frekvenca začetka moduliranega dela fraze je pri prvi skupini 0,91 kHz, pri drugi pa 0,88 kHz. Obe skupini imata osnovno frekvenco nemoduliranega dela fraze 0,98 kHz. Domnevamo, da je oz. so neznani taksoni bližje bornejski populaciji škržata *D. vaginata*, kot je tej malajska populacija te vrste. Domneve o sorodnosti bi lahko potrdili z opazovanjem vedenja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Dn
- DC 595.75:591.5(5-014 Southeast Asia)(043.2)=863
- CX cicadas/*Dundubia vaginata*/songs/southeast Asia/acoustic forms
- AU PREŠERN, Janez
- AA GOGALA, Matija supervisor
- PP SI - 1000 Ljubljana, Večna pot 111
- PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Biology
- PY 2002
- TI ANALYSIS AND COMPARISON OF SONGS OF TWO ACOUSTIC FORMS OF CICADAS *DUNDUBIA VAGINATA* FROM SOUTHEAST ASIA
- DT graduation thesis
- NO X, 43s., 19 fig., 19 tab.
- LA sl
- AL sl/en
- AB The species of cicadas can be identified on the basis of knowledge about species-specific sound communication. We analysed and compared the calling songs of the population of the species *Dundubia vaginata* from Borneo and the Malay Peninsula, and the calling songs of an unidentified, but supposedly related taxon from Malaya. These calling songs are similar to the songs of the population of *D. vaginata* from Borneo. The calling song of the *D. vaginata* is composed of the repetition of a bipartite phrase. The first, shorter part of the phrase of the Borneo population calling song is downward frequency modulated. The fundamental frequency of the beginning of this part is 0.86 kHz. Frequencies of the second part are constant with their fundamental frequency 0.87 kHz. The first part of the phrase of the Malaya population calling song has its fundamental frequency at 1.39 kHz and is frequency unmodulated. It proceeds with the frequency modulation to the second part with a lower fundamental frequency (1.08 kHz). We assume that there are two sister species in the case of Borneo and Malaya populations. The calling song of the unidentified taxon is composed of one longer and a various number of shorter bipartite phrases. The phrases are in their composition similar to the phrases of the Borneo population calling song. The calling songs could be classified into a group from Gombak and a group from Endau Rompin. The fundamental frequency of the beginning of the modulated part of the phrase is in the first group 0.91 kHz, and in the second 0.88 kHz. Both groups have the primary frequency of the unmodulated part of the phrase 0.98 kHz. We assume that the unidentified taxon or taxa are closer to the Borneo population of cicada *D. vaginata* as is the Malaya population of this species. The assumptions about the relationship could be confirmed with the observation of behaviour.
-

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	IV
Key words documentation	V
Kazalo slik	VII
Kazalo tabel	VIII
Slovarček	IX
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 »ŠKRŽADJA« PRAVDA	2
2.2 ZVOČNA KOMUNIKACIJA V TROPSKEM DEŽEVNEM GOZDU	2
2.3 MEHANIZEM OGLAŠANJA ŠKRŽATOV	3
2.4 ZVOČNA KOMUNIKACIJA ŠKRŽATOV	6
2.5 DUNDUBIA VAGINATA	8
3 MATERIAL IN METODE	11
3.1 MATERIAL	11
3.2 METODE	11
4 REZULTATI	14
4.1 NAPEVI MALAJSKE POPULACIJE ŠKRŽATA D. VAGINATA (DVTM)	14
4.1.1 Opis napeva in rezultati meritev časovnih parametrov	14
4.1.2 Rezultati meritev frekvenčnih parametrov	14
4.2 NAPEVI BORNEJSKE POPULACIJE ŠKRŽATA D. VAGINATA (DVBO)	18
4.2.1 Opis napeva in rezultati meritev časovnih parametrov	18
4.2.2 Rezultati meritev frekvenčnih parametrov	18
4.3 NEZNANI TAKSONI Z NAPEVI, PODOBNIMI NAPEVOM BORNEJSKE POPULACIJE D. VAGINATA (DVTB)	21
4.3.1 Opis napeva in meritve časovnih parametrov	21
4.3.1.1 Dolga fraza	21
4.3.1.2 Kratke fraze posnetkov 2 - 8 (Gombak)	25
4.3.1.3 Kratke fraze posnetkov 9 - 12 (Endau Rompin)	25
4.3.2 Rezultati meritev frekvenčnih parametrov	26
4.3.2.1 Dolga fraza	26
4.3.2.1 Kratka fraza	27
5 RAZPRAVA	31
5.1 KOMENTAR REZULTATOV IN PRIMERJAVA NAPEVOV	31
5.1.1 Napevi DVBO	31
5.1.2 Napevi DVTM	32
5.1.3 Napevi DVTB	32
5.1.4 Vrednotenje rezultatov	37
5.2 PROBLEMI PRI MERJENJU	37
6 POVZETEK	38
7 SLOVSTVO	39
7.1 NAVAJANI VIRI	39
7.2 DRUGI VIRI	42
8 ZAHVALE	43

KAZALO SLIK

Slika 1A. Anatomija in morfologija zvočilnih organov škržata.	4
Slika 1B. Anatomija zvočilnih organov škržata.	4
Slika 2. Operkuli pri vrsti <i>Dundubia vaginata</i> .	5
Slika 3. Škržat <i>Dundubia vaginata</i> .	7
Slika 4. Primerjava pozivnega napeva vrste <i>D. vaginata</i> s polotoške Malezije in Bornea.	9
Slika 5. Pozivni napev nezanege takona vrste z Malajskega polotoka.	10
Slika 6. Prikaz lokalitet snemanja vseh treh skupin posnetkov.	11
Slika 7. Nomenklatura DVBO in DVTM.	12
Slika 8. Nomenklatura DVTB.	13
Slika 9. Histogrami dolžin merjenih parametrov napeva DVTM.	16
Slika 10. Spekter glavnega odseka DVTM in spekter zavitka DVTM.	17
Slika 11. Trojice pulzov osrednjega dela glavnega odseka fraze DVBO.	19
Slika 12. Glisando.	19
Slika 13. Histogrami dolžin merjenih parametrov napeva DVBO.	20
Slika 14. Trajanje glavnega odseka dolge fraze DVTB.	23
Slika 15. Dvojice pulzov osrednjega dela glavnega odseka DVTB in merjeni parametri.	23
Slika 16. Trajanje predvitkov in premorov za posnetke DVTB od 2 do 12.	24
Slika 17. Daljšanje glavnega odseka kratke fraze.	25
Slika 18. Spekter glavnega odseka dolge fraze DVTB in spekter začetka predvitka dolge fraze DVTB.	29

KAZALO TABEL

Tabela 1. Kraji snemanja posameznih akustičnih oblik.	11
Tabela 2. Opisna statistika časovnih parametrov fraze DVTM.	15
Tabela 3. Opisna statistika izmerkov prvih sedmih frekvenčnih vrhov glavnega odseka DVTM.	15
Tabela 4. Opisna statistika izmerkov prvih sedmih frekvenčnih vrhov zavitka DVTM.	15
Tabela 5. Razponi meritev časovnih parametrov skupine DVBO.	18
Tabela 6. Opisna statistika frekvenčnih vrhov glavnega odseka DVBO.	19
Tabela 7. Sestavljenost napevov glede na število kratkih fraz po posnetkih.	22
Tabela 8. Opisna statistika časovnih parametrov posnetka DVTB 1.	22
Tabela 9. Opisna statistika časovnih parametrov dolge fraze DVTB od 2 do 12.	22
Tabela 10. Opisna statistika izmerkov glavnih odsekov kratkih fraz posnetkov DVTB od 8 do 12.	26
Tabela 11. Opisna statistika izmerkov trajanja predvitkov kratkih fraz posnetkov DVTB od 8 do 12.	26
Tabela 12. Opisna statistika frekvenčnih vrhov glavnega odseka dolge fraze DVTB.	28
Tabela 13. Opisni statistiki frekvenčnih vrhov začetka predvitka dolgih fraz posnetih v Gombaku in Endau Rompinu.	28
Tabela 14. Opisna statistika frekvenčnih vrhov glavnih odsekov vseh kratkih fraz posnetkov DVTB.	29
Tabela 15. Opisna statistika frekvenčnih vrhov začetka predvitkov kratkih fraz DVTB.	30
Tabela 16. Primerjava osnovnih frekvenc glavnega odseka DVBO in glavnega odseka dolge fraze DVTB iz Gombaka.	33
Tabela 17. Primerjava osnovnih frekvenc predvitkov DVBO in dolge fraze DVTB iz Endau Rompina.	34
Tabela 18. Primerjava osnovnih frekvenc predvitkov fraze DVBO in dolge fraze DVTB iz Gombaka.	34
Tabela 19. Pregled izbranih lastnosti posameznih skupin napevov.	36

SLOVARČEK

Definicije smo v večji meri povzeli po Gogala s sod. (1996), Fonseca (1996), Beganović (1997) in Gogala (osebna komunikacija). Dele napevov smo priročno poimenovali za lažjo predstavitev rezultatov.

Definicije

Fraza je zvočna sekvenca, ki traja nekaj časa.

Pok je neojačan in nespremenjen zvok, ki nastane ob vbočenju ali izbočenju rebra oz. reber timbala. Iz fizikalnega stališča je pok širokopasoven šum. Sopomenka je **klik**.

Pulz je zvok, ki nastane ob vbočenju ali izbočenju enega elementa timbala oz. celega timbala.

Oscilogram je prikaz amplitude zvočnega zapisa v odvisnosti od časa.

Spektrogram je prikaz zvočnega spektra v odvisnosti od časa. Sopomenki za spektrogram sta izraza **sonogram** in **sonagram**.

Spekter je prikaz jakosti zvoka različnih frekvenc v določenem časovnem intervalu.

Osnovna frekvenca je ton z najdaljšo valovno dolžino. V našem primeru zvok ni sestavljen iz čistih tonov. Naša definicija je: osnovna frekvenca je frekvenčni vrh z najnižjo frekvenčno vrednostjo.

Harmonična frekvenca je mnogokratnik osnovne frekvence. V našem primeru zvok ni sestavljen iz čistih tonov. Naša definicija je: harmonične frekvence so frekvenčni vrhovi, katerih frekvenčne vrednosti so približni mnogokratniki osnovne frekvence.

Stranski pasovi so posledica amplitudne modulacije. Na spektrogramu in spektru so vidni kot parni frekvenčni vrhovi nad in pod obravnavanim

frekvenčnim vrhom. Oddaljenost stranskih pasov od frekvenčnega vrha, ki mu pripadata, je odvisna od hitrosti modulacije.

Akustične oblike nekega taksona so skupine osebkov z enakimi morfološkimi značilnostmi ali neprepoznanimi morfološkimi razlikami in različnimi napevi. Akustična oblika ni taksonomska kategorija.

Priročna poimenovanja napevov in njihovih delov

DVBO označuje akustično obliko vrste *Dundubia vaginata* z Bornea. Označuje tudi posnetke oz. napeve te akustične oblike (Slika 7).

DVTM označuje akustično obliko vrste *Dundubia vaginata* z Malajskega polotoka. Označuje tudi posnetke oz. napeve te akustične oblike (Slika 7).

DVTB označuje neznani takson z Malajskega polotoka, z napevi podobnimi napevom akustične oblike škžata *D. vaginata* z Bornea. Označuje tudi posnetke oz. napeve tega taksona (Slika 8), ki so podobni napevom bornejske akustične oblike.

Dolga fraza je del napeva (Slika 8), ki traja dlje, kot ostali deli istega napeva (v rabi le pri DVTB).

Kratka fraza označuje vse posamezne dele napeva (Slika 8), ki trajajo manj, kot njegov najdaljši del (v rabi le pri DVTB).

Glavni odsek je del fraze, kjer se frekvenca napeva ne spreminja (Sliki 7 in 8).

Predvitek je frekvenčno moduliran del fraze, ki se nahaja pred glavnim odsekom (Sliki 7 in 8) (le pri DVBO in DVTB).

Zavitek je del fraze za glavnim odsekom (Slika 7). Frekvenčni vrhovi so po zelo hitrem začetnem spustu enaki tekom celega zavitka (le pri DVTM).

1 UVOD

Živali uporabljajo zvoke pri prepoznavi partnerja, orientaciji, lovu in vzdrževanju teritorijev. Napevi žuželk in napevi nekaterih vrst ptic so v veliki meri prirojeni in zato lahko samo s poslušanjem določimo vrsto (Heinroth, 1911). Popisi živalskih vrst, ki temeljijo na poznavanju značilnega oglašanja vrste, etično niso sporni, ker zagotavljajo živalim svobodo.

Škržati so ena od mnogih živalskih vrst, ki uporabljajo za svojo komunikacijo zvok. S primerjavo časovnih in frekvenčnih lastnosti napevov lahko določimo vrsto škržata. Kljub vrstni specifičnosti napeva ni nujno, da ima ista morfološka vrsta samo en napev ali da je napev enak na različnih območjih.

Dundubia vaginata (Fabricius 1787) je ena najpogostejših vrst škržatov v deževnih pragozdovih Malezije. Napeve bornejske populacije sta opisala Riede in Kroker (1995). Škržati z Bornea in Malajskega polotoka se po mnenju strokovnjaka za to skupino in območje J.P. Duffelsa (osebni vir) morfološko ne razlikujejo, Trilar in Gogala (osebni vir) pa sta ugotovila, da so med populacijama škržatov *D. vaginata* z Bornea in Malajskega polotoka razlike v napevih. Naš namen je bil analizirati in definirati značilnosti pozivnega napeva populacije s polotoške Malezije. Analizirali smo tudi posnetke pozivnih napevov nedoločenega taksona škržatov iz dveh lokalitet na Malajskem polotoku, ki so po zvoku podobni napevom bornejske populacije škržata *D. vaginata*. Tudi spektrogram kaže podobno zgradbo fraze (Slika 4 in 5). Razlika je v tem, da napev ni sestavljen iz enako dolgih fraz. Med daljše fraze so dodane krajše, ki imajo podobno zgradbo (Slika 5). Te napeve smo opisali in jih primerjali z napevi bornejske populacije škržata *D. vaginata*. Domnevali smo, da populacije škržata *Dundubia vaginata* z Malajskega polotoka in Bornea predstavljajo dve ali celo tri ozko sorodne vrste.

2 PREGLED OBJAV

2.1 »ŠKRŽADJA« PRAVDA

»Škržad«, škržat - Že nekaj let poteka škržadja pravda. Razlog je za človeka, ki se ne ukvarja s slavistiko, morda nekoliko »kašast« (al' prav se piše kaša ali kaša). Obe besedi imata namreč isti pomen. Razlogi, ki govorijo za souporabo oblike »škržad«, zadnji izdaji Slovenskega pravopisa (Toporišič, 2001) navkljub, so trije. Prvič, oblika besede s končnico »-d« je bila uradna oblika do leta 1935; tako obliko je dal v takratni Slovenski pravopis profesor Levec, verjetno na podlagi Erjavčeve rabe besede škržad in Štrekljeve habilitacije *Morphologie* iz leta 1886: ta predvideva v nominativu obliko škržat, v ostalih sklonih pa uporablja končnico z »-d« (Matičeto, 1999). Drugi razlog je ta, da je v večjem delu primorske regije, kjer je zastopanost te skupine živali v Sloveniji daleč največja, najbolj pogosta raba oblike z »-d« (Matičeto, 1999). Tretji in najpreprostejši pa je ta, da je besedo škržad lažje izgovoriti in sklanjati, kot njeno uradno sopomenko.

2.2 ZVOČNA KOMUNIKACIJA V TROPSKEM DEŽEVNEM GOZDU

Velika vrstna diverzitetna tropskih deževnih gozdov je očitna že po številu različnih napevov, ki jih slišimo. Elton (1973) v svojem delu poroča o 3000 različnih vrstah žuželk, najdenih v raziskavah desetih drevesnih krošenj v deževnem gozdu na Borneu. Riede (1997) pa ocenjuje, da je v deževnih gozdovih Bornea okoli 4000 vrst žuželk, ki se oglašajo. Zvočna komunikacija ima v tropskih deževnih gozdovih velik pomen iz dveh razlogov: prvič, velik del živali ima višek aktivnosti ponoči in drugič, ker je na večje razdalje tudi podnevi optična komunikacija otežena zaradi goste vegetacije (Elton, 1973). Zvočno komunikacijo moti in duši biotski šum, ki ga ob komuniciranju proizvajajo druge vrste. Rešitvi tega problema sta dve: prva je uporaba napevov v različnih frekvenčnih območjih in uporaba napevov v enakih frekvenčnih območjih v različnih časih dneva (Riede, 1996; Gogala in Riede, 1995; Riede, 1997). Drugi način predvideva prostorsko razporejanje osebkov. Ločimo vertikalno in horizontalno razporejanje. Pri vertikalnem razporejanju so različne vrste razporejene v različnih slojih, pri horizontalnem pa pride do zbiranja osebkov iste vrste na enem območju (Riede, 1997). Večina škržatov poje visoko v krošnji dreves z izjemo nekaterih vrst, ki pojejo v nižjih slojih gozda. Vrste, ki pojejo podnevi ali ponoči, so pri akustičnem komuniciranju organizirane predvsem prostorsko,

časovna sinhronizacija je manj pomembna. Osebki iste vrste so v tem primeru zbrani znotraj gozda na nekaj hektarih, nekatere dolgotipalne kobilice (*Ensifera*) pa kar na istih grmih oz. krošnjah (Riede, 1997). Osebki iste vrste, ki pojejo v takem zboru, imajo prednost pred »solisti«, ker je manjša verjetnost, da jih plenilec najde (Simmons et al., 1971). Zbor osebkov iste vrste privabi več samic, kot bi jih privabil posamezen pojoč osebek (Doolan in McNally, 1981).

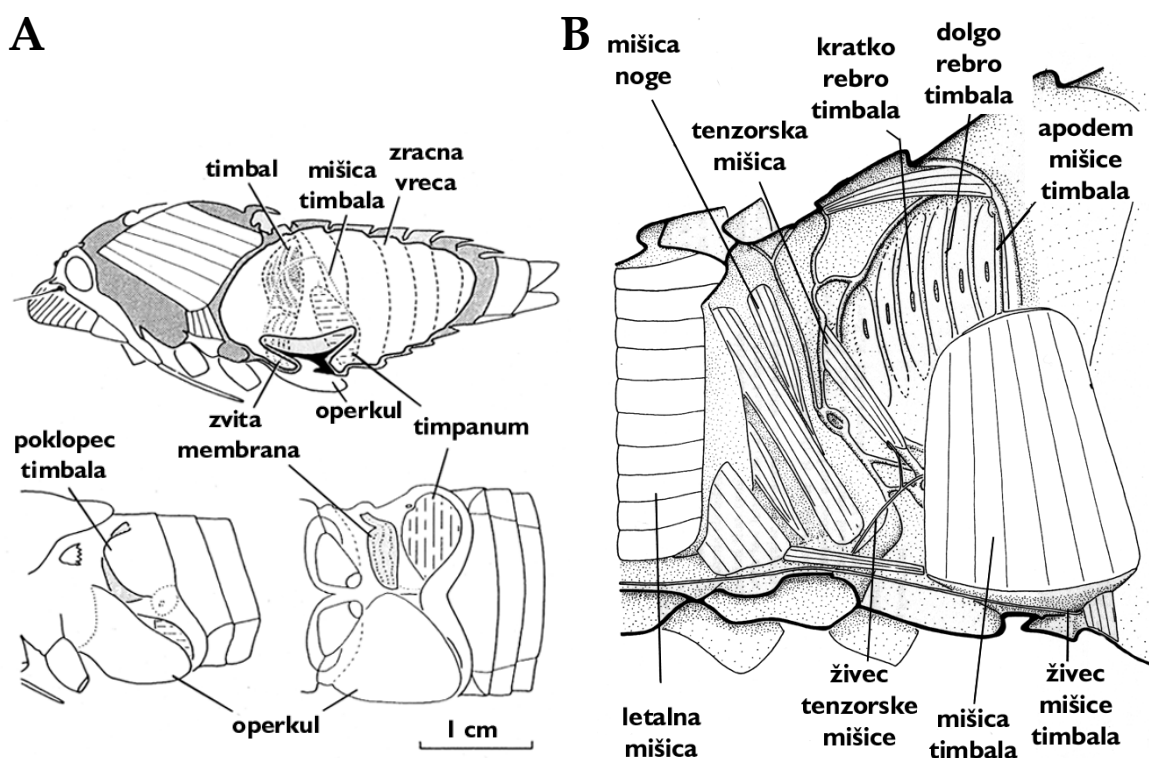
Jutranji in večerni zbor predstavljata časovno organiziranost petja živali. V jutranjem in večernem zboru sodelujejo različne vrste. Zora oz. mrak predstavljata dražljaj za sinhronizacijo začetka petja. Petje zbora traja od pol do ene ure ob zori in mraku. Nekatere vrste se oglašajo le v jutranjem in/ali večernem zboru, druge pojejo tudi ob drugih urah dneva (Riede 1996, 1997; Riede in Gogala, 1995; Riede in Kroker, 1995).

Največji delež pri proizvodnji biotskega šuma v tropskem deževnem gozdu je Riede (1996) pripisal vretenčarjem (*Mammalia*, *Aves* in *Amphibia: Anura*), med žuželkami pa prevladujejo *Orthoptera* (*Gryllidae*, *Tettigoniidae*) in *Hemiptera* (*Cicadidae*). Cikade so v gozdovih paleotropov prevladujoči proizvajalci zvokov, zlasti v jutranjem in večernem zboru, med tem ko so v neotropih manj pomembni (Riede, 1993).

Velikost živali je pomembna pri zvočni komunikaciji. Premer zvočnega vira mora biti vsaj 0,16 valovne dolžine oddajane zvoka (Bennet-Clark, 1995). V nasprotnem primeru motnje, nastale ob robu zvočila, dušijo valovanje proizvedenega zvoka. Majhne žuželke uporabljajo le ultrazvok. Ultrazvok v tropih ne pride v poštev, ker je njegovo širjenje močno dušeno z biotskim šumom (Riede, 1997) in ovirano z gosto vegetacijo. Nekatere skupine živali to velikostno oviro obidejo s povečanjem površine, s katere oddajajo zvok. Tako *Oecanthus* spp. položi krila čez luknjo v listu. Valovanje se tako prenese in oddaja iz površine celega lista. Bramorji (*Grillotalpa* spp.) pa pogosto na podoben način izkoristijo izkopen rov (Bennet-Clark, 1995).

2.3 MEHANIZEM OGLAŠANJA ŠKRŽATOV

Zvočilni organi škržatov imajo štiri sestavne dele: generator zvoka, vir moči za pogon tega generatorja, resonator, ki nekatere v generatorju proizvedene frekvence ojača, druge pa zaduši, in površino za oddajanje zvoka. K lastnostim oddajane zvoka prispevajo vse štiri komponente (Young, 1990).



Slika 1A (Bennet-Clark in Young, 1992: 124). Anatomija in morfologija zvočilnih organov škržata. Sagitalni prerez (zgoraj). Zunanja morfologija, lateralni pogled (spodaj levo). Zunanja morfologija, ventralni pogled (spodaj desno). Na levi strani telesa je poklopec timpana odstranjen.

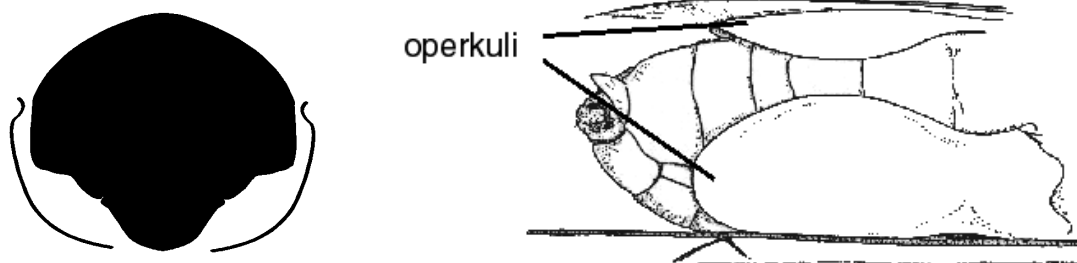
Slika 1B (Young, 1972: 24). Anatomija zvočilnih organov škržata. Sagitalni prerez, pogled na desno polovico.

Prvi pravilni opis organov za proizvodnjo zvoka je podal Casserius v letu 1600 (Myers, 1929, cit. po Pringle, 1954). Reaumur (1740, cit. po Pringle, 1954) je predlagal danes veljavni opis o glašanja – pokanje para s hitinskimi rebri ojačanih membran (timbalov), ki sta nameščeni na dorzolateralni strani prvega abdominalnega segmenta (Slika 1a). Ob tem je predpostavil, da pokanje timbala povzroča mišica, ki je pritrjena na njegovo površino (Slika 1b). Generator zvoka je v primeru škržatov timbal, vir moči pa mišica timbala.

Podrobno anatomijo timbala sta podala Young in Bennet-Clark (1995). Timbal je obdan z nepožnim okvirjem iz sklerotizirane kutikule. Na timbalu je različno število reber, ki potekajo v dorzoventralni smeri. Kranialno pred rebri je nameščena plošča timbala. Rebra in plošča so močnejše sklerotizirani deli kutikule. Na ploščo je pritrjena mišica, ki upogiba timbal pri pokanju. Kutikula izven predela reber in plošče vsebuje velike količine prožnega resilina, ki omogoča upogibanje timbala. Slabše sklerotizirana mesta na rebrih določajo linije upogiba. Timbal je konveksno izbočen. Ko tenzija mišice ob kontrakciji dovolj naraste, se timbal začne upogibati navznoter.

Upogib določajo rebra timbala, ki se lahko vbočijo sočasno ali zaporedoma. Upogib posameznega rebra povzroči pok. Na eno kontrakcijo mišice timbala zato lahko dobimo več pokov (Young, 1972). Timbal se brez pomoči mišic vrne v svojo prvotno obliko, kar povzroči še enega ali več pokov. Povrnitev timbala v začetno obliko je lahko tudi tiha (Simmons in Young, 1978). Pogosto se poki razlikujejo med levim in desnim timbalom in tudi med vbočenjem in izbočenjem istega timbala (Fonseca in Bennet-Clark, 1997).

Frekvenca kontrakcije mišice timbala je pri večini škržatov med 100 in 200 Hz. Pri vrsti *Platypleura ortoguttata* so izmerili frekvenco kontrakcije celo 500 Hz, vendar je možno, da gre za napako (Bennet-Clark, 1995). Kontrakcija mišic timbalov istega osebka je lahko sočasna ali pa se mišici krčita izmenično na levi in desni strani. Fazni zamik kontrakcije za 180° podvoji frekvenco pokov (Gogala in Popov, 1997). Pri nekaterih vrstah je možen preklon iz sočasne kontrakcije na izmenično med samim petjem (Young in Josephson, 1983). Temperatura okolja vpliva na hitrost krčenja mišic. Kritična je predvsem nenadna sprememba temperature. Če je sprememba temperature okolja počasna, se lahko živali aklimatizirajo in časovni parametri napeva se ne spremenijo bistveno (Petkovšek, 1998; Gogala et. al, 1996).



Slika 2 (Riede in Kroker, 1995:49, levo in Overmeer in Duffels, 1967:35, desno). Operkuli pri vrsti Dundubia vaginata. Levo prečni prerez abdomna in operkulov v višini timpanalnih membran. Desno abdomen škržata D. vaginata ventrolateralno. Prikaz dolžine operkulov, ki pri tej vrsti običajno segajo do šestega, včasih pa celo do sedmega abdominalnega segmenta.

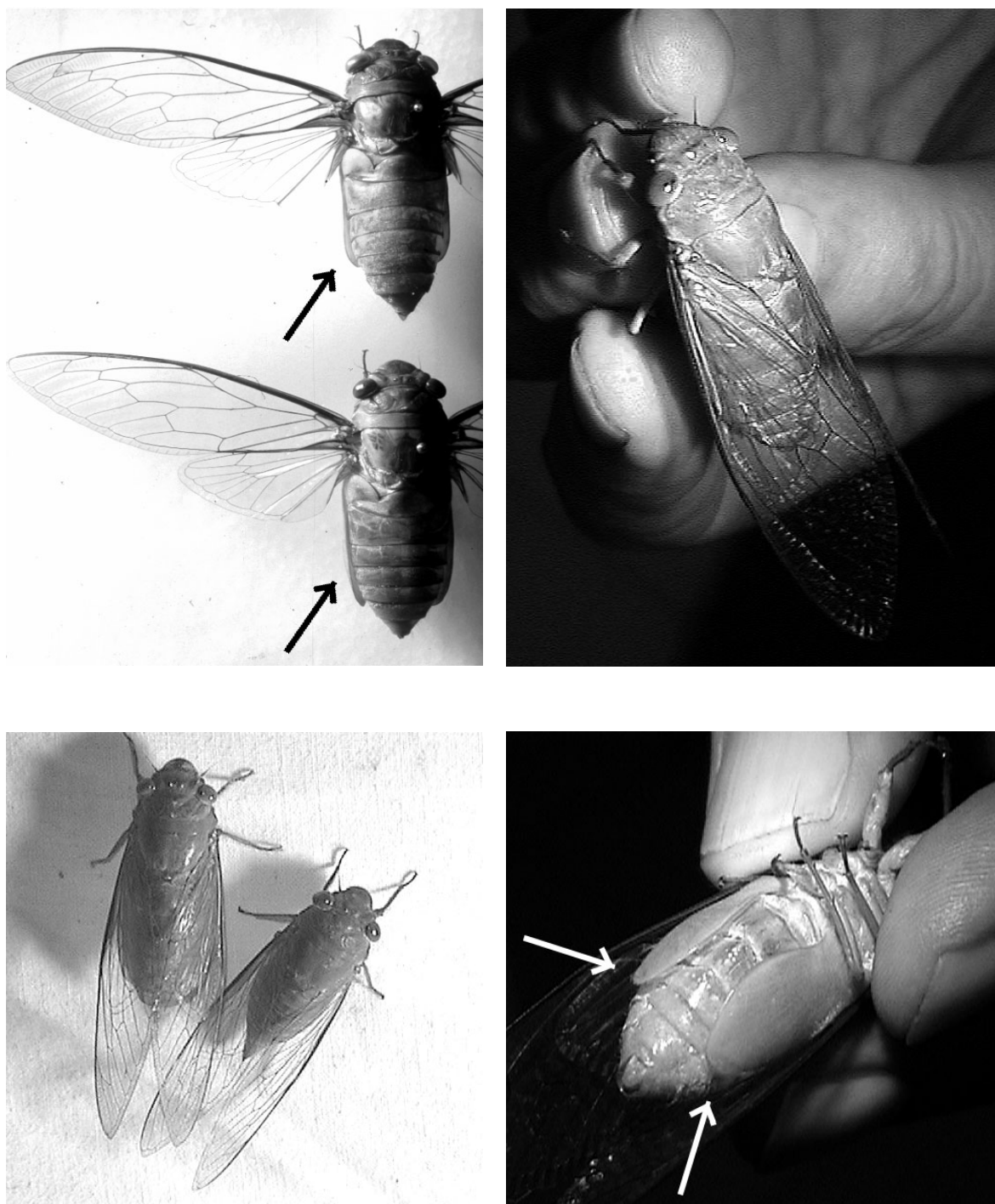
Zvočni valovi poka so ojačani in pogosto spremenjeni z različnimi strukturami. Timbal sam deluje kot resonator in frekvenčni multiplikator (Young in Bennet-Clark, 1995). V abdomnu škržatov so zračne vreče, ki delujejo kot pasovni frekvenčni filter in ojačevalnik (Bennet-Clark in Young, 1992). To ne velja za vse vrste (Fonseca in Popov, 1994). Delovanje zračnih vreč lahko primerjamo s Helmholtzovim resonatorjem (Young, 1990; Bennet-Clark in Young, 1992). Živali lahko modulirajo frekvenco oddanega zvoka s spremembo volumna zračnih vreč (npr. pri zvijanju ali elongaciji zadka) in tenzije tkiva v stenah vreč.

Večji del zvočne energije se odda skozi parni membranski strukturi, imenovani timpana (Young, 1990), ki sta del stene abdominalne zračne vreče. Kadar se živali ne oglašajo, timpana služita kot sprejemnika zvoka. Zvok oddajata tudi timbala, ki imata ponavadi lastno resonančno frekvenco usklajeno z resonančno frekvenco abdominalne zračne vreče (Young in Bennet-Clark, 1995), ni pa to nujno (Fonseca in Popov, 1994). Timpanalni membrani pokrivata operkula, ki imata pomembno vlogo pri zvočni radiaciji in modulaciji. Z abdomnom tvorita dodaten resonančni prostor (Slika 2 in Slika 3). S spreminjanjem lege operkulov lahko živali modulirajo zvok. Tenzorska mišica, pritrjena na okvir timbala, igra pomembno vlogo pri amplitudni modulaciji zvoka (Fonseca, 1996; Fonseca in Hennig, 1996). S kontrakcijo le-te se timbal napne in postane bolj tog.

Pestrost zvokov družine Cicadidae je posledica vseh zgoraj navedenih mehanizmov. Nekatere vrste znotraj družine imajo napeve s čistimi toni (npr. *Lembeja brunneosa*, *Chlorocysta viridis*, *Magiccada septendecim*). Večina vrst te družine pa proizvajajo frekvenčno široko pasovne zvoke, ki poleg osnovne frekvence in njenih harmoničnih frekvenc vsebujejo še precej šuma (Young in Josephson, 1983a).

2.4 ZVOČNA KOMUNIKACIJA ŠKRŽATOV

Oglašanje škržatov je Boulard (1994/1995) razdelil na: pozivni napev (omogoča zблиževanje partnerjev), snubitveni napev (ko se samica približa), vznemirjenostni napev (če jih kaj zmoti) in protestni napev (če so ujeti, napadeni, ko bežijo, ko se borita dva samca). Protestni napevi različnih vrst škržatov so si med seboj dokaj podobni in imajo širokopasoven frekvenčni spekter (da jih plenilec zagotovo sliši). Ker pozivni napevi omogočajo prepoznavo spolnih partnerjev, so vrstno specifični (Pringle, 1955; Ewing, 1989). Poznavanje pozivnih napevov vrst zato lahko uporabljamo pri favnističnih popisih (Riede, 1993). Nekateri avtorji z njihovo pomočjo ocenjujejo tudi sorodnost taksonov (Fonseca 1991, Gogala, 1995; Gogala et al., 1996, Gogala in Popov, 1997; Gogala in Trilar, 1999).



Slika 3. Škržat *Dundubia vaginata*. Zgoraj levo: škržati v zbirki Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Zgornji osebek je z Malajskega polotoka, spodnji z Bornea. Na sliki se jasno vidijo operkuli (označeno s puščico). Osebki na ostalih slikah so z Malajskega polotoka. Spodaj levo: dva osebka, ki sta priletela k luči. Zgoraj desno: osebek v roki raziskovalca. Spodaj desno: ventralni pogled na abdomen istega osebka. Operkula sta označena s puščicama. Vse slike M. Gogala.

2.5 DUNDUBIA VAGINATA

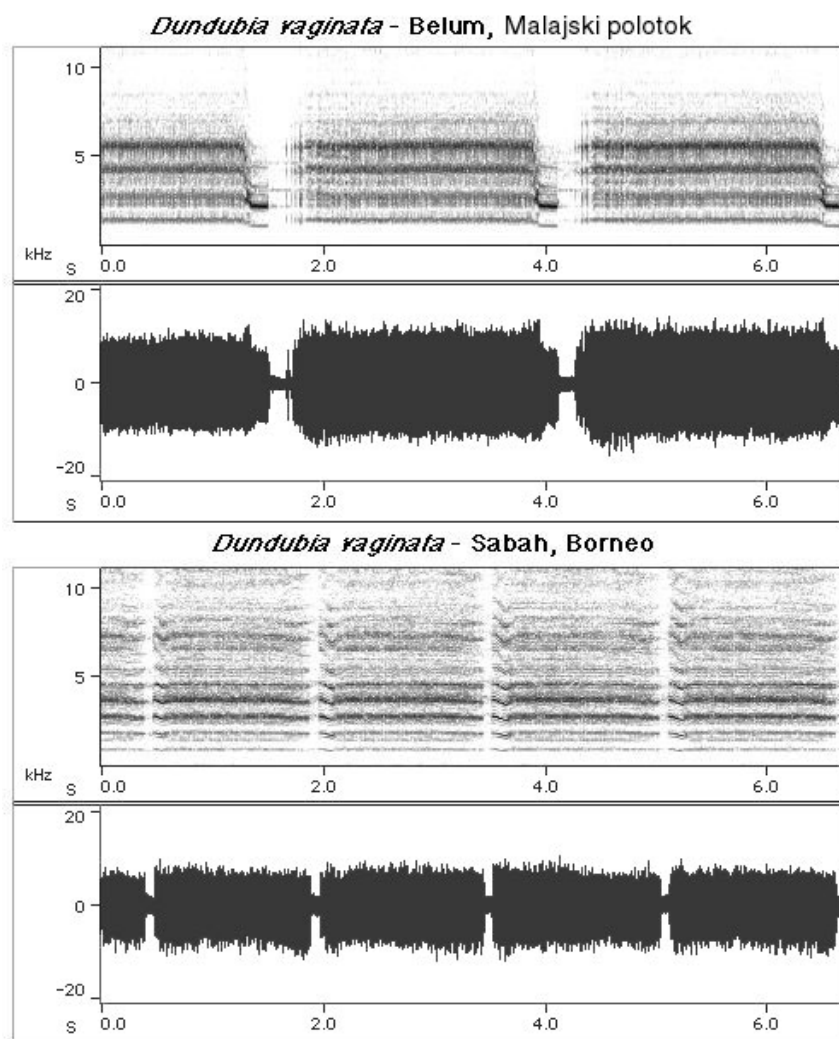
Vrsto *Dundubia vaginata* (Slika 3) je prvi opisal Linné leta 1754 pod imenom *Dundubia mannifera*. Leta 1758 je izdal deseto izdajo svojega dela »Systema Naturae«, splošno sprejeto začetno točko zoološke nomenklature – toda te vrste v svoje delo ni vključil. Zato je Linnéjevo poimenovanje po njegovih lastnih pravilih zapadlo med »pred-Linnéjevska« in je bilo razveljavljeno. Vrsto je ponovno opisal Fabricius v letu 1787 (Moulton, 1923).

V rodu *Dundubia* sta Amyot in Serville leta 1843 združila nekatere vrste, ki so bile do takrat razporejene v različne rodove (*Tettigonia vaginata* Fabricius, *T. spinosa* Fabricius, *Cicada chlorogaster* Boisduval in *C. doryca* Boisduval). V svoji reviziji rodu *Dundubia* Amyot & Serville navajata Overmeer in Duffels (1967) dvanajst taksonov tega rodu. Vrsto *D. vaginata* opisujeta kot zeleno do rjavkasto, barva zelo variira med tema odtenkoma. Gogala (osebni vir) pa trdi, da je žival izključno listno zelena. Overmeer in Duffels (1967) razlikujeta tudi varieteto *nigrimacula*, ki ima črne pike na abdomnu. Za vrsto so značilni zelo dolgi operkuli samca, ki pokrivajo timpanalne membrane in dosejajo šesti ali celo sedmi abdominalni segment. Telo samca je veliko od 35,0 do 45,0 mm, telo samice pa od 30,0 do 39,0 mm. Timbal ima sedem reber (Riede in Kroker, 1995).

Moulton (1923) v svojem delu »Cicadas of Malaysia« za razširjenost škržata *D. vaginata* navaja celotno Malezijo, vrsta pa naj bi segala tudi na sever proti Indiji in Kitajski ter na jug v severno Avstralijo. Moulton v omenjenem delu pojmuje pod Malezijo sam Malajski polotok, Borneo (Kalimantan), Sumatro in Javo s pripadajočimi manjšimi otočki. Overmeer in Duffels (1967) navajata podobno razširjenost, vendar dvomita v prisotnost vrste v Avstraliji. To potrjuje tudi Moulds (1990: 54).

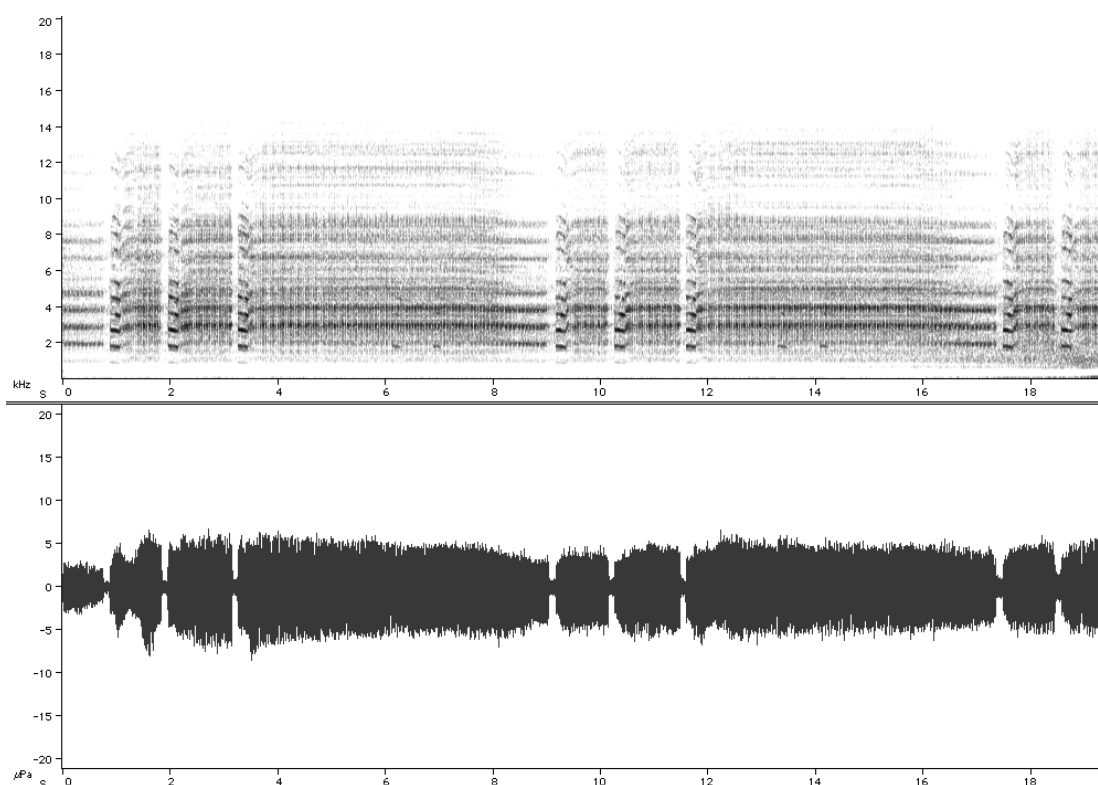
Napeve vrste sta prva opisala Riede in Kroker (1995) na podlagi posnetkov iz nacionalnega parka Kinabalu, Borneo. Pozivni napev sta opisala kot preprost, saj sestoji iz ponavljanja enakih kratkih fraz. Frazo pozivnega napeva sta avtorja razdelila na dva dela: kratkega (mi smo ga označili kot »predvitek«, Slika 7) in dolgega (mi smo ga označili kot »glavni odsek«, Slika 7). Za predvitek navajata trajanje 139 ± 31 ms ($N = 170$) in osnovno frekvenco nekoliko pod 880 Hz. Avtorja za ta del navajata še frekvenčne vrhove in sicer okoli 1730, 2610, 3459 in 7000 Hz.

Za glavni odsek sta ugotovila trajanje 1656 ± 327 ms ($N = 170$) in osnovno frekvenco pri 940 Hz. Višje harmonične frekvence glavnega odseka navajata ista avtorja pri 2,6 in 3,7 kHz. Osebkki te vrste se na Borneu začno oglašati okoli 11:30 in končajo najkasneje ob 17:30. V tem obdobju so njihovi napevi prevladujoči. Sodelujejo tudi v večernem zboru (okoli 18:30), vendar v tem času njihovi napevi niso dominantni (Riede in Kroker, 1995).



Slika 4. Primerjava pozivnega napeva vrste *D. vaginata* s polotoške Malezije in Bornea. Oba napeva sta sestavljena iz enakomerno ponaoljajočih se fraz. Zgoraj spektrogram, spodaj oscilogram napeva.

Na različnih odpravah so sodelavci Prirodoslovnega muzeja Slovenije posneli pozivne napeve taksona, ki ga je za vrsto *Dundubia vaginata* določil Duffels (osebni vir). Ti napevi so po zvoku drugačni od tistih z Bornea, razlika pa je popolnoma očitna iz spektrograma obeh napevov (Slika 4). Napevi te populacije sestavljajo precejšnji del zvočne slike v večini gozdov Malajskega polotoka, zlasti v popoldanskem času (Gogala in Trilar, osebni vir). Aktivnost te oblike sta opisala Gogala in Riede (1995)



Slika 5. Pozivni napev neznanega taksona z Malajskega polotoka. Spektrogram (zgoraj) in oscilogram (spodaj). Fraze se začno s frekvenčno moduliranim delom (predvoitkom). Zgradba fraze je enaka kot v pozivnem napevu populacije škržata *D. vaginata* z Bornea, le da so fraze tu različnih dolžin. Izstopa ena daljša fraza, ki je prisotna v vsaki ponovitvi napeva, medtem ko je število krajših fraz različno in se lahko spreminja od ene do druge ponovitve napeva pri isti živali.

pod začasnim imenom *Maua* sp. Avtorja sta ugotovila začetek petja ob 15.43 in konec ob 19.30, ko se žival pridruži večernemu zboru tik pred koncem petja le-tega. Opozoriti je potrebno, da Borneo in Malaja uporabljata isti lokalni čas, astronomsko pa je Malaja eno uro za Borneom.

Pozivni napevi neznanega taksona, ki so podobni napevom populacije *D. vaginata* z Bornea (Slika 5), po nam dostopni literaturi še niso bili opisani.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

Posnetke pozivnih napevov škržatov *Dundubia vaginata* in posnetke neznanega taksona z napevi, podobnimi bornejskim, smo dobili v zvočnem arhivu Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Posnela sta jih prof. dr. Matija Gogala in dr. Tomi Trilar. Posnetki so bili narejeni v letih 1994, 1996, 1999 in 2002 na Malajskem polotoku in malezijskem delu Bornea (Slika 6, Tabela 1). Temperatura zraka je bila med 23 °C in 29 °C.



Slika 6. Prikaz lokalitet snemanja vseh treh skupin posnetkov. Malezija je označena z belo barvo.

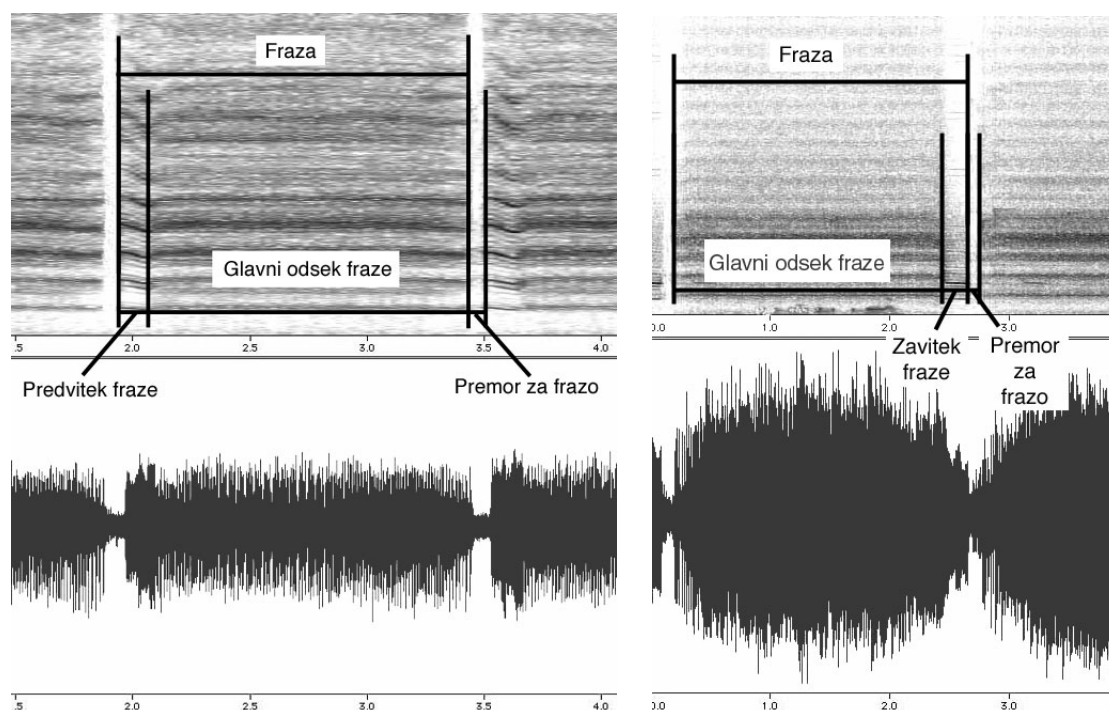
Tabela 1. Kraji snemanja posameznih akustičnih oblik.

Tip napeva	Lokaliteta
posnetki bornejske akustične oblike	Poring
posnetki malajske akustične oblike	Kuala Juram, Belum, Endau Rompin
posnetki napevov, podobnim bornejskim	Gombak, Endau Rompin

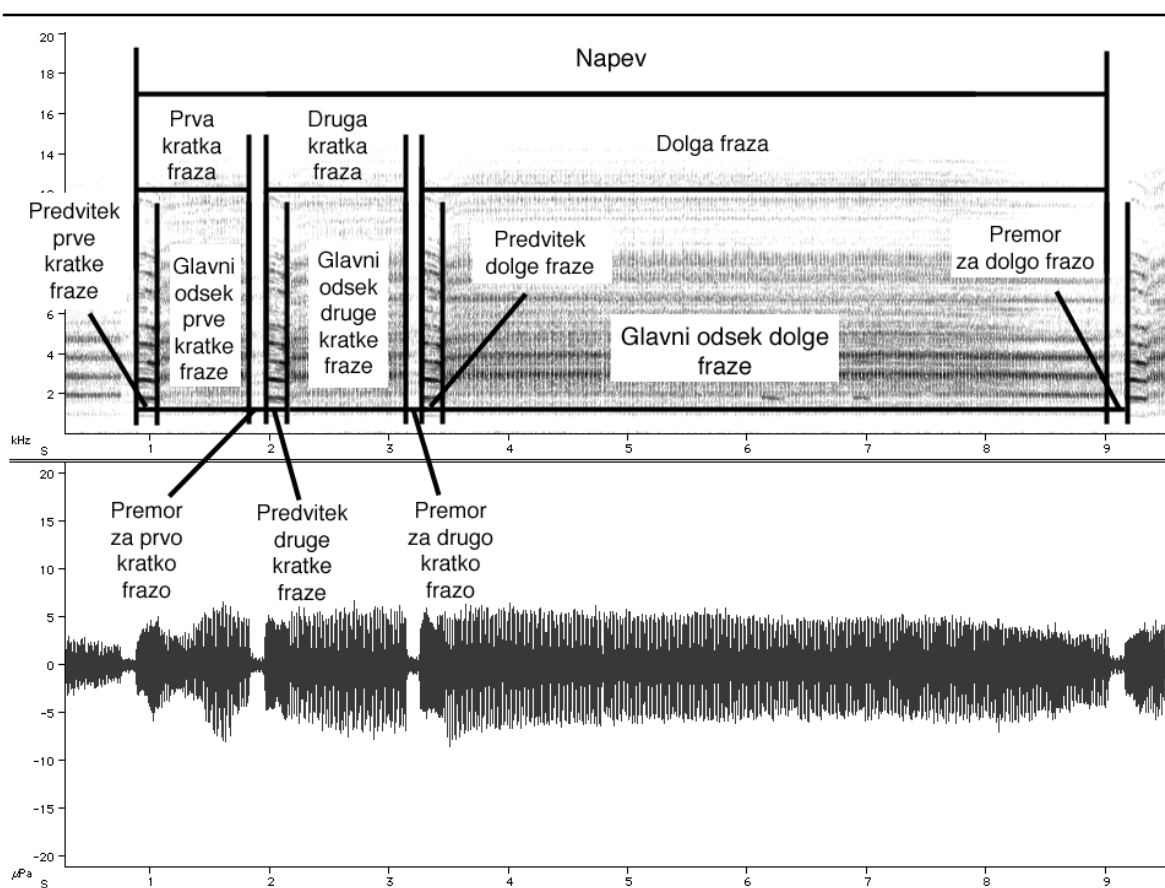
3.2 METODE

Snemalca sta za snemanje uporabljala parabolični stereo mikrofona TELINGA PRO III, ki ima funkcionalni premer parabole 54 cm in frekvenčno občutljivost med 40 in 16.000 Hz (± 4 dB) v stereo načinu (specifikacija proizvajalca). Signal iz mikrofona sta zapisovala v DAT kasetofon (Sony, različni modeli), vedno s frekvenco vzorčenja

48.000 Hz in 16 bitno globino. Na enem posnetku je posnet le en osebek. Signal smo v digitalni obliki prenesli v računalnik PowerMac G4, opremljen z zvočno kartico AUDIOMEDIA III, kjer smo posnetke obdelali s programom Canary 1.2.4. S poslušanjem smo izbrali posnetke, ki so bili najbolj kvalitetni in so vsebovali najmanj šuma. Analizirali smo le enega od dveh kanalov. Pri razlagi merjenja se opiramo na shemi (Slika 7 in 8) in na razdelek Slovarček (str. IX). Merili smo sledeče časovne parametre pozivnih napevov (dalje: napevov): trajanje glavnega odseka fraze, trajanje predvitka oz. zavitka in premora za frazo. Časovne parametre smo merili na spektrogramu posnetka (dolžina okvirja pri FFT: 512 točk). Frekvence smo odčitavali iz spektrov (dolžina okvirja pri FFT: 1024 točk) in izmerke uredili po frekvenčnih vrhovih. Iz urejenih izmerkov smo ugotovili osnovno frekvenco merjenega dela napeva in višje harmonične frekvence, ki so njen mnogokratnik. Na vseh posnetkih smo merili frekvenčne parametre za glavni odsek. Pri posnetkih DVTM smo merili frekvence še v zavitku, zelo kratkega frekvenčno moduliranega dela zavitka pri meritvi nismo upoštevali. Pri posnetkih DVBO in DVTB smo frekvence merili na začetku in na koncu predvitka, iz razlike prvih harmoničnih frekvenc pa smo izračunali frekvenčni spust (glisando, Slika 12). Spust smo preračunali na osnovno frekvenco. Pri merjenju se je pogosto zgodilo (pri DVBO in DVTB), da je bila osnovna frekvenca zabrisana zaradi šuma oz. ojačitvenih



Slika 7. Nomenklatura DVBO in DVTM. Levo napev akustične oblike z Bornea (spektrogram in oscilogram); desno napev akustične oblike z Malajskega polotoka (spektrogram in oscilogram). Opazna je razlika v zgradbi fraze. Bornejska akustična oblika ima frekvenčno moduliran del na začetku fraze (označeno kot predvitek), malajska pa pred koncem fraze.



Slika 8. Nomenklatura DVTB. Spektrogram in oscilogram napeva neznanega taksona z Malajskega polotoka, podobnega napevom bornejske populacije *D. vaginata*. Število kratkih fraz je lahko od napeva do napeva različno.

lastnosti parabole mikrofona. V tem primeru smo jo izračunali iz prve harmonične frekvence. Na osrednjem delu glavnega odseka DVTB in DVBO smo ugotavljali nizanje pulzov. Merili smo čas med najvišjimi vrhovi zaporednih pulzov.

Tonsko razliko med vrhovi smo določali iz spektrograma s programom Amadeus II v3.5.2.

Rezultate smo uredili in obdelali s programoma Microsoft Excel 98 in Kyplot 2.0 beta 15 avtorja Koičija Jošioke. Za rezultate meritev smo izdelali opisno statistiko. Izbrane parametre smo primerjali s Studentovim t-testom.

Za izračun decibelov je bila v programu Canary 1.2.4 uporabljena standardna referenčna vrednost 20 µPa (Charif et al., 1995).

4 REZULTATI

4.1 NAPEVI MALAJSKE POPULACIJE ŠKRŽATA *D. VAGINATA* (DVTM)

4.1.1 Opis napeva in rezultati meritev časovnih parametrov

Iz baze posnetkov smo izbrali 21 posnetkov. Parametre zvoka smo izmerili na prvih desetih merljivih frazah vsakega posnetka. Statistično smo obdelali 210 fraz (Tabela 2).

Napev je sestavljen iz ponavljanja enega tipa fraze (Slika 4). Fraza sestoji iz glavnega odseka in zavitka (Slika 7). Glavni odsek je daljši od zavitka. Traja 2272 ± 237 ms ($N = 210$) (Slika 9a). Trajanje zavitka je 188 ± 26 ms ($N = 210$) (Slika 9b). Izmerki trajanja premorov za frazo se razporejajo asimetrično, zato navajamo mediano, ki je pri 113 ms. Interkvartilni razmik je 57 ms. Prvi kvartil je pri 89 ms, tretji pa pri 146 ms.

4.1.2 Rezultati meritev frekvenčnih parametrov

Osnovno frekvenco glavnega odseka smo določili pri $1,39 \pm 0,03$ kHz ($N = 210$). Pri posnetkih z malo šuma so bile višje harmonične frekvence opazne do 21 kHz. Dominantni frekvenčni vrh je običajno druga ali tretja harmonična frekvenca. Prvih pet vrhov je najbolj izrazitih (Slika 10a), ostali so večinoma šibki ali zabrisani s šumom. Za rezultate smo izdelali opisno statistiko (Tabela 3).

Po začetni, zelo hitri modulaciji se frekvence v zavitku ne spreminjajo več. Osnovno frekvenco zavitka smo ugotovili pri $1,08 \pm 0,01$ kHz ($N = 210$). Dominantni frekvenčni vrh je prva harmonična frekvenca pri $2,17 \pm 0,07$ kHz ($N = 210$), ki je na vseh posnetkih od 6 do 26 dB glasnejša od osnovne frekvence. Vedno je bil razločen tudi tretji frekvenčni vrh pri $3,25 \pm 0,11$ kHz ($N = 210$). Ostali vrhovi so bili na večini posnetkov težje ločljivi od stranskih pasov (Slika 10b, Tabela 4). Večji del zvočne energije je med približno 1 kHz in 7,5 kHz (Slika 10b). Razlika med osnovnima frekvencama glavnega odseka in zavitka je približno ton in pol.

Tabela 2. Opisna statistika časovnih parametrov fraze DVTM. Časi so v milisekundah.

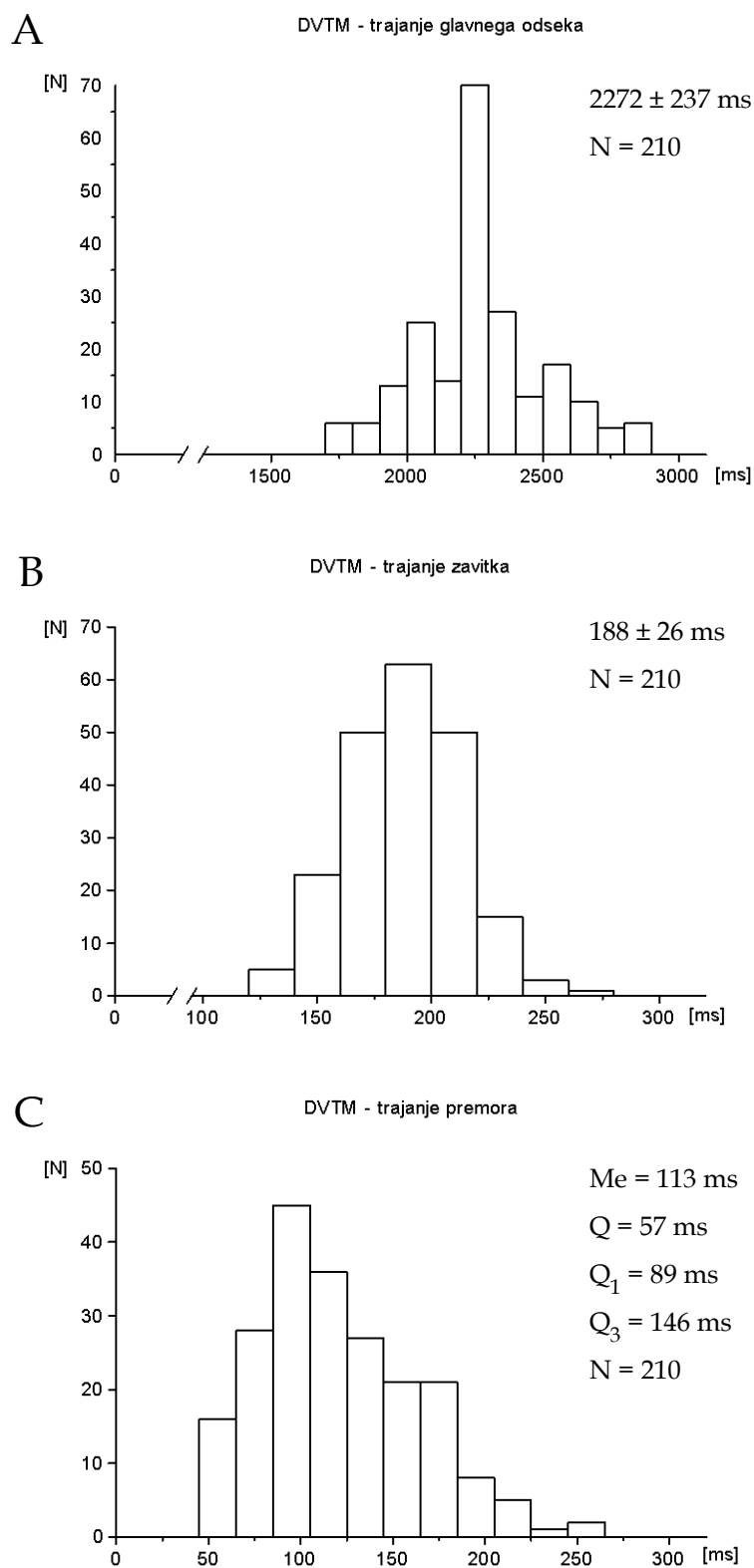
	Glavni odsek	Zavitek	Premor
N	210	210	210
Povpre je	2272	188	121
Standardni odklon	237	26	43
Standardna napaka	16	2	3
Minimum	1730	124	47
Maksimum	2859	263	263
Spodnja meja zaupanja (0,95)	2255	186	118
Zgornja meja zaupanja (0,95)	2288	190	124

Tabela 3. Opisna statistika izmerkov prvih sedmih frekvenčnih vrhov glavnega odseka DVTM. Provi vrh je osnovna frekvenca, ostalo so vrhovi višjih harmoničnih frekvenc. Frekvence so v kHz.

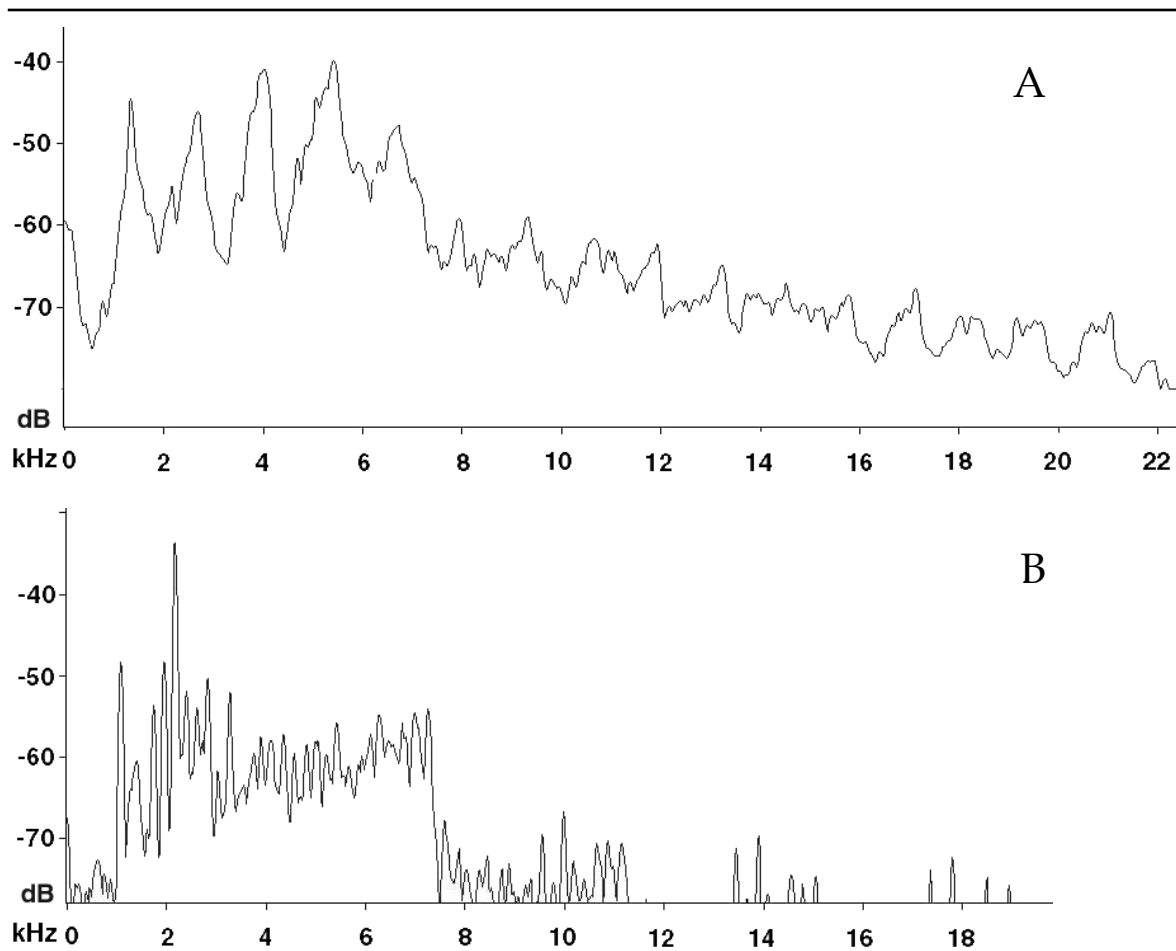
Frekven ni vrh	prvi	drugi	tretji	etrți	peti	šesti	sedmi	osmi
N	210	210	210	210	180	120	80	60
Povpre je	1,39	2,74	4,11	5,39	6,61	8,06	9,26	10,51
Standardni odklon	0,03	0,07	0,09	0,21	0,23	0,24	0,13	0,10
Standardna napaka	0,002	0,005	0,006	0,014	0,017	0,022	0,015	0,013
Minimum	1,31	2,53	3,75	4,969	5,39	7,31	9,00	10,22
Maksimum	1,45	2,91	4,27	5,91	7,27	8,48	9,70	10,73
Spodnja meja zaupanja (0,95)	1,39	2,73	4,10	5,37	6,60	8,03	9,24	10,50
Zgornja meja zaupanja (0,95)	1,39	2,74	4,12	5,40	6,63	8,08	9,27	10,52

Tabela 4. Opisna statistika izmerkov prvih sedmih frekvenčnih vrhov zavitka DVTM. Provi vrh je osnovna frekvenca, ostalo so harmonične frekvence. Dominantna je proa harmonična frekvenca. Frekvence so v kHz.

Frekven ni vrh	prvi	drugi	tretji	etrți	peti	šesti
N	210	210	210	160	70	60
povpre je	1,08	2,17	3,25	4,33	5,40	6,41
Standardni odklon	0,01	0,07	0,11	0,14	0,19	0,38
Standardna napaka	0,0002	0,005	0,008	0,011	0,022	0,048
Minimum	1,07	2,15	2,77	3,70	4,92	6,05
Maksimum	1,10	2,95	3,89	4,78	6,19	7,88
Spodnja meja zaupanja (0,95)	1,08	2,16	3,24	4,31	5,38	6,36
Zgornja meja zaupanja (0,95)	1,08	2,17	3,26	4,34	5,42	6,45



Slika 9. Histogrami dolžin merjenih parametrov napeva DVTM. Glavni odsek (A) je najdaljši. Dolžine premorov (C) se razporejajo asimetrično, zato jih podajamo z mediano in interkvartilnim razmikom.



Slika 10. Spekter glavnega odseka DVTM (A) in spekter zavitka DVTM (B). Na zgornji sliki so vidni vrhovi do 21 kHz, prvih pet je najmočnejših. Spekter je bil narejen na zelo čistem posnetku. Na spodnji sliki je jasno viden dominantni vrh prve harmonične frekvence. Desno od njega se pojavlja mnogo drobnih vrhov stranskih pasov, med katerimi najpogosteje ni moč poiskati harmoničnih frekvenc.

4.2 NAPEVI BORNEJSKE POPULACIJE ŠKRŽATA *D. VAGINATA* (DVBO)

4.2.1 Opis napeva in rezultati meritev časovnih parametrov

Na voljo smo imeli tri posnetke različnih dolžin. Najkrajši je vseboval 12 fraz. Na vseh posnetkih smo zato pomerili prvih 12 merljivih fraz. Osnovna frekvenca je bila jasno izražena le v nekaj frazah enega posnetka, zato smo jo izračunali iz prve harmonične frekvence.

Napev je sestavljen iz ponavljanja enega tipa fraze. Fraza se začne s frekvenčno moduliranim delom (predvitkom), sledi glavni odsek (Slika 7). Naši rezultati prikazujejo veliko različnost med trajanjem istih odsekov fraze pri različnih osebkih, medtem ko so med frazami istega osebka razlike bistveno manjše. To se vidi kot polimodalnost na histogramih (Slika 13). Zato navajamo le razpon meritev (Tabela 5). V razpravi smo se opirali predvsem na opis napeva, ki sta ga podala Riede in Kroker (1995).

Osrednji del glavnega odseka fraze je sestavljen iz trojic pulzov (Slika 11). Ugotovljeni ponavljalni čas trojic je bil 37 ± 2 ms ($N = 17$). Časovni razmik med prvim in drugim vrhom v trojici pulzov je nekoliko krajši kot razmik med drugim in tretjim: 10 ± 2 ms ($N = 13$) proti 12 ± 2 ms ($N = 13$).

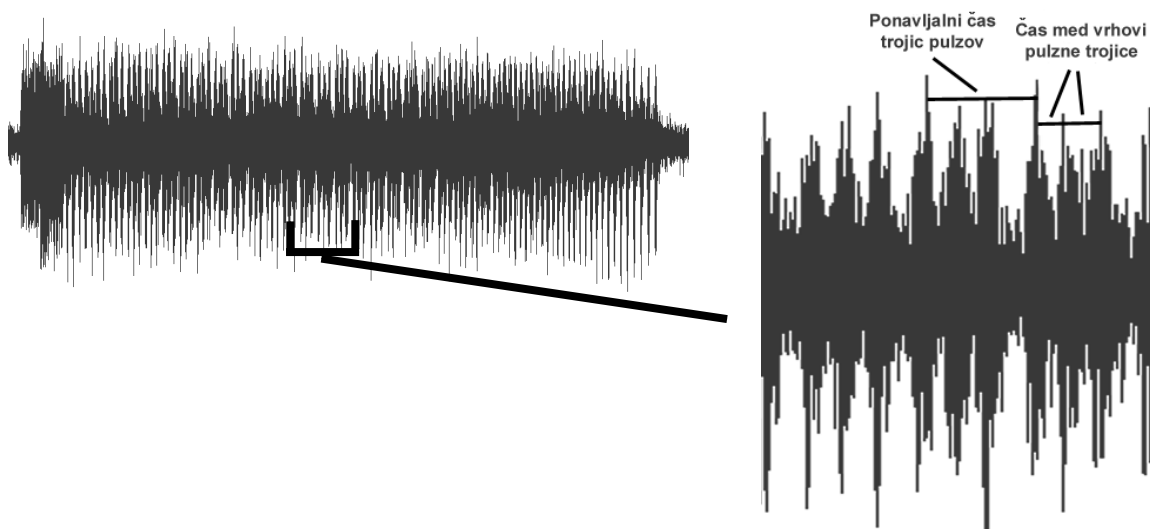
Tabela 5. Razponi meritev časovnih parametrov skupine DVBO. Vsi časi so v milisekundah.

Del fraze	predvitek ($N = 36$)	glavni odsek ($N = 36$)	premor za frazo ($N = 36$)
Minimum	105	1346	43
Maksimum	216	1984	101

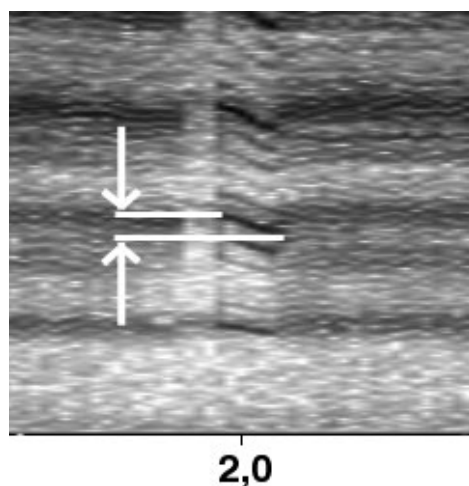
4.2.2 Rezultati meritev frekvenčnih parametrov

Glavnemu odseku smo izračunali osnovno frekvenco ($0,87 \pm 0,03$ kHz) iz prve harmonične frekvence ($1,73 \pm 0,04$ kHz). Na posnetkih smo lahko izmerili osem frekvenčnih vrhov (Tabela 6). Za vse meritve velja $N = 36$.

Predvitek DVBO je moduliran preko cele svoje dolžine (frekvenčni spust), nato pa se frekvence hitro dvignejo v glavni odsek. Osnovno frekvenco začetka predvitka smo določili pri $0,86 \pm 0,02$ kHz ($N = 36$), prvo harmonično frekvenco pa predstavlja vrh pri $1,72 \pm 0,03$ kHz ($N = 36$). Vrhovi ostalih harmoničnih frekvenc so še pri $2,57 \pm 0,08$ kHz, $3,43 \pm 0,04$ kHz, $4,31 \pm 0,14$ kHz in $5,17 \pm 0,22$ kHz (za vse velja $N = 36$). Največ energije ima običajno tretja harmonična frekvenca (pri 3,43 kHz). Frekvenčni spust znaša približno 50 Hz, kar je 0,9 % osnovne frekvence oz. pol tona.



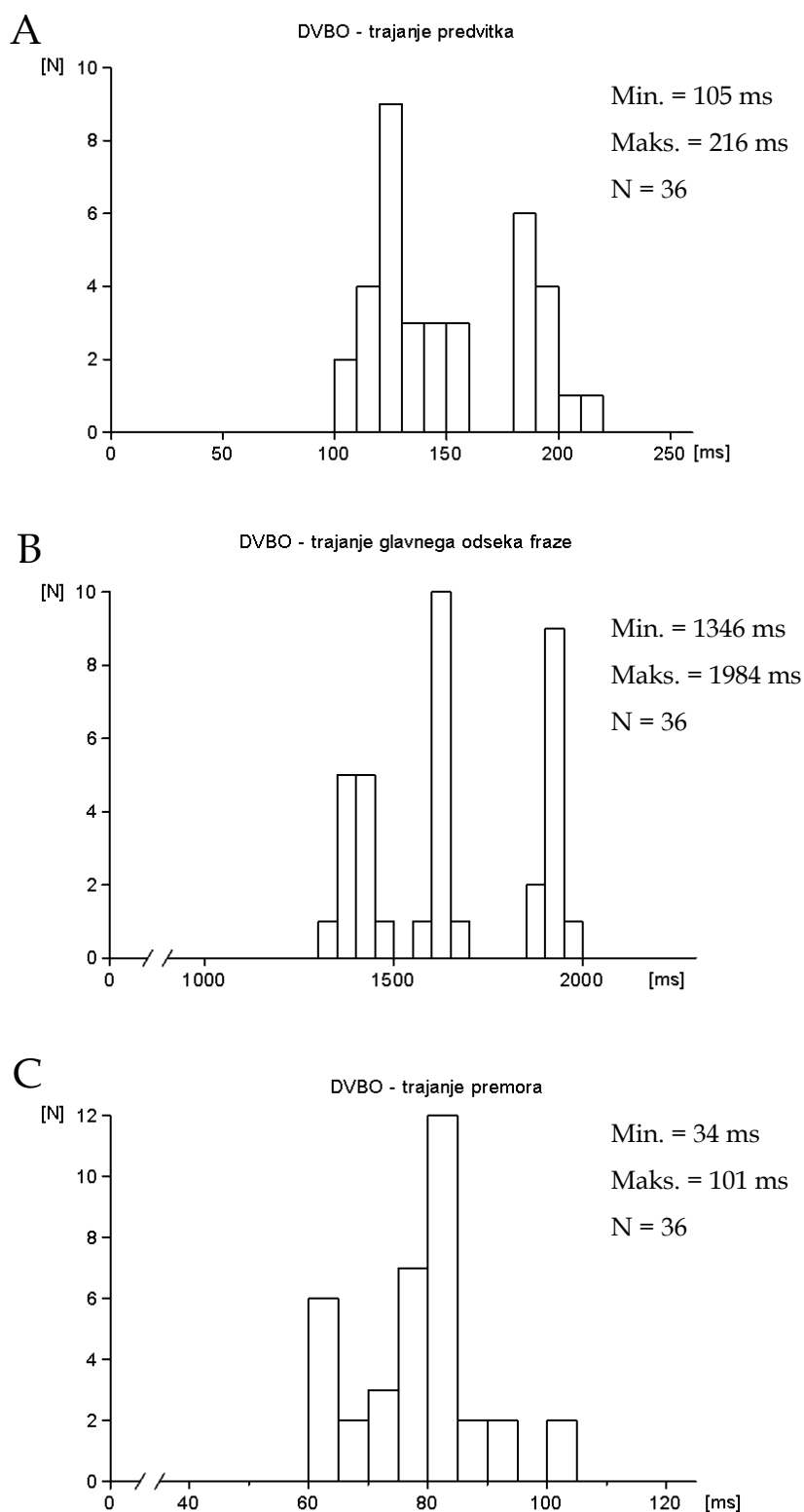
Slika 11. Trojice pulzov osrednjega dela glavnega odseka fraze DVBO. Desno so prikazani merjeni parametri.



Slika 12. Glisando. Prikaz meritve frekvenčnega spusta v predvoitkih DVBO in DVTB. Izsek iz spektrograma DVBO. Frekvenc nismo odčitali iz spektrograma, pač pa iz spektra.

Tabela 6. Opisna statistika frekvenčnih vrhov glavnega odseka DVBO. Frekvence so v kHz. Prvi frekvenčni vrh je osnovna frekvenca, ostali vrhovi so višje harmonične frekvence.

Frekven ni vrh	prvi	drugi	tretji	etrți	peti	šesti	sedmi	osmi
N	36	36	36	36	36	36	36	36
Povpre je	0,87	1,73	2,61	3,45	4,37	5,49	6,75	7,67
Standardni odklon	0,02	0,04	0,09	0,05	0,14	0,15	0,10	0,07
Standardna napaka	0,004	0,007	0,015	0,008	0,023	0,027	0,017	0,011
Minimum	0,81	1,62	2,56	3,38	4,24	5,18	6,42	7,55
Maksimum	0,89	1,78	2,95	3,49	4,76	5,77	6,89	7,83
Spodnja meja zaupanja (0,95)	0,86	1,73	2,60	3,44	4,35	5,47	6,74	7,66
Zgornja meja zaupanja (0,95)	0,87	1,74	2,63	3,46	4,40	5,52	6,77	7,68



Slika 13. Histogrami dolžin merjenih parametrov napeva DVBO. Glavni odsek (B) je najdaljši. Histogrami so »raztrgani«, kar priča o tem, da je variabilnost med napevi različnih osebkov večja kot variabilnost znotraj napeva iste živali. Hkrati pa pomeni, da smo imeli na voljo premalo posnetkov za analizo.

4.3 NEZNANI TAKSON Z NAPEVI, PODOBNIMI NAPEVOM BORNEJSKE POPULACIJE *D. VAGINATA* (DVTB)

4.3.1 Opis napeva in meritve časovnih parametrov

Na voljo smo imeli dvanajst posnetkov neznanega taksona, ki so bili različnih dolžin. Za meritve časovnih parametrov smo uporabili vse. Posnetkov z začetkom in/ali koncem petja nismo imeli na voljo. Posnetki se med seboj razlikujejo po številu ponovitev napeva in po napevih samih. Nekateri posnetki imajo manj kot 6 ponovitev napeva, en posnetek pa 45. Pomerili smo vse merljive fraze vseh napevov vsakega posnetka.

Vse fraze se začno s frekvenčno moduliranim delom (predvitkom) in nadaljujejo z glavnim odsekom. Sledi premor in naslednja fraza. Fraze napeva niso enako dolge. Napev vedno vsebuje eno dolgo frazo in različno število kratkih fraz (Slika 5 in Slika 8, Tabela 7); lahko je tudi brez njih. Posnetki iz Gombaka imajo od nič do dve kratki frazi, posnetki iz Endau Rompina pa od tri do pet kratkih fraz (Tabela 7). Na enem posnetku ni več kot dveh različnih števil ponovitev kratke fraze. Lahko pa je na enem posnetku število kratkih fraz stalno (npr.: 0, 1, 4). Prav tako nismo opazili nobene pravilnosti v nizanju kratkih fraz.

Za naše delo je pomembna predvsem dolga fraza, saj je edina, ki je prisotna na vseh posnetkih. Nanjo opiramo razdelitev rezultatov po skupinah in kasnejšo primerjavo z DVBO. Kratke fraze obravnavamo le informativno.

4.3.1.1 Dolga fraza

Glede na izmerke glavnega odseka dolge fraze, smo posnetke razporedili v tri skupine. V prvi je posnetek brez kratkih fraz, označen s številko 1, katerega rezultati meritev so bližje DVBO kot ostalim DVTB (Tabela 5, 8 in 9). V drugi so ostali posnetki napevov (7) iz Gombaka, katerih glavni odsek traja 5687 ± 548 ms ($N = 129$). Tretjo skupino predstavljajo posnetki iz Endau Rompina (4). Histogram razporejanja rezultatov iz Endau Rompina je asimetričen, vendar tudi »raztrgan«, verjetno zaradi premajhnega števila posnetkov (Slika 14). Mediana je pri 9400 ms, interkvartilni razpon pa 544 ms. Prvi kvartil je pri 8985 ms, tretji pa pri 9529 ms. Posnetek 1 izstopa tudi pri predvitkih in premorih. Dolžine premorov in predvitkov

Tabela 7. Sestavljenost napevov glede na število kratkih fraz po posnetkih. Prvih osem posnetkov je bilo posnetih v Gombaku, posnetki od 9 do 12 pa v Endau Rompinu (Slika 6).

Posnetek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	+	+						+				
1		+	+	+	+	+	+	+				
2			+	+	+	+						
3										+		
4									+	+	+	+
5									+		+	

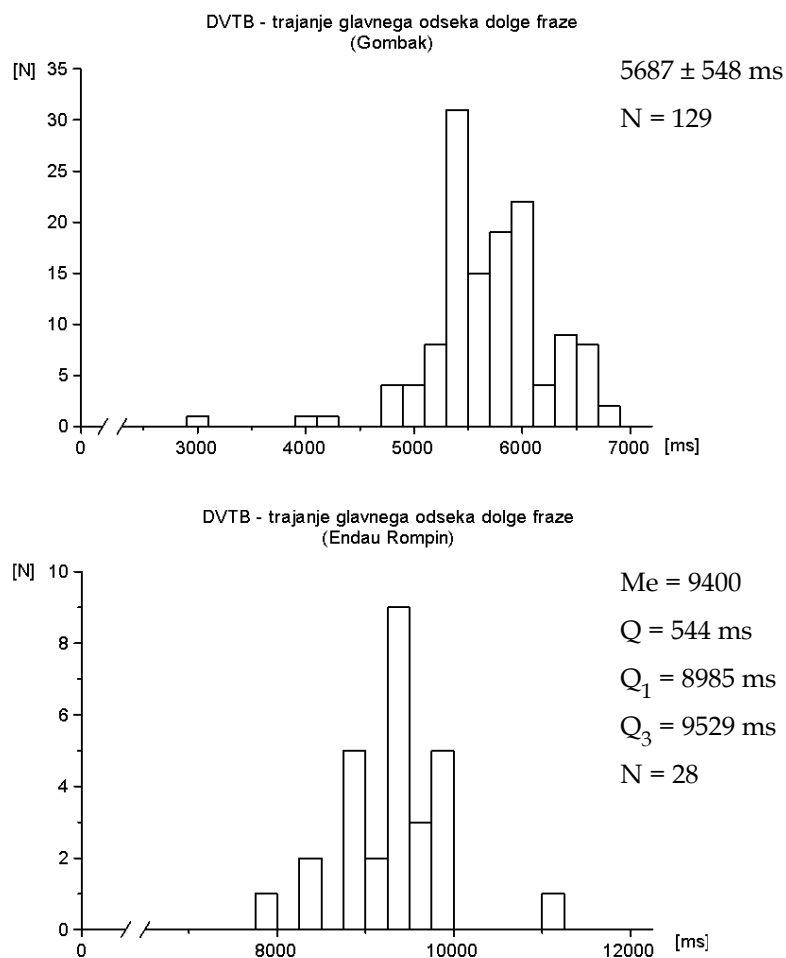
Tabela 8. Opisna statistika časovnih parametrov posnetka DVTB 1. Vsi časi so v milisekundah.

	Predvitek	Glavni odsek	Premor
N	44	43	42
Povpre je	117	1268	76
Standardni odklon	14	80	12
Standardna napaka	28	12	2
Minimum	79	1158	49
Maksimum	158	1632	109
Spodnja meja zaupanja (0,95)	115	1256	74
Zgornja meja zaupanja (0,95)	119	1280	78

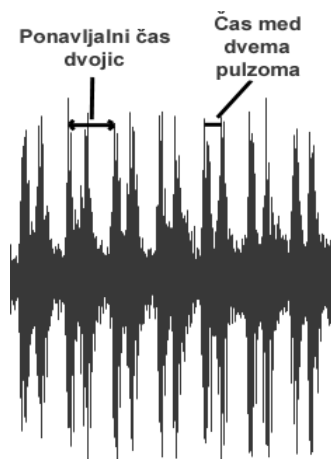
Tabela 9. Opisna statistika časovnih parametrov dolge fraze DVTB posnetkov od 2 do 12. Vsi časi so v milisekundah. Predvitki in premori so opisani s skupno opisno statistiko, glavni odseki so ločeni na posnetke od 2 do 8 in 9 do 12.

	Predvitki	Glavni odseki posnetkov od 2 do 8	Glavni odseki posnetkov od 9 do 12	Premori
N posnetkov	11	7	4	11
N	160	129	28	160
Povpre je	181	5687	9335	123
Mediana	182	5692	9400	121
Standardni odklon	21	548	590	18
Standardna napaka	2	48	111	1
Minimum	41	3041	7990	91
Maksimum	243	6839	11090	189
Spodnja meja zaupanja (0,95)	179	5639	9223	122
Zgornja meja zaupanja (0,95)	183	5736	9446	125

ostalih enajstih posnetkov niso kazale tendence razporejanja v dve skupini. To smo preverili z dvostranskim t-testom s hipotezama o različnosti obeh skupin. Hipotezi

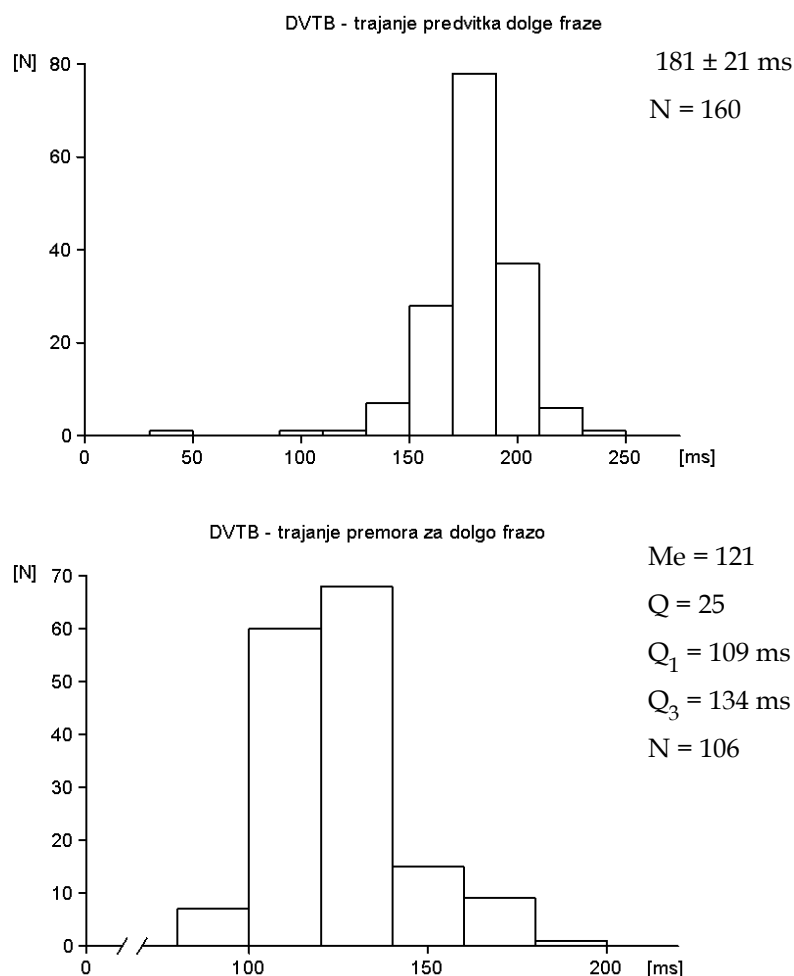


Slika 14. Trajanje glavnega odseka dolge fraze DVTB. Iz Gombaka zgoraj (razen posnetka 1), iz Endau Rompina spodaj.



Slika 15. Dvojice pulzov osrednjega dela glavnega odseka DVTB in merjeni parametri.

smo zavrnilo s tveganjem $\alpha = 0,05$. Naredili smo skupno opisno statistiko za predvitke in premore iz Endau Rompina in Gombaka (Tabela 9, Slika 16). Dolžina predvitkov glavnega odseka je 181 ± 21 ms ($N = 160$), dolžina premorov za dolgo frazo pa 121 ± 18 ms ($N = 160$). Opazna je asimetrija vrednosti premorov (Slika 16):



Slika 16. Trajanje predvitkov (zgoraj) in premorov (spodaj) za posnetke DVTB od 2 do 12.

mediana je pri 121 ms, interkvartilni razpon pa je 25 ms. Prvi kvartil je pri 109 ms, tretji pa pri 134 ms.

Pulzi osrednjega dela glavnega odseka dolge fraze so urejeni v dvojice (Slika 15). Ugotovljeni ponavljalni čas je bil 31 ± 1 ms ($N = 26$). Časovni razmik med prvim in drugim vrhom v dvojici je 12 ± 1 ms ($N = 18$).

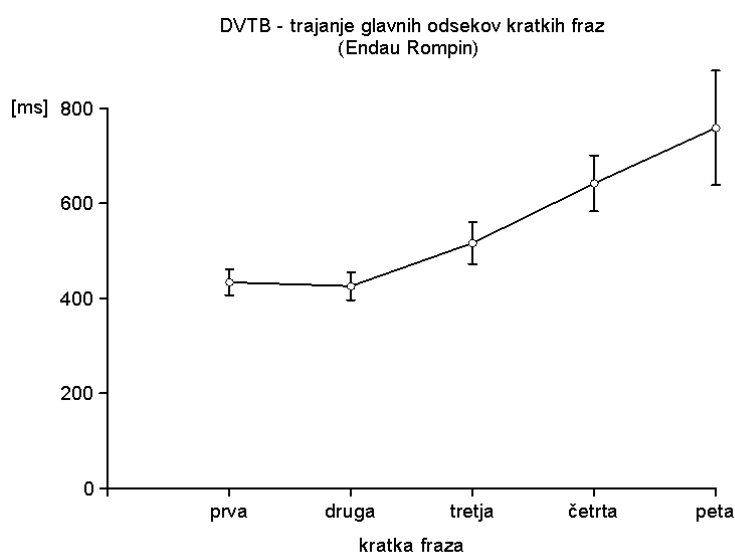
Pri poslušanju smo ugotovili, da se zvok glavnega odseka proti koncu nekoliko spremeni. Količina šuma med frekvenčnimi vrhovi se zmanjša, kar se vidi na spektrogramu (Slika 5). Lega frekvenčnih vrhov se ne spremeni bistveno. To »očiščenje« je težko izmeriti, saj se pojavi najprej pri višjih, nato pa še pri nižjih frekvencah. To postopno pojavljanje je po naših opažanjih brez pravega vzorca, zgodi pa se v zadnji petini glavnega odseka dolge fraze.

4.3.1.2 Kratke fraze posnetkov 2 - 8 (Gombak)

Napevi na posnetkih iz Gombaka (razen posnetka 1) imajo eno in/ali dve kratki frazi, lahko so tudi brez kratkih fraz (Tabela 7). Napevi na posnetku 1 nimajo kratkih fraz. Trajanje glavnih odsekov kratkih fraz je zelo različno in razpon izmerkov zelo velik. Praviloma je variacija znotraj napevov ene živali manjša kakor med posnetki, zato navajamo le razpon. Če sta kratki frazi dve, je glavni odsek druge vedno daljši od prve. Rezultati meritev glavnega odseka prve kratke fraze se razporejajo od 297 do 1260 ms pri 107 izmerjenih frazah iz 7 posnetkov; pri drugi kratki frazi pa so izmerjene vrednosti med 554 in 1323 ms pri 28 izmerjenih frazah iz štirih posnetkov. Predvitki kratkih fraz in premori za njimi kažejo enotno sliko, ne glede na to ali so iz prve ali iz druge kratke fraze. Trajanje predvitkov je 183 ± 17 ms (N = 136), premorov pa 105 ± 15 ms (N= 137). Merili smo na vseh sedmih posnetkih.

4.3.1.3 Kratke fraze posnetkov 9 - 12 (Endau Rompin)

Na vseh posnetkih so napevi, ki imajo štiri kratke fraze; na enem posnetku je en napev s tremi, na dveh pa štirje s petimi kratkimi frazami (Tabela 7). Trajanje glavnih odsekov fraze se podaljšuje po zaporedju kratkih fraz napeva (Slika 17, Tabela 10), trajanje predvitkov pa ne (Tabela 11). Trajanje premorov za kratkimi frazami je neodvisno od zaporedja fraze in znaša 124 ± 15 ms (N = 123), kar je nekoliko več od premorov za kratkimi frazami posnetkov 2 do 8.



Slika 17. Daljšanje glavnega odseka kratke fraze. Črta med točkami prikazuje le tendenco, ne zveznosti. Rezultati so v obliki povprečna vrednost \pm standardni odklon.

Tabela 10. Opisna statistika izmerkov glavnih odsekov kratkih fraz posnetkov DVTB od 8 do 12. Časi so v milisekundah.

Kratka fraza	prva	druga	tretja	etrta	peta
N posnetkov	4	4	4	3	2
N	30	30	30	29	4
Povpre je	434	426	517	643	759
Standardni odklon	27	29	44	59	120
Standardna napaka	5	5	8	11	60
Minimum	378	378	430	546	609
Maksimum	499	478	597	784	871
Spodnja meja zaupanja (0,95)	429	421	509	632	699
Zgornja meja zaupanja (0,95)	439	432	525	653	819

Tabela 11. Opisna statistika izmerkov trajanja predvitkov kratkih fraz posnetkov DVTB od 8 do 12. Časi so v milisekundah.

Kratka fraza	prva	druga	tretja	etrta	peta
N posnetkov	4	4	4	3	2
N	30	30	30	29	4
Povpre je	212	170	178	177	163
Standardni odklon	22	16	15	23	20
Standardna napaka	4	3	3	4	10
Minimum	164	136	134	147	136
Maksimum	254	196	208	254	179
Spodnja meja zaupanja (0,95)	208	167	175	172	152
Zgornja meja zaupanja (0,95)	216	173	181	181	173

4.3.2 Rezultati meritev frekvenčnih parametrov

Uporabili smo enajst od dvanajstih posnetkov DVTB, ker je posnetek 11 vseboval preveč šuma.

4.3.2.1 Dolga fraza

Na podlagi izmerkov časovnih parametrov smo rezultate meritev glavnega odseka skušali razdeliti na skupino iz Gombaka in na skupino iz Endau Rompina (Tabela 7). Posnetek, označen s številko 1, tu ni izstopal, zato ga nismo ločili od ostalih posnetkov. Prve harmonične frekvence obeh skupin meritev smo testirali z dvostranskim t-testom. Postavili smo hipotezo o njuni različnosti. Hipotezo smo

zavrnili s tveganjem $\alpha = 0,05$, zato smo naredili skupno opisno statistiko za vseh enajst posnetkov (Tabela 12). Prvo harmonično frekvenco (Slika 18) smo ugotovili pri $1,96 \pm 0,03$ kHz (N = 185); iz nje smo izračunali osnovno frekvenco: $0,98 \pm 0,01$ kHz (N = 185).

Predvitek dolge fraze DVTB je moduliran navzdol kot pri DVBO. Glede na izmerke časovnih parametrov smo poskusili razdeliti rezultate na skupino iz Gombaka in na skupino iz Endau Rompina (Tabela 7). Posnetek označen s številko 1 tudi tu ni izstopal, zato ga nismo ločili od ostalih posnetkov. Prve harmonične frekvence začetka predvitka obeh skupin meritev smo testirali z dvostranskim t-testom in hipotezo o njihovi različnosti. Hipotezo smo sprejeli s tveganjem $\alpha = 0,05$, zato smo naredili ločeni opisni statistiki (Tabela 13). V primeru osmih posnetkov iz Gombaka je izračunana osnovna frekvenca začetka predvitka $0,91 \pm 0,01$ kHz (N = 149), v primeru posnetkov iz Endau Rompina (trije posnetki) pa $0,88 \pm 0,01$ kHz (N = 21). Harmonične frekvence se še bolj razlikujejo. Frekvenčni spust je v prvem primeru približno 40 Hz (približno 1% osnovne frekvence oz. pol tona), v drugem pa za približno 30 Hz (približno 1% osnovne frekvence oz. pol tona).

4.3.2.1 Kratka fraza

Rezultate za glavni odsek iz Endau Rompina in Gombaka smo združili na podlagi izmerkov za glavni odsek dolge fraze. Prvo harmonično frekvenco smo ugotovili pri $1,99 \pm 0,04$ kHz (N = 216). Iz nje smo izračunali osnovno frekvenco, ki znaša $1,00 \pm 0,03$ kHz (N = 216) (Tabela 13). Ta je za približno 20 Hz višja kot osnovna frekvenca glavnih odsekov dolgih fraz. Vrhov od frekvenčnega vrha 6 naprej, verjetno ne moremo obravnavati kot harmonike osnove frekvence. Merili smo na vseh enajstih posnetkih.

Predvitke kratkih fraz smo razdelili na dve skupini kot predvitke dolgih fraz. V prvi skupini so rezultati posnetkov 1 do 8 (iz Gombaka), v drugi pa 9, 10 in 12 (iz Endau Rompina). Osnovno frekvenco začetka predvitka smo izračunali in znaša $0,91 \pm 0,01$ kHz (N = 149) pri prvi skupini, pri posnetkih iz Endau Rompina pa je nekoliko nižja in sicer $0,88 \pm 0,02$ kHz (N = 65).

Glisando osnovne frekvence predvitka znaša za prvo skupino približno 30 Hz, za drugo pa približno 40 Hz. Oba spusta sta v rang spusta osnovne frekvence predvitkov dolge fraze (1% osnovne frekvence oz. pol tona.)

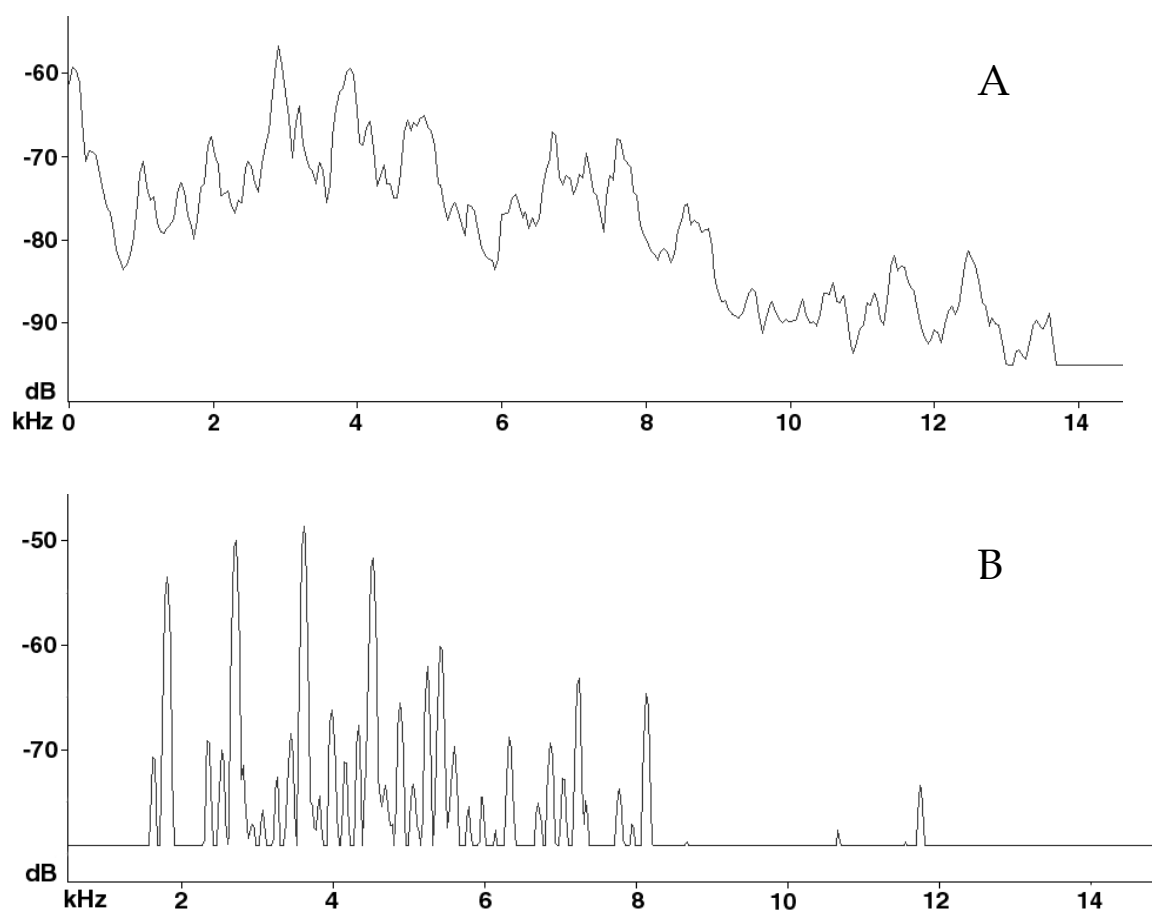
Tabela 12. Opisna statistika frekvenčnih vrhov glavnega odseka dolge fraze DVTB. Frekvence so podane v kHz. Prvi vrh predstavlja osnovno frekvenco, ki je izračunana iz prve harmonične. Šesti vrh verjetno ni višja harmonična frekvenca.

Frekven ni vrh	prvi	drugi	tretji	etrți	peti	šesti	sedmi	osmi
N posnetkov	11	11	11	11	10	9	9	9
N	185	185	185	159	143	102	104	93
Povpre je	0,98	1,96	2,92	3,86	4,81	5,90	6,74	7,63
Standardni odklon	0,01	0,03	0,04	0,05	0,10	0,05	0,05	0,05
Standardna napaka	0,004	0,01	0,01	0,02	0,03	0,15	0,15	0,15
Minimum	0,96	1,92	2,82	3,77	4,59	5,58	6,52	7,43
Maksimum	1,02	2,04	2,97	3,91	4,92	6,08	6,99	7,89
Spodnja meja zaupanja (0,95)	0,98	1,96	2,90	3,84	4,77	5,85	6,69	7,58
Zgornja meja zaupanja (0,95)	0,99	1,97	2,93	3,87	4,84	5,95	6,78	7,68

Tabela 13. Opisni statistiki frekvenčnih vrhov začetka predvitka dolgih fraz posnetih v Gombaku (zgoraj) in Endau Rompinu (spodaj). Frekvence so podane v kHz. Prvi frekvenčni vrh je osnovna frekvenca, ostali vrhovi so višje harmonične. Osnovna frekvenca je izračunana iz prve harmonične.

Frekven ni vrh	prvi	drugi	tretji	etrți	peti	šesti	sedmi	osemi	deveti
N posnetkov	8	8	8	8	8	7	7	7	7
N	149	149	151	154	111	108	95	90	72
Povpre je	0,91	1,82	2,73	3,65	4,54	5,39	6,33	7,26	8,18
Standardni odklon	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,08	0,05	0,03	0,01
Standardna napaka	0,002	0,004	0,006	0,006	0,004	0,030	0,021	0,012	0,005
Minimum	0,90	1,81	2,71	3,63	4,52	5,22	6,22	7,21	8,17
Maksimum	0,92	1,83	2,76	3,67	4,55	5,45	6,39	7,32	8,20
Spodnja meja zaupanja (0,95)	0,91	1,81	2,72	3,64	4,54	5,36	6,31	7,25	8,18
Zgornja meja zaupanja (0,95)	0,91	1,82	2,74	3,65	4,54	5,42	6,35	7,28	8,19

Frekven ni vrh	prvi	drugi	tretji	etrți	peti	šesti	sedmi	osemi	deveti
N posnetkov	3	3	3	3	3	3	3	3	3
N	21	21	21	21	21	21	19	14	10
Povpre je	0,88	1,76	2,63	3,51	4,37	5,24	6,15	7,00	7,79
Standardni odklon	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,08	0,08	0,01
Standardna napaka	0,004	0,008	0,014	0,009	0,012	0,023	0,044	0,046	0,007
Minimum	0,87	1,74	2,60	3,49	4,35	5,20	6,06	6,93	7,78
Maksimum	0,89	1,77	2,65	3,52	4,39	5,27	6,21	7,09	7,80
Spodnja meja zaupanja (0,95)	0,87	1,75	2,62	3,50	4,36	5,22	6,10	6,96	7,78
Zgornja meja zaupanja (0,95)	0,88	1,76	2,64	3,51	4,38	5,27	6,19	7,05	7,80



Slika 18. Spekter glavnega odseka dolge fraze DVTB (A) in spekter začetka predvitka dolge fraze DVTB (B).

Tabela 14. Opisna statistika frekvenčnih vrhov glavnih odsekov vseh kratkih fraz posnetkov DVTB. Frekvoence so v kHz. Prvi frekvenčni vrh je osnovna frekvenca, izračunana iz drugega frekvenčnega vrha, ki predstavlja prvo harmonično frekvenco.

Frekven ni vrh	prvi	drugi	tretji	etrți	peti	šesti	sedmi	osmi	deveti
N posnetkov	11	11	11	11	11	11	11	11	11
N	216	216	217	214	205	176	166	147	115
Povpre je	1,00	1,99	2,91	3,82	4,78	5,79	6,70	7,60	8,45
Standardni odklon	0,03	0,05	0,08	0,06	0,12	0,20	0,18	0,17	0,20
Standardna napaka	0,005	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04
Minimum	0,96	1,92	2,81	3,71	4,54	5,17	6,24	7,34	8,09
Maksimum	1,06	2,11	3,11	3,93	4,95	6,07	7,06	7,92	8,79
Spodnja meja zaupanja (0,95)	0,99	1,99	2,89	3,81	4,76	5,76	6,67	7,57	8,41
Zgornja meja zaupanja (0,95)	1,00	2,00	2,92	3,83	4,80	5,83	6,73	7,63	8,49

Tabela 15. Opisna statistika frekvenčnih vrhov začetka predvotkov kratkih fraz DVTB. Rezultati meritev napevov iz Gombaka (zgoraj) se nekoliko razlikujejo od rezultatov meritev napevov iz Endau Rompina (spodaj). Frekvence so v kHz.

Frekven ni vrh	prvi	drugi	tretji	etrți	peti	šesti	sedmi	osemi	deveti
N posnetkov	8	8	8	8	8	8	8	8	8
N	149	149	151	154	111	108	95	90	72
Povpre je	0,91	1,81	2,72	3,64	4,54	5,42	6,29	7,25	8,14
Standardni odklon	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,09	0,06	0,07
Standardna napaka	0,001	0,002	0,003	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Minimum	0,90	1,80	2,69	3,60	4,50	5,33	6,13	7,16	8,02
Maksimum	0,92	1,84	2,74	3,68	4,64	5,47	6,40	7,39	8,29
Spodnja meja zaupanja (0,95)	0,91	1,81	2,72	3,63	4,53	5,41	6,27	7,24	8,12
Zgornja meja zaupanja (0,95)	0,91	1,82	2,72	3,64	4,55	5,43	6,32	7,27	8,16

Frekven ni vrh	prvi	drugi	tretji	etrți	peti	šesti	sedmi	osemi	deveti
N posnetkov	3	3	3	3	3	3	3	3	3
N	65	65	66	64	64	61	50	46	33
Povpre je	0,88	1,76	2,67	3,53	4,36	5,24	6,12	6,99	7,88
Standardni odklon	0,02	0,05	0,10	0,12	0,12	0,15	0,23	0,19	0,24
Standardna napaka	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06
Minimum	0,86	1,71	2,57	3,43	4,23	4,95	5,60	6,73	7,57
Maksimum	0,94	1,88	2,93	3,93	4,62	5,59	6,56	7,36	8,31
Spodnja meja zaupanja (0,95)	0,87	1,75	2,65	3,50	4,34	5,21	6,06	6,95	7,82
Zgornja meja zaupanja (0,95)	0,88	1,77	2,70	3,56	4,39	5,28	6,17	7,04	7,95

5 RAZPRAVA

V razpravi smo komentirali rezultate meritev in primerjali napeve. Poskusili smo tudi razčleniti sorodnost taksonov, ki smo jih obravnavali. Ker smo imeli na voljo le tri posnetke DVBO, smo si pomagali z literaturo (Riede in Kroker, 1995). Na koncu smo se dotaknili še težav pri merjenju in interpretaciji rezultatov.

5.1 KOMENTAR REZULTATOV IN PRIMERJAVA NAPEVOV

5.1.1 Napevi DVBO

Izmerki merjenih časovnih parametrov treh posnetkov DVBO se ujemajo z ugotovitvami iz literature (Riede in Kroker, 1995). Avtorja za glavni odsek fraze navajata precej velik standardni odklon, v razpon katerega padejo izmerki vseh treh posnetkov. Polimodalnost na histogramih predvitka in glavnega odseka (Slika 13) kaže na to, da je variacija trajanja teh odsekov napeva med osebki večja kot variacija izmerkov znotraj enega napeva. Tudi Beganović (1997) za možni vzrok bimodalnosti razporejanja izmerkov nekaterih parametrov navaja različnost med osebki iste vrste škržatov. Rezultati frekvenčnih meritev za glavni odsek se razlikujejo od tistih iz literature (Riede in Kroker, 1995), saj so naše izmerjene frekvence nekoliko nižje ($0,87 \pm 0,02$ kHz, Tabela 19). Nujno je, da se zavedamo majhnega števila posnetkov, ki smo jih obravnavali v našem delu. Predvitek fraze je v celoti moduliran, frekvence se spuščajo. Ob koncu predvitka se frekvence hitro dvignejo v glavni odsek. Osnovno frekvenco začetka predvitka smo ugotovili pri $0,86 \pm 0,02$ kHz. Riede in Kroker (1995) nista merila frekvenc v predvitku na enak način kot mi (s spustom), ampak sumarično za celo dolžino predvitka. Zato njuni rezultati niso primerljivi z našimi. Frekvenčni spust pri modulaciji predvitka je približno 50 Hz, kar je 1% osnovne frekvence oz. pol tona. Osnovna frekvenca začetka predvitka je blizu osnovni frekvenci glavnega odseka. Iz tega bi lahko sklepali, da je frekvenca krčenja mišic ves čas enaka, frekvenčna modulacija v predvitku pa je posledica spremembe resonančnih lastnosti telesa živali (zvijanje in elongacija zadka, sprememba napetosti tkiva zračnih vreč, sprememba pozicije operkulov glede na abdomen). Vendar se pulzi v predvitku DVBO nizajo enakomerno (Riede in Kroker, 1995), v glavnem odseku pa so urejeni v trojice, kar naše domneve ne potrjuje.

5.1.2 Napevi DVTM

Napevi malajske akustične oblike škržata *D. vaginata* so napevom bornejske forme podobni v enostavni konstrukciji napeva: oba sta sestavljena iz ponavljanja enega tipa dvodelne fraze. Vendar se fraza DVTM začne z enakomernim glavnim odsekom. Sledi zavitek, ki je v primerjavi s predvitkom DVBO (in DVTB, glej spodaj) frekvenčno moduliran le na začetku, pri prehodu iz glavega odseka. Razlika z napevi DVBO je opazna iz spektrogramov (Slika 4 in Slika 7). Trajanje posameznih faz fraze je približno 25% daljše kot trajanje odsekov DVBO. Zanimivo je, da premori za frazami DVTM niso vezani na dolžino delov fraze oz. na dolžino fraze, saj se drugače razporejajo. To je opazno na histogramih (Slika 9). Osnovni frekvenci obeh delov fraze sta precej višji kot pri frazi napeva DVBO (za približno 0,5 in 0,2 kHz). Frekvenčni spust med glavnim odsekom in predvitkom DVTM znaša približno ton in pol, glisando tekom predvitka DVBO pa le pol tona.

Glede na morfološko podobnost osebkov populacij DVTM in DVBO ter različnost njunih napevov lahko domnevamo, da gre v tem primeru za dve sestrski vrsti, ki sta se razvili z alopatrično speciacijo. Ta sklep potrjuje tudi dejstvo, da se osebki obeh populacij oglašajo ob istem času dneva (Borneo je po astronomskem času eno uro pred Malajskim polotokom, vendar je malezijski del Bornea v istem časovnem pasu kot polotoška Malezija).

5.1.3 Napevi DVTB

V tem razdelku obravnavamo napeve, označene z DVTB, in jih primerjamo z napevi DVBO. Pri primerjanju uporabljamo rezultate dolge fraze DVTB, ker je prisotna v vseh posnetih napevih. Na koncu se dotaknemo razlik med napevi DVTB.

Posneti napevi neznanega taksona DVTB spominjajo na napev DVBO predvsem po zgradbi fraze, saj je predvitek na začetku fraze in moduliran navzdol. Frekvence se iz najnižje točke v predvitku hitro dvignejo na nivo glavnega odseka. Na koncu glavnega odseka dolge fraze je opazno zmanjšanje šuma. To je verjetno bolj posledica spremembe resonančnih lastnosti telesa škržata (sprememba lege operkulov, napetosti tkiva zračne vreče) kot sprememba frekvence pokanja timbalov. Lega frekvenčnih vrhov se namreč ne spremeni bistveno.

Pri poslušanju posnetkov DVTB opazimo, da jih lahko razdelimo v dve ali celo v tri skupine. Trajanje glavnega odseka se močno razlikuje med populacijo iz Gombaka (razen posnetka 1) in Endau Rompina. V vseh napevih z več kot eno kratko frazo je opazna tendenca daljšanja glavnih odsekov kratkih fraz, kar pa ne bi mogli reči za predvitke in premore. Nekateri posnetki so bili kratki, vsi pa so bili brez začetka in konca petja. Zato ne moremo trditi, da napevi z dvema kratkima frazama nikoli ne preidejo v napeve s štirimi kratkimi frazami oz. da imamo res opravka z več taksoni DVTB, hkrati pa tega ne moremo izključiti.

Trajanje glavnega odseka dolge fraze DVTB in glavnega odseka fraze DVBO je neprimerljivo, saj je glavni odsek dolge fraze DVTB daljši (Tabela 5 in Tabela 9, Tabela 19), če izvzamemo posnetek DVTB 1 (Tabela 8). Ta je edini od vseh posnetkov DVTB, katerega časovni parametri so primerljivi z DVBO. Dolžina predvitkov dolge fraze napevov DVTB na posnetkih 2 do 12 je daljša kot dolžina predvitkov fraze DVBO za približno četrtno le-te (Tabela 19), medtem ko so si trajanja premorov bolj podobna. Trajanje premorov in predvitkov na posnetku DVTB 1 se ujema z razponom izmerkov DVBO.

Razlika med osnovnima frekvencama glavnega odseka DVBO in glavnega odseka dolge fraze DVTB znaša več kot 0,1 kHz, zato nismo opravili dodatnih statističnih testov. Vendar sta Riede in Kroker (1995) ugotovila višjo osnovno frekvenco glavnega odseka fraze DVBO in sicer 0,94 kHz. Zato smo osnovno frekvenco glavnega odseka dolge fraze DVTB primerjali še s to vrednostjo. Uporabili smo dvostranski t-test in 95% interval zaupanja. Predpostavili smo različnost obeh vrednosti in hipotezo sprejeli s tveganjem $\alpha = 0,01$ (Tabela 16).

Tabela 16. Primerjava osnovnih frekvenc glavnega odseka DVBO in glavnega odseka dolge fraze DVTB iz Gombaka. Rezultati t-testa.

	Vrednost
Srednja vredost naših meritev	0,98 kHz
Srednja vrednost po Riede & Kroker (1995)	0,94 kHz
t(0,05; dvostransko)	1,97
t(izra unan)	29,10
Stopinje prostosti	179
Spodnja meja intervala zaupanja	0,98 kHz
Zgornja meja intervala zaupanja	0,99 kHz

Dalje smo primerjali naše rezultate za predvitke DVBO in predvitke dolge fraze DVTB. Pri skupini posnetkov iz Gombaka je osnovna frekvenca dolge fraze za

0,04 kHz višja, pri skupini iz Endau Rompina pa le za približno 0,01 kHz višja od osnovne frekvence fraze DVBO. Za statistično testiranje smo izbrali prvo harmonično frekvenco, ker smo jo lahko pomerili na vseh posnetkih. Riede in Kroker (1995) sta frekvence predvitka DVBO merila drugače, zato njihuni rezultati niso primerljivi z našimi.

Srednji vrednosti prvih harmoničnih frekvenc začetka predvitkov DVBO in dolge fraze DVTB iz Endau Rompina se razlikujeta za nekaj več kot 30 Hz. Predpostavili smo različnost obeh skupin. Uporabili smo dvostranski t-test in 95% interval zaupanja. Razlika med skupinama je bila statistično značilna (Tabela 17). Hipotezo smo sprejeli s tveganjem 0,01. Primerjana kompleta podatkov sta različna.

Srednji vrednosti prvih harmoničnih frekvenc začetka predvitkov DVBO in DVTB iz Gombaka se razlikujeta za približno 80 Hz. Predpostavili smo različnost obeh skupin. Uporabili smo dvostranski t-test in 95% interval zaupanja. Razlika je bila statistično značilna in hipotezo smo sprejeli s tveganjem 0,01 (Tabela 18).

Tabela 17. Primerjava osnovnih frekvenc predvitkov DVBO in dolge fraze DVTB iz Endau Rompina. Rezultati t-testa.

	Vrednost
Srednja vrednost DVBO	1,73 kHz
Srednja vrednost DVTB	1,76 kHz
Pri akovana razlika	0
t(0,05; dvostransko)	2,01
t(izra unan)	4,53
Stopinje prostosti	53
Spodnja meja zaupanja (0,95) za pri akovno razliko	0,02
Zgornja meja zaupanja (0,95) za pri akovno razliko	0,04

Tabela 18. Primerjava osnovnih frekvenc predvitkov fraze DVBO in dolge fraze DVTB iz Gombaka. Rezultati t-testa.

	Vrednost
Srednja vrednost DVBO	1,73 kHz
Srednja vrednost DVTB	1,81 kHz
Pri akovana razlika	0
t(0,05; dvostransko)	2,01
t(izra unan)	26,5
Stopinje prostosti	183
Spodnja meja zaupanja (0,95) za pri akovno razliko	0,09
Zgornja meja zaupanja (0,95) za pri akovno razliko	0,01

Frekvenčni spust v predvitku fraze DVBO in dolge fraze DVTB je različen, a v istem velikostnem razredu: 50 Hz pri DVBO in 30 oz. 40 Hz pri DVTB. Tudi po deležu glede na osnovno frekvenco so si podobni (0,9% pri DVBO in 1 % pri DVTB oz. približno pol tona v vseh primerih).

Nizanje pulzov v osrednjem delu glavnega odseka fraze DVBO in glavnem odseku dolge fraze DVTB je različno. Pri DVBO se pulzi nizajo v trojicah, pri DVTB pa v dvojicah. Ponavljalna časa nizanja trojic in dvojic sta v istem velikostnem razredu, vendar se pulzne dvojice hitreje ponavljajo. Dvojice bi lahko interpretirali kot vbočenje in izbočenje posameznega timbala s faznim zamikom 180° glede na timbal na drugi strani živali; enako dobra bi bila tudi interpretacija, da gre za hkratna vbočenja in izbočenja na obeh straneh. Tretja možnost, ki se ponuja, pa bi pomenila, da je fazni zamik med levo in desno stranjo manjši kot 180° , pri čemer pulza v dvojici predstavljata vbočenje obeh timbalov, v naslednji dvojici pa izbočenje. Trojice pulzov DVBO je nekoliko težje razložiti. Riede in Kroker (1995) menita, da je manjkajoči vrh v pulzni trojici posledica tihega izbočenja enega od dveh timbalov.

Na podlagi naših rezultatov ne moremo zagotovo trditi, da napevi DVTB pripadajo akustični obliki vrste *D. vaginata*, ker pojoč osebek še ni bil ujet. Vendar je podobnost z napevom DVBO večja, kot podobnost napevov DVTM in DVBO. Razen tega med dosedaj posnetimi napevi na Malajskem polotoku ni bila zasledena nobena druga vrsta škržatov z napevi, ki bi bili podobni napevom obravnavanih akustičnih oblik (Gogala, osebni vir). Zato domnevamo, da gre za takson oz. taksone, ki so bornejski populaciji škržata *D. vaginata* bolj sorodni, kot ji je populacija DVTM s polotoške Malezije. Če takson(-i) DVTB res izhaja(-jo) iz bornejske populacije škržatov *D. vaginata*, potem predvidevamo, da je v preteklosti skupina osebkov DVBO nekako prešla z Bornea do Malajskega polotoka (ni nujno, da se je to zgodilo le enkrat). Po osamitvi od matične oblike naj bi se ta populacija pričela razvijati neodvisno in s časom razvila tudi drugačne akustične signale. To bi se moralo zgoditi po tem, ko sta bili veji DVBO in DVTM že ločeni in sta imeli različne oblike signalov. V nasprotnem primeru bi ob priselitvi lahko prišlo do zlitja populacije DVTM in priseljene skupine škržatov *D. vaginata*.

Posnetek DVTB 1 nakazuje še eno možnost. DVTB 1 je po časovnih izmerkih podoben DVBO. Frekvenčni parametri se sicer nekoliko razlikujejo, vendar gre le za en posnetek. Možno je, da je oblika DVBO prišla na mesto snemanja s transportom z Bornea (kraj snemanja je blizu Kuala Lumpurja, prometnega vozlišča Malezije). To bi dopustilo možnost križanja, katerega posledica je oz. so populacije DVTB z drugačnimi napevi. Spremembo časovnih parametrov napeva pri križanju so

ugotovili pri stenici *Nezara viridula* (Virant-Doberlet et. al, 2000). Frekvenčno razliko si lahko razlagamo na enak način. V tem primeru je nujno, da populaciji DVBO in DVTM v razvoju še nista bili toliko narazen, da bi bilo tako križanje nemogoče. Ker so akustični signali temelj komunikacije med samcem in samico škržatov, je ta domneva manj verjetna, saj so pri DVTM in DVBO signali različni.

Tabela 19. Pregled izbranih lastnosti posameznih skupin napevov. Pri DVBO smo vnesli tudi podatke iz literature. Za DVTB so predstavljeni rezultati meritev dolge fraze za skupino iz Gombaka in Endau Rompina).

	DVTM	DVBO	DVTB (dolga fraza)
zgradba fraze			
predvitek	-	+	+
glavni odsek	+	+	+
zavitek	+	-	-
asovni parametri			
glavni odsek fraze	2272 ± 237 ms	1346 - 1984 ms *** 1656 ± 327 ms	*5687 ± 548 ms ** 9335 ± 590 ms
predvitek/zavitek	188 ± 26 ms	105 - 216 ms *** 139 ± 31 ms	181 ± 21 ms
premor za frazo	121 ± 43 ms	43 - 101 ms *** 85 ± 18 ms	123 ± 18 ms
ultrastruktura	ni merjena	trojice pulzov	dvojice pulzov
frekven ni parametri			
osn. frekv. glavnega odseka	1,39 ± 0,03 kHz	0,86 ± 0,02 kHz *** ~ 0,94 kHz	0,98 ± 0,01 kHz
osn. frekv. †zavitka/predvitka	1,08 ± 0,01 kHz	0,87 ± 0,02 kHz **** ~ 0,88 kHz	*0,91 ± 0,01 kHz ** 0,88 ± 0,01 kHz
frekven ni spust	med glavnim odsekom in predvitkom (za ton in pol)	v predvitku 50 Hz (za pol tona)	v predvitku *40 Hz / **30 Hz (za pol tona)

*označuje skupino posnetkov DVTB iz Gombaka (pri časovnih parametrih ni upoštevan posnetek DVTB 1)....

**označuje skupino posnetkov DVTB iz Endau Rompina.

***označuje podatke, ki smo jih povzeli iz literature (Riede in Kroker, 1995).

****označuje podatke, povzete iz literature (Riede in Kroker, 1995), ki pa zaradi drugačnega načina merjenja niso primerljivi z našimi

†V primeru zavitka je to osnovna frekvenca nemoduliranega dela, v primeru predvitka pa osnovna frekvenca začetka predvitka

Razlike med napevi DVTB lahko razložimo z večkratnim priseljevanjem z Bornea ali z ločitvijo populacij DVTB v času razvoja (gorske pregrade, pojav konkurenčne

vrste na vmesnem območju). Razlike med napevi DVTB lahko razložimo na še en način, pri čemer se sklicujemo na posnetek DVTB 1. Če so prišli osebk DVBO kakorkoli na Malajski polotok, bi lahko prišlo do križanja z obstoječo populacijo DVTB. To bi lahko dalo razlike med napevi lokalnih populacij (Virant-Doberlet et. al). Napev DVBO ima fraze krajše in enake dolžine, vsi posnetki iz Gombaka (posnetki od 2 do 8) imajo od 0 do 2 kratki frazi, kar je manj, kot posnetki iz Endau Rompina. Posnetek DVTB 1 pa je bil narejen prav v Gombaku.

5.1.4 Vrednotenje rezultatov

Pri vrednotenju biološkega pomena razlik med napevi bi nam močno pomagalo poznavanje fiziologije akustičnega senzoričnega sistema obravnavanih skupin živali. Delne sklepe sicer lahko potegnemo iz rezultatov. Iz širokega razpona meritev časovnih parametrov lahko sklepamo, da je za komunikacijo bistveno bolj pomembna frekvenčna komponenta napevov. Frekvence kažejo manjšo variabilnost med posnetki kot časovni parametri. To pa ni dovolj za celostno vrednotenje rezultatov iz tega zornega kota. Z opazovanjem vedenja škržatov bi lahko dosegli enak ali celo boljši rezultat. V tem primeru bi dejansko ocenili odziv živali na nekoliko drugačen napev.

5.2 PROBLEMI PRI MERJENJU

Pri delu smo naleteli na dve težavi, ki sta motili merjenje. Prva je bila biotski šum, torej oglašanje živali v ozadju. Zlasti so bile moteče živali iste vrste v neposredni bližini. Napev snemanega osebk se je v takem primeru prekrival z napevi sosedov, kar je otežilo ali celo onemogočilo natančno odčitavanje časovnih in frekvenčnih parametrov. Oglašanje živali drugih vrst je bilo ravno tako moteče, saj je povzročalo odčitavanje popačenih frekvenčnih vrhov. Take napake so postale očitne šele pri urejanju izmerkov. Druga težava so bili stranski frekvenčni pasovi, ki so bili izraziti zlasti pri zavitkih in predvitkih (Slika 7). Stranski frekvenčni pasovi so posledica amplitudne modulacije med petjem (Gerhardt, 1998). Zaradi tega pojava včasih ni bilo možno natančno izmeriti vseh vrhov.

Jakosti frekvenčnih vrhov so težko primerljive med posnetki. Živali so bile posnete iz različnih oddaljenosti, ki jih ne poznamo. Atenuacija frekvenc se z oddaljenostjo veča, toda ne linearno in za različne frekvence različno. K temu je potrebno dodati še biotski šum in dušenje zvoka zaradi gostega rastja. Zato smo v rezultatih navedli le razpon razlik med dominantnim in drugimi frekvenčnimi vrhovi.

6 POVZETEK

Vrste škržatov lahko prepoznamo na podlagi poznavanja vrsto specifične zvočne komunikacije. Opisali in primerjali smo pozivne napeve bornejske (DVBO) in malajske (DVTM) populacije vrste *Dundubia vaginata* ter napeve neznanega, a domnevno sorodnega taksona iz Malajskega polotoka (DVTB).

Opisali smo lastnosti napeva osebkov DVTM. Napev je sestavljen iz ponavljanja enakih fraz. Fraze so dvodelne, sestavljene iz glavnega odseka z osnovno frekvenco $1,39 \pm 0,03$ kHz in dolžino 2272 ± 237 ms ter zavitka z osnovno frekvenco $1,08 \pm 0,01$ kHz in trajanjem 188 ± 43 ms.

Napev osebkov DVBO je sestavljen iz ponavljanja enakih fraz. Fraze so dvodelne, začno se s frekvenčno moduliranim predvitkom, ki traja od 105 do 216 ms. Predvitku sledi glavni odsek, ki ni frekvenčno moduliran in traja od 1346 do 1984 ms. Osnovna frekvenca glavnega odseka je $0,87 \pm 0,03$ kHz. Začetek predvitka ima osnovno frekvenco $0,86 \pm 0,02$ kHz. Spust osnovne frekvenca od začetka do konca predvitka je okoli 50 Hz (1% oz. približno pol tona). Na podlagi morfološke podobnosti med osebki DVBO in DVTM ter različnosti v napevih domnevamo, da gre za dve sestrski vrsti, ki sta se razvili z alopatrično speciacijo.

Napevi DVTB imajo eno daljšo in različno število krajših fraz, ki so po zgradbi podobne frazi DVBO. Napevi DVTB iz dveh lokacij na Malajskem polotoku se med seboj ločijo po številu kratkih fraz in po nekaterih frekvenčnih in časovnih parametrih. Trajanje glavnega odseka dolge fraze DVTB je pri posnetkih iz obeh lokacij daljše kot pri frazi DVBO: 5687 ± 548 ms pri enih in 9335 ± 590 ms pri drugih. Osnovna frekvenca glavnega odseka dolge fraze je višja kot pri frazi DVBO, $0,98 \pm 0,01$ kHz, izmerki pa se ne razporejajo na dve podskupini. Trajanje predvitkov dolge fraze DVTB se ne razporeja na dve podskupini. Osnovna frekvenca začetka predvitka dolge fraze DVTB kaže različnost med obema podskupinama ($0,91 \pm 0,01$ kHz in $0,88 \pm 0,01$ kHz). Frekvenčni spust v predvitku je manjši kot pri frazi DVBO za obe podskupini (približno 40 Hz za prvo in 30 Hz za drugo), vendar je delež spusta glede na osnovno frekvenco približno enak (1% oz. pol tona). Domnevamo, da je oz. so taksoni DVTB sorodstveno bližje bornejski populaciji škržata *D. vaginata*, kot je tej malajska populacija vrste *D. vaginata*. Druga, manj verjetna možnost je, da gre za križanca med malajsko in bornejsko populacijo obliko.

Domneve o sorodnosti bi lahko potrdili z opazovanjem vedenja.

7 SLOVSTVO

7.1 NAVAJANI VIRI

- Beganović A. 1997.** Analiza časovnih parametrov napevov pri škržatih *Tettigetta brullei* (Feber 1876) (Homoptera Tibicinidae). Diplomaska naloga. Ljubljana, BF, Odd. za biologijo, 52 s.
- Bennet-Clark H. C. 1995.** Insect sound production: transduction mechanisms and impedance matching. *The society for experimental biology*, 199-218.
- Bennet-Clark H. C., Young D. 1992.** A model of the mechanism of sound production in cicadas. *Journal of experimental biology*, 173: 123-153.
- Boulard M. 1994/1995.** Postures de cymbalisation, cymbalisations et cartes d'identité acoustique des cigales. *Ephe, Biol. evol. Insects*, 7/8: 1-72.
- Charif R. A., Mitchell S., Clark CW. 1995.** Canary 1.12 User's manual. Ithaca, Cornell laboratory of ornithology, 229s.
- Doolan J. M., MacNally R. C. 1981.** Spatial dynamics and breeding ecology in the cicada *Cystosoma saundersii*: the interaction between distributions of resources and intraspecific behaviour. *Journal of animal evolution*, 50: 924-940.
- Elton C. S. 1973.** The structure of invertebrate populations inside neotropical rain forest. *Journal of animal ecology*, 42: 55-104.
- Ewing A. W. 1989.** Arthropod bioacoustics, neurobiology and behaviour. Edinburgh, Edinburgh University Press, 160 s.
- Fonseca P. J. 1991.** Characteristics of the acoustic signals in nine species of cicadas (Homoptera, Cicadidae). *Bioacoustics*, 3: 173-182.
- Fonseca P. J. 1996.** Sound production in cicadas: tymbal muscle activity during calling song and protest song. *Bioacoustics*, 7: 19-31.
- Fonseca P. J., Bennet-Clark H. C. 1998.** Asymmetry of tymbal action and structure in a cicada: a possible role in the production of complex songs. *The journal of experimental biology*, 201: 712-730.

Fonseca P. J., Hennig R. M. 1996. Phasic action of the tensor muscle modulates the calling song in cicadas. *The journal of experimental biology*, 199: 1535-1544.

Fonseca P. J., Popov A. V. 1994. Sound radiation in a cicada: the role of different structures. *Journal of comparative physiology A*, 175: 349-361.

Gerhardt H. C. 1998. Sound analysis and research methods. V: *Animal acoustic communication*. Hopp S. L., Owren M. J., Ewans C. S. (eds.). New York, Springer Verlag: 8-14.

Gogala M. 1995. Songs of four cicada species from Thailand. *Bioacoustics*, 6: 101 - 116.

Gogala M., Popov A. V. 1997. Bioacoustics of singing cicadas of the western Palaearctic: *Cicadetta mediterranea* Fieber 1876 (Cicadoidea: Tibicinidae). *Acta entomologica Slovenica*, 5(1): 11-24.

Gogala M., Popov A. V., Ribarič D. 1996. Bioacoustics of singing cicadas of the western Palaearctic: *Cicadetta tibialis* (Panzer) (Cicadoidea: Tibicinidae). *Acta entomologica Slovenica*, 4(2): 45-62.

Gogala M., Riede K. 1995. Time sharing of song activity by cicadas in Temengor Forest Reserve, Hulu Perak and in Sabah, Malaysia. *Malayan Nature Journal*, 48: 297-305.

Gogala M., Trilar T. 1999. The song structure of *Cicadetta montana macedonica* Schedl with remarks on songs of related singing cicadas (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadomorpha: Tibicinidae). *Reichenbachia* 33 (11): 91-97.

Heinroth O. 1911. Beiträge zur Biologie, namentlich Ethologie und Physiologie der Anatiden. *Verh. 5 Int. orn. Kong.*: 589-702.

Matičeto M. 1999. Škržadja pravda. *Fontana*, revija za književnosti in kulturo, Koper, 29/30: 133-143.

Moulds M. S. 1990. Australian cicadas. Melbourne, UNSW Press, 217 str.

Moulton J. C. 1923. Cicadas of Malaysia. *Journal of Federated Malay States Museum*, 11(2): 69-182; slike: I-V; sheme: 1-25.

Overmeer W. P. J., Duffels J. P. 1967. A revisionary study of genus *Dundubia* Amyot & Serville (Homoptera, Cicadidae). *Beaufortia*, 166: 29-59.

Petkovšek M. 1998. Vpliv temperature na napeve škržatov *Cicadetta tibialis* (Panzer 1798). (Cicadoidea: Tibicinidae). Diplomsko naloga. Ljubljana, BF, Odd. za biologijo, 62 s.

Pringle J. W. S. 1954. A physiological analysis of cicada song. *The journal of experimental biology*, 31: 525-560.

Pringle J. W. S. 1955. The songs and habits of Ceylon cicadas, with a description of two new species. *Spolia Zeylan*, 27: 229-238.

Riede K. 1993. Monitoring biodiversity: analysis of Amazonian rainforest sounds. *Ambio*, 22: 546-548.

Riede K. 1996. Diversity of sound producing insects of a Bornean lowland rain forest. V: *Tropical rainforest research - current issues*. Edwards D. S. et al. (eds.). Dordrecht, Kluwer academic publishers: 77-84.

Riede K. 1997. Bioacoustic monitoring of insect communities in a Bornean rainforest canopy. V: *Canopy Arthropods*. N.E. Stork et al. (eds.). London, Chapman & Hall: 443-452.

Riede K., Kroker A. 1995. Bioacoustics and niche differentiation in two cicada species from Bornean lowland forest. *Zoologische Anzeiger*, 234: 43-51.

Simmons J. A., Wever E. G., Pylka J. M. 1971. Periodical cicadas: sound production and hearing. *Science* 171: 212-213.

Simmons P., Young D. 1978. The tymbal mechanism and song patterns of the bladder cicada, *Cystosoma saundersii*. *Journal of experimental biology*, 76: 27-45.

Toporišič J., (ur.). 2001. Slovenski pravopis. Ljubljana, SAZU in ZRC Sazu: 1805 str.

Virant-Doberlet M., Čokl A., Stritih N. 2000. Vibratory songs of hybrids from Brazilian and Slovenian populations of the green stink bug *Nezara viridula*. *European journal of applied physiology*, 439: 196-198.

Young D. 1972. Neuromuscular mechanism of sound production in Australian cicadas. *Journal of comparative physiology*, 79: 343-362.

Young D. 1990. Do cicadas radiate sound through their ear-drums? *Journal of experimental biology*, 151: 41-56.

Young D., Bennet-Clark H. C. 1995. The role of the tymbal in cicada sound production. *The journal of experimental biology*, 198: 1001-1019.

Young D., Josephson R. K. 1983. Mechanisms of sound production and muscle contraction kinetics in cicadas. *Journal of comparative physiology A*, 152: 189-195.

Young D., Josephson R. K. 1983a. Pure-tone songs in cicadas with special reference to the genus *Magicicada*. *Journal of comparative physiology A*, 152: 197-207.

7.2 DRUGI VIRI

Brvar B. 1997. Osnove statistike. Ljubljana, Visoka policijsko-varnostna šola: 266 str.

Grabec I., Gradišek J. 2000. Opis naključnih pojavov. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo: 263 str

Koškin N. I., Širkevič M. G. 1967. Priročnik elementarne fizike. Ljubljana, Založniški zavod Življenje in tehnika: 239 str.

Lawrence E. 2000. Henderson's dictionary of biological terms. Harlow, Prentice-Hall: 719 str.

Webster's encyclopedic unabridged dictionary of the english language. 1996. New York, Random House Value Publishing, Inc.: 2230s.

8 ZAHVALE

Zahvaljujem se:

1. Mojim staršem. Mojim sponzorjem, ki so me imeli na grbi po tem, ko me je zapustil stric Zois (da gre v obeh primerih za iste ljudi, je zgolj naključje).
- 2.. Profesorju Gogalu, za mentorstvo, nasvete in gostoljubje na Krasu.
3. Prijateljem in dekletu, ki so prenašali (in še bodo, he he he) poklicno pšobo.