

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Jernej POLAJNAR

**VPLIV VIBRACIJ NA SPOLNO VEDENJE STENIC VRSTE *NEZARA VIRIDULA* (HETEROPTERA: PENTATOMIDAE)**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

**THE EFFECT OF VIBRATION ON THE SEXUAL BEHAVIOUR OF  
THE SOUTHERN GREEN STINK BUG *NEZARA VIRIDULA*  
(HETEROPTERA: PENTATOMIDAE)**

GRADUATION THESIS

University studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Oddelku za entomologijo Nacionalnega inštituta za biologijo v Ljubljani.

Komisija za študijske zadeve je temo diplomske naloge odobrila na senatu 25.3.2005 in za mentorja imenovala prof. dr. A. Čokla.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Mihael J. Toman  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Tine Valentinčič  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Andrej Čokl  
Nacionalni inštitut za biologijo, Oddelek za entomologijo

Datum zagovora: 18.12.2006

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Jernej Polajnar

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dd

DK 591.18:595.75(043.2)=863

KG žuželke/heteroptera/Pentatomidae/*Nezara viridula*/vibracijska komunikacija/šum

AV POLAJNAR, Jernej

SA ČOKL, Andrej, ment.

KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

LI 2006

IN VPLIV VIBRACIJ NA SPOLNO VEDENJE STENIC VRSTE *Nezara viridula*  
(HETEROPTERA: PENTATOMIDAE)

TD diplomska naloga (univerzitetni študij)

OP VII, 31 str., 3 pregl., 14 sl., 42 vir.

IJ SL

JI sl / en

AI Zelene smrdljivke komunicirajo s tresenjem podlage. Z umetnimi vibracijami smo poskušali zmotiti spolno vedenje stenic zelenih smrdljivk *Nezara viridula*. Samce smo postavili na rastlino in jim hkrati predvajali ponavljajoč napev samice (pozivni napev) s frekvenco 100 Hz in neprekinjeno vibracijo enake frekvence ter amplitude. Opazovali smo vedenjski odziv, ki ga sestavlja iskanje samice in oglašanje. Oglašanje smo registrirali z laserskim vibrometrom. Samicam iz treh skupin ( $N_1=12$ ,  $N_2=13$ ,  $N_3=31$ ) smo med oglašanjem predvajali dvakrat po minuto vibracij ("motnje - šum"). Samci, ki smo jih motili s šumom, so se manjkrat odzvali na samice kot samci, ki so poslušali samo signale samic. Šum ni vplival na čas iskanja vira samičinega napeva. Motnje niso zavrle oglašanja samic. Če sta bili dominantna frekvenca oglašanja in motnje različni za manj kot 5 Hz, sta dve od trinajstih samic spremenile dominantno frekvenca napeva FCS. Ponavljalna frekvenca, dolžina napevov in njegova prva harmonična frekvenca so ostale iste kot pred motnjo. Samice lahko spremenijo frekvenco lastnega napeva zato, da šum ne bi zmotil prepoznavne partnerjev.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dd  
DC 591.18:595.75(043.2)=863  
CX insects/Heteroptera/Pentatomidae/*Nezara viridula*/vibrational communication/noise  
  
AU POLAJNAR, Jernej  
AA ČOKL, Andrej, supervisor  
  
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Biology  
  
TI THE EFFECT OF VIBRATION ON THE SEXUAL BEHAVIOUR OF THE  
SOUTHERN GREEN STINK BUG *NEZARA VIRIDULA* (HETEROPTERA:  
PENTATOMIDAE)  
DT graduation thesis  
  
NO VII, 31 p., 3 tab., 14 fig., 42 ref.  
LA SL  
AL sl / en

AB Green stink bugs communicate with substrate-borne vibrations. We tried to interrupt the sexual behaviour of the southern green stink bug *Nezara viridula*, using artificial vibrations. Males were placed onto the host plant, which was in turn vibrated with two loudspeakers, one playing the female calling song with the frequency of 100 Hz, and the other playing continuous vibration with the same frequency and amplitude. We observed the behavioural response, which consists of mate location and singing. We split the females into three groups ( $N_1=12$ ,  $N_2=13$ ,  $N_3=31$ ), placed each onto the host plant and played them twice a minute of continuous vibration (»disruption – noise«) when they started to sing. The singing was recorded with a laser vibrometer. When disrupted by noise, the males responded less to female signals than the males listening to female signals alone. The noise didn't influence the time males needed to locate the source of female signals. The noise didn't stop females from singing. Two of the females changed the dominant frequency of their calls when the dominant frequency of female signals and the frequency of the disturbance differed less than 5 Hz. The first harmonic frequency, repetition rate, and pulse duration remained constant. We conclude that females can alter the singing frequency to prevent the noise from interfering with mate recognition.

## KAZALO VSEBINE

<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA</b> .....	III
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION</b> .....	IV
<b>KAZALO VSEBINE</b> .....	V
<b>KAZALO TABEL</b> .....	VI
<b>KAZALO SLIK</b> .....	VII
<b>1 UVOD</b> .....	1
1.1 PREDSTAVITEV VRSTE <i>NEZARA VIRIDULA</i> .....	1
1.2 SPOLNO VEDENJE STENIC .....	2
1.3 VIBRACIJSKA KOMUNIKACIJA STENIC .....	3
1.4 NAMEN NALOGE .....	6
<b>2 MATERIAL IN METODE</b> .....	7
2.1 GOJENJE POSKUSNIH ŽIVALI .....	7
2.2 POTEK POSKUSA .....	7
2.3 STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV .....	12
<b>3 REZULTATI</b> .....	13
3.1 VPLIV ŠUMA NA SPOLNO VEDENJE SAMCEV ZELENE SMRDLJIVKE .....	13
3.2 VPLIV ŠUMA NA SPOLNO VEDENJE SAMIC ZELENE SMRDLJIVKE .....	14
3.2.1 Vpliv šuma na spektralne značilnosti samičinih pozivnih napevov .....	16
3.2.2 Vpliv šuma na časovne značilnosti samičinih pozivnih napevov .....	20
<b>4 RAZPRAVA</b> .....	23
<b>5 POVZETEK</b> .....	27
<b>6 SLOVSTVO</b> .....	29
<b>PRILOGA A</b> .....	32
<b>PRILOGA B</b> .....	35
<b>PRILOGA C</b> .....	37
<b>PRILOGA D</b> .....	39

## KAZALO TABEL

<b>Tabela 1.</b> Vrednosti parametrov vibracij, ki sta jih oddajala zvočnika, na različnih točkah na fižolu.....	10
<b>Tabela 2.</b> Primerjava odzivov samcev na stimulacijo s pozivnim napevom samice (FCS) ob prisotnosti šuma oz. brez njega.....	13
<b>Tabela 3.</b> Čas, ki so ga samci porabili za prihod do različnih točk na rastlini. ....	14

## KAZALO SLIK

<b>Slika 1.</b> Odrasla zelena smrdljivka <i>Nezara viridula</i> . .....	1
<b>Slika 2.</b> Shema postavitve poskusa s samci. ....	8
<b>Slika 3.</b> Oscilogram stimulacije samcev. ....	8
<b>Slika 4.</b> Točke registracije vibracij, ki sta jih oddajala oba zvočnika, na sadiki fižola.....	9
<b>Slika 5.</b> Shema postavitve poskusa s samicami. ....	10
<b>Slika 6.</b> Oscilogram motenja samic zelene smrdljivke. ....	11
<b>Slika 7.</b> Frekvenčni spekter enega signala samičinega pozivnega napeva (FCS).....	12
<b>Slika 8.</b> Prisotnost motnje ne vpliva na to, ali se samice oglašajo ali ne. ....	15
<b>Slika 9.</b> Prisotnost motnje povzroči spremembo ritma oglašanja samic.....	15
<b>Slika 10.</b> Spremembe povprečnih vrednosti dominantnih frekvenc FCS so odvisne od podobnosti frekvenc motenj, večja podobnost sproži spremembo pri večjem deležu živali. ....	16
<b>Slika 11.</b> Predvajanje vibracij s frekvenco, ki je za največ 5Hz različna od povprečne frekence napeva sproži prilagoditev dominantne frekvence pozivnega napeva samice (FCS). A: Samica F26, B: Samica F28.....	18
<b>Slika 12.</b> 1. harmonično frekvenco FCS je med motenjem spremenil majhen delež samic, neodvisno od podobnosti frekvenc motenj.....	19
<b>Slika 13.</b> Dolžino signalov FCS je med motenjem spremenil majhen delež samic, neodvisno od podobnosti frekvenc motenj. ....	20
<b>Slika 14.</b> Ponavljalno frekvenco signalov FCS je med motenjem spremenil majhen delež samic, neodvisno od podobnosti frekvenc motenj. ....	22





## 1 UVOD

### 1.1 PREDSTAVITEV VRSTE *NEZARA VIRIDULA*

Stenico vrste *Nezara viridula* (L.) (zelena smrdljivka) uvrščamo v družino ščitastih stenic (Pentatomidae), ki je z okoli 4000 vrstami med najobsežnejšimi družinami reda stenic (Heteroptera) (Schaeffer, 1996, cit. po Panizzi, 1997). Značilna telesna zgradba ščitastih stenic vključuje široko, ploščato telo, pet-člene tipalnice, obustne okončine izoblikovane v kljunec in razmeroma velik ščitek trikotne oblike na hrbtu (Gogala, 2003). Zelena smrdljivka je velika približno 1 cm, listnato zelene barve, pred hibernacijo pa postane rjava (Gogala, 2003) (slika 1).



**Slika 1.** Odrasla zelena smrdljivka *Nezara viridula*.

Stenice so hemimetaboli, zelena smrdljivka ima pet stadijev ličink. Njena življenjska doba je odvisna od spola, letnega časa, podnebnih razmer in prehrane, znaša pa od 3 do 6 mesecev (Panizzi, 1997; Todd, 1989; Mitchell in Mau, 1969). Odrasle živali preživijo zimo v stanju diapavze, v tropih in subtropih poteka razvoj celo leto (Todd, 1989). Zelena smrdljivka je dober letalec, njeno razširjenost lahko pripišemo tudi človekovemu vplivu na

okolje (Kavar in sod. 2006; Todd, 1989). V Sloveniji je zelena smrdljivka razširjena v pasu od obale do Kraškega roba ter na območju Nove Gorice in Tolmina (Gogala A. in Gogala M., 1989).

Zelene smrdljivke jedo rastlinsko hrano; so polifage živali, najraje imajo zelene dele in plodove stročnic ter križnic (Panizzi, 1997). Smrdljivke so ekonomsko pomembni škodljivci na nasadih soje, riža in pšenice, pa tudi lesnih rastlin, kot so limonovci, kakavovci in kavovci (Panizzi, 1997).

## 1.2 SPOLNO VEDENJE STENIC

Iskanje partnerja, dvorjenje in parjenje zelene smrdljivke je sestavljeno iz več medsebojno povezanih faz. Spolno zreli samci izločajo hlapen feromon, ki privablja samice in samce ter zadnji stadij ličinke (Harris in Todd, 1980; Mitchell in Mau, 1971). Samica, ki zaznava samčev feromon, začne s pozivnim napevom (female calling song, FCS), ta draži samca da izloči še več feromona (Miklas in sod., 2003). Ko samec zazna tresenje podlage - pozivni napev samice, se odzove s svojim napevom. Sestavljajo ga vibracije nizkih frekvenc (Čokl in Virant-Doberlet 2003; Čokl in sod., 1978, 2000a): pozivni napev (male calling song, MCS) in napev dvorjenja (male courtship song, MCrS). Med tem samec išče samico (Čokl in sod., 2000a). Ko spolna partnerja zaznata drug drugega, sledi faza dvorjenja – duet, samec prilagodi dolžino svojega napeva MCrS dolžini pavze med napevi samice FCS (Čokl in sod. 1999; Borges in sod., 1987; Čokl in Virant-Doberlet 2003).

Ko se živali približata druga drugi, vidni in vibracijski ključni dražljaji sprožijo ustaljen vzorec vedenja, ki pripelje do parjenja. Samec se prične dotikati samice z antenami (antenacija), nato z glavo in sprednjim delom ščitka udarja v zadek samice, ki dvigne zadek. Samec obrne zadek proti zadku samice, živali stakneta genitalne dele in začneta kopulirati (Kon in sod., 1988).

### 1.3 VIBRACIJSKA KOMUNIKACIJA STENIC

Uporaba mehanskega valovanja delcev za komunikacijo ima več prednosti pred uporabo kemijskih substanc – prenos informacij je hitrejši od difuzije, zahteva manjši vložek energije (Virant-Doberlet in Čokl, 2004) in omogoča kodiranje informacij, potrebnih pri iskanju in prepoznavanju spolnih partnerjev (Čokl in sod., 1978). Signali, uporabljeni za komunikacijo, morajo prenesti kontekst (pomen) in informacijo o identiteti ter lokaciji oddajnika (Virant-Doberlet in Čokl, 2004).

Fizične lastnosti oddajnika, medija in sprejemnika narekujejo omejitve pri uporabi vsakega komunikacijskega kanala. Za učinkovito oddajanje vibracij, ki se prenašajo po zraku, mora biti oddajnik velik najmanj  $1/3$  valovne dolžine signala ob predpostavki, da je izvor zvoka kroglja ( $2r > \lambda\pi$ ) (Markl, 1983). Zato so žuželke večinoma slabi izvori zvoka nizkih frekvenc (Michelsen in Nocke, 1974). Nekatere majhne žuželke ta problem rešujejo z uporabo ultrazvočnega dela spektra za komunikacijo, kar pa ima dve pomanjkljivosti: absorpcija in sipanje od objektov na poti sta večja za visoke frekvence, zato je ultrazvok uporaben le v akustično "čistem" polju (Bennet-Clark, 1998), med oddajanjem zvoka v odprtem prostoru pa je žuželka bolj izpostavljena plenilcem.

Boljša rešitev so vibracije podlage, ki jih majhne živali lahko učinkovito proizvajajo (Markl 1968, cit. po Michelsen in sod., 1982). Tresenje podlage je način komunikacije, razširjen pri mnogih skupinah žuželk, kot so Orthoptera, Plecoptera, Sternorrhyncha, Auchenorrhyncha, Heteroptera, Neuropteroidea, Coleoptera, Mecoptera, Diptera in Trichoptera (povzeto v Cocroft in Rodríguez 2005; Virant-Doberlet in Čokl, 2004). Vibracijski signal, ki ga proizvede oddajnik in se po podlagi prenese do sprejemnika, je po Marklu (1983) mejna vibracija. Majhne rastlinojede žuželke za prenos vibracijskih signalov pogosto uporabljajo gostiteljsko rastlino (Cocroft in Rodríguez, 2005; Virant-Doberlet in Čokl 2004). Vibracije se po rastlini prenašajo v obliki upogibnih valov, pri čemer je zelo malo izgube energije zaradi trenja (Michelsen in sod., 1982). Upogibni valovi nastajajo v podolgovatih strukturah s krožnim presekom, katerih širina je majhna v primerjavi z dolžino strukture in valovno dolžino vibracije (Markl, 1983). Majhne žuželke so sposobne zatresti rastlinsko tkivo z amplitudo, ki je za en do dva velikostna razreda

višja od praga njihovih vibracijskih receptorjev (Čokl, 1983; Michelsen in sod., 1982) in se prenaša po vsej rastlini na razdalji do nekaj metrov (Michelsen in sod., 1982).

Fizikalne lastnosti rastlin frekvenčno in časovno spreminjajo vibracijske signale, ki jih proizvajajo žuželke (Michelsen in sod., 1982). Med razširjanjem po rastlini se odfiltrirajo visokofrekvenčne komponente vibracije. Zaradi disperznega razširjanja vibracij se višje frekvence po rastlini prenašajo hitreje kot nižje in kratek signal, ki vsebuje komponente z visokimi in nizkimi frekvencami, se spremeni v daljši, frekvenčno moduliran pulz (Michelsen in sod., 1982). Zaradi odbojev od konic pride do pojava vozlov, kjer se signali s čistimi toni med seboj izničijo ali seštejejo (Michelsen in sod., 1982), zato amplituda signala ni linearna funkcija oddaljenosti od vira vibracij (Stritih in sod., 2000). Večina živali, ki uporablja rastline kot podlago za vibracijsko komunikacijo, se atenuaciji izogne s proizvajanjem signalov, uglasenih z resonančnimi lastnostmi rastline.

Stenice družine Pentatomidae proizvajajo vibracije z zadkom. Prvi in drugi abdominalni tergiti sta zlita v tergalno ploščo (Gogala, 1984), na katero sta povezana dva para tergalnih longitudinalnih ter lateralnih kompresorskih mišic, poleg tega pa še par depresorskih timbalnih mišic (Kuštor, 1989). Med oglašanjem se vsi pari mišic krčijo sinhrono (Kuštor, 1989), njihova aktivnost se fazno ujema z nihanjem zadka (Amon in Čokl, 1990; Kuštor, 1989). Tresenje telesa, ki ga povzroča ritmično nihanje zadka, se preko nog prenaša na podlago.

Anatomske raziskave so pokazale, da se v nogah zelenih smrdljivk nahajajo trije različni organi, ki lahko zaznavajo vibracije podlage: sklepni hordotonalni organi, subgenualni organi in kampaniformne senzile (Michel in sod., 1983). Sestavljajo jih trije funkcionalni tipi skolopidijev, ki prenašajo informacije v osrednje živčevje: nizkofrekvenčni (LF) so občutljivi na vibracije s frekvenco do 150 Hz, srednjefrekvenčni (MF) na vibracije s frekvenco do 500 Hz in visokofrekvenčni (HF) na vibracije s frekvenco okoli 1000 Hz (Čokl, 1983). Samci pri iskanju vira vibracij uporabljajo tudi antene (Borges s sod., 1989; Kon s sod., 1988). Vlogo zaznavanja vibracij z antenami ima verjetno Johnstonov organ, katerega receptorji pa so manj občutljivi na nizkofrekvenčne vibracije kot LF receptorji v nogah (Jeram in Čokl, 1996).

Opisanih je več različnih napevov samcev in samic zelene smrdljivke. Napevi imajo značilne frekvenčne in časovne karakteristike ter jasno vlogo pri iskanju in prepoznavanju spolnih partnerjev (Čokl in sod., 1972; 2000a; Kon in sod., 1988; Ota in Čokl, 1991). Samica začne domnevno pod vplivom samčevih feromonov oddajati pozivni napev (FCS), sestavljen iz zaporedja signalov. To vzpodbudi samca, da začne odgovarjati s svojim pozivnim napevom (MCS) in napevom dvorjenja (MCSr). Njegov odgovor vzdržuje petje samice. Samica začne oddajati napev dvorjenja (FCSr) šele ko pride samec v bližino in nikoli samodejno. Samec se pod vplivom FCS začne usmerjeno premikati proti izvoru vibracij. Ko pride po rastlini do razvejitev stebela in listnega peclja, se postavi z nogami prek razvejitve in počaka na naslednji signal samice, nato pa nadaljuje hojo proti izvoru (Čokl in sod., 1999; Ota in Čokl, 1991). Vrhovi frekvenčnih spektrov signalov so pri vseh napevih med 70 in 130 Hz, opazna je frekvenčna modulacija v manjši ali večji meri (Čokl in sod., 2000a; 2000b). Pozivne napeve zelenih smrdljivk sestavljajo ozko- in širokopasovni vlaki pulzov. Širokopasovni pulzi naj bi posredovali informacijo o prisotnosti in lokaciji, ozkopasovni s stabilno časovno strukturo pa o vrsti in spolu živali, ki poje (Čokl in sod., 2000b).

Vibracijski napevi zelenih smrdljivk so dobro uglaseni s fizikalnimi lastnostmi gostiteljske rastline. Poskusi na ciperusu *Cyperus alternifolius* (Čokl, 1988), bršljanu *Hedera helix* (Amon in Čokl, 1990) in fižolu *Phaseolus vulgaris* (Čokl in sod., 2005; Stritih in sod., 2000) so pokazali, da se ozkopasovne nizkofrekvenčne vibracije prenašajo po vsej rastlini in zaradi odbojev tvorijo kompleksen vzorec vozlov z različnimi amplitudami na različni oddaljenosti od vira. Za lokalizacijo vira vibracij sta lahko uporabna dva parametra: razlika amplitud nihanja med posameznimi senzoričnimi vhodi (nogami) (Stritih in sod., 2000; Virant-Doberlet s sod., 2006) in razlika v času prihoda signala na različne vhode (Virant-Doberlet s sod., 2006), kjer so izračunane vrednosti dovolj velike, da lahko sprožijo usmerjen odgovor. Razlike v času prihoda signala in razlike v amplitudi na različnih vhidih sprožijo usmerjen odgovor vibracijskih nevronov v ventralnem živcu pri kobilici vrste *Locusta migratoria* (Čokl in sod., 1985).

O vplivu šuma na komunikacijo živali je malo znanega. V širšem pomenu besede je šum karkoli, kar ovira sposobnost sprejemnika da zazna signal ali loči en signal od drugega (Römer in sod., 1989). Šum je dejavnik, ki v naravnem okolju določa doseg komunikacije s katerokoli modaliteto (Römer in sod., 1989). Barth in sod. (1988) so pokazali, da prenašajo rastline vse vrste nizkofrekvenčni vibracij, tako napeve živali kot tudi šume. Frekvenčni spekter vibracij, nastalih zaradi udarjanja dežnih kapelj ob liste bananovca *Musa sp.* in udarjanja listov med seboj, ima vrhove pri frekvencah okoli 100 Hz. Saxena in Kumar (1980) sta z umetnimi vibracijami določenih frekvenc zmotila komunikacijo in parjenje škržatkov iz družin Cicadellidae ter Fulgoridae. Najučinkovitejše so bile vibracije s frekvenco, podobno frekvenci njihovih vibracijskih napevov. Razen vibracij drugega izvora lahko šum predstavljajo signali spolnih partnerjev in napevi drugih živali. Te vrste šuma so definirane kot vsi signali živali v bližini sprejemnika (Römer in sod., 1989). Zaradi kratkega dosega vibracij podlag, je akustično okolje zelenih smrdljivk rastlina, na kateri je žival in morda nekaj sosednjih rastlin (Michelsen in sod., 1982). Ker se lahko na isti rastlini nahaja veliko živali, ki pojejo spontano,

#### 1.4 NAMEN NALOGE

Ugotoviti smo hoteli vpliv nizkofrekvenčnih vibracij s frekvenco in amplitudo, podobno signalom samic, v kontroliranem laboratorijskem okolju na aktivnost samcev pri iskanju spolnega partnerja in oglašanje samic.

## 2 MATERIAL IN METODE

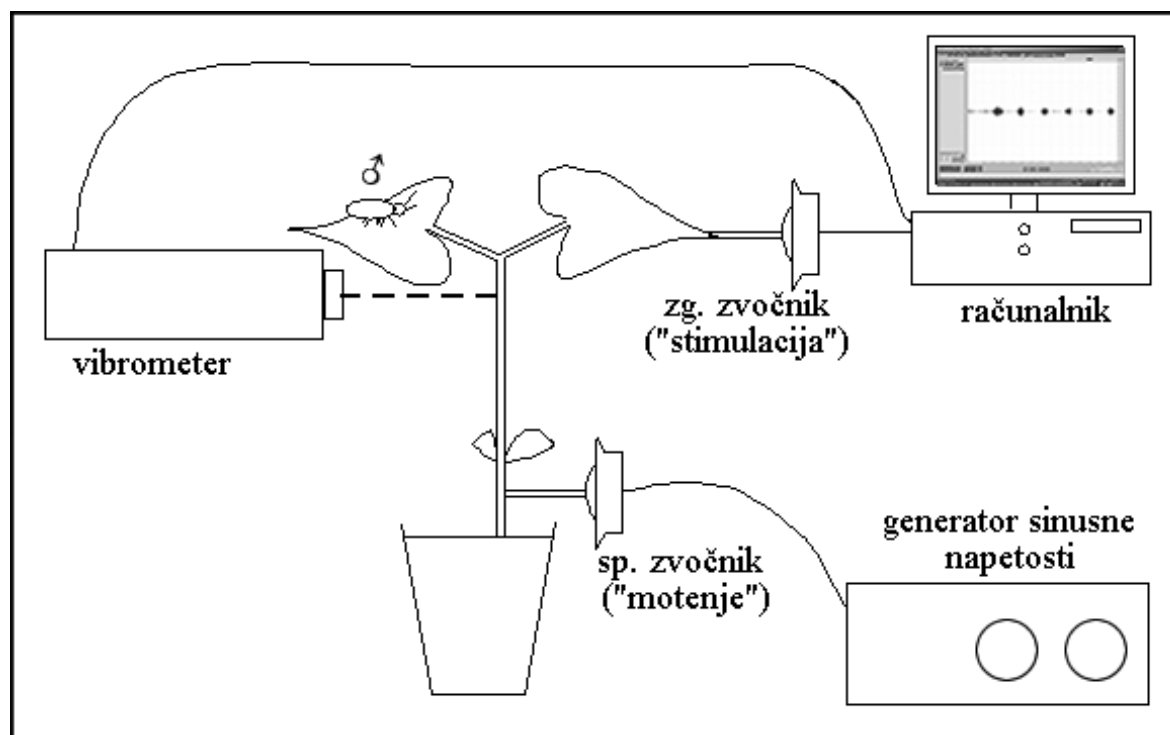
### 2.1 GOJENJE POSKUSNIH ŽIVALI

Pri poskusih smo uporabljali stenice vrste *N. viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae). Matično generacijo živali smo nabrali v Slovenskem Primorju in jo gojili v laboratoriju v platičnih posodah velikosti 38×23×23 cm pri 22-26°C, 70-80% rel. zračni vlažnosti in ciklu 16:8h svetlobe:teme. Hranili smo jih s surovimi arašidi *Arachis hypogaea* (L.), semeni sončnic *Helianthus annuus* (L.) in poganjki fižola *Phaseolus vulgaris* (L.) ter soje *Vigna mungo* (L.). Iz posod smo sproti pobrali vse liste z jajčnimi masami in jih do izleganja hranili v petrijevkah pod istimi pogoji. Živali v tretjem larvalnem stadiju iz iste jajčne mase smo prenesli nazaj v plastične posode in jih gojili pod enakimi pogoji kot starševske. Po zadnji levitvi smo osebkke ločili po spolu in jih prenesli v ločene plastične posode. Za poskuse smo uporabili živali okoli 14 dni po zadnji levitvi, ko zelene smrdljivke dosežejo spolno zrelost in se začnejo oglašati (Brennan in sod., 1977).

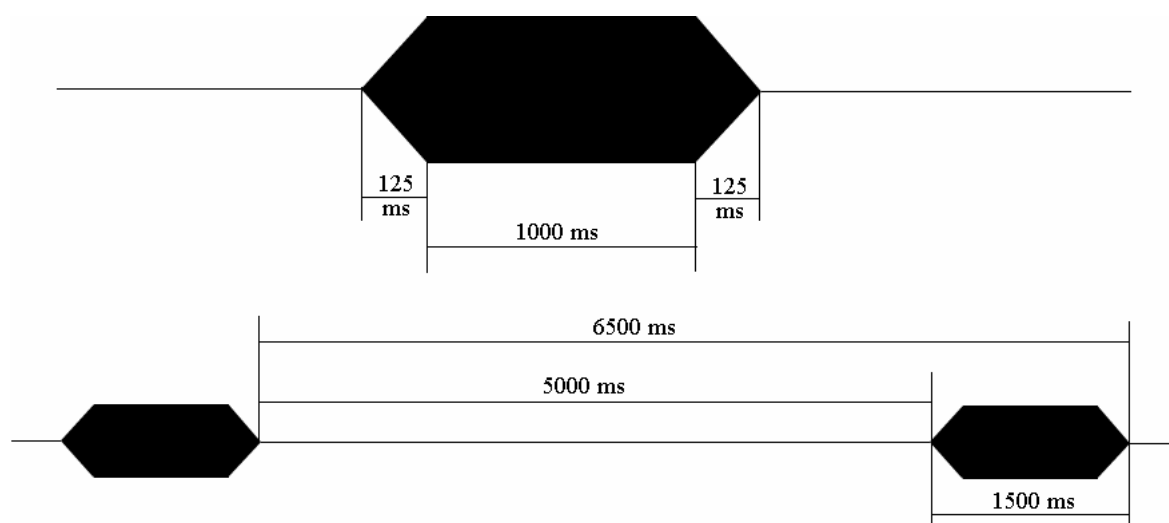
### 2.2 POTEK POSKUSA

Vsi poskusi so potekali v zvočno izolirani neodmevni komori (FA. Amplaid, Italija) v laboratoriju Oddelka za entomologijo Nacionalnega inštituta za biologijo pri temperaturi 21-27°C in sobni svetlobi.

Samce smo postavili na list sadike fižola. Na rastlino smo ~1 cm pod kličnimi listi z umetno maso Blu-tack pritrdili plastičen konus (mikrocentrifugirko brez pokrovčka), prilepljen v sredino membrane zvočnika (Raveland WHX 108). Zvočnik je bil povezan z generatorjem sinusne napetosti (Philips PM 5175). Enak zvočnik, povezan z računalnikom, je bil na enak način pritrjen na konico sosednjega lista (slika 2). Med poskusom je spodnji zvočnik predvajal neprekinjeno sinusoidno valovanje s frekvenco 100 Hz in hitrostjo  $7,3 \times 10^{-4}$  m ("motenje"), zgornji pa sintetiziran pozivni napev samice ("stimulacija") (Čokl in sod., 1978) z enako frekvenco in amplitudo, ki smo ga generirali s pomočjo zvočne kartice in programa CoolEdit Pro 2.0 (Syntrillium Software Corporation, 2002) (slika 3).



**Slika 2.** Shema postavitve poskusa s samci. Rastlina, na katero smo postavili samca, vibrometer in oba zvočnika smo postavili v zvočno izolirano neodmevno komoro.



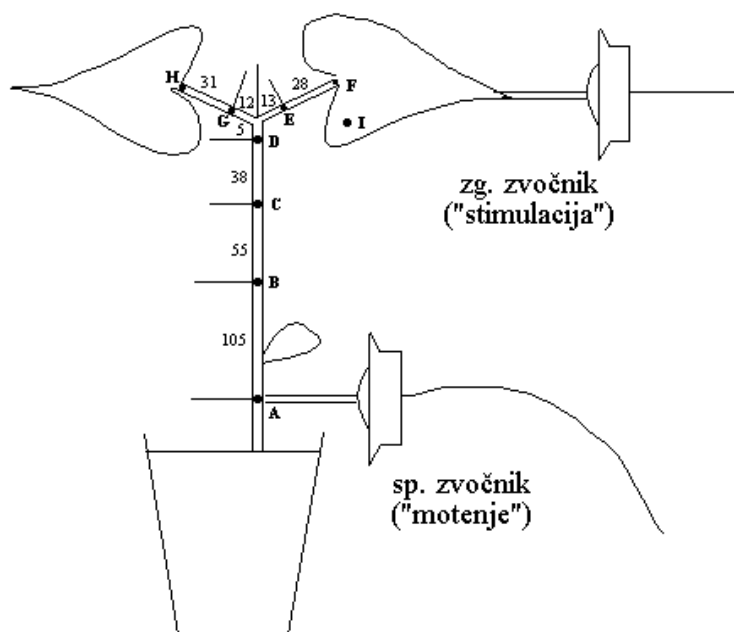
**Slika 3.** Oscilogram stimulacije samcev. Zvočnik, pritrjen na list, je predvajal vlake pulzov (črna površina) s frekvenco 100 Hz.

Odziv na hkratno predvajanje samičnih signalov in neprekinjene vibracije smo primerjali z odzivom na predvajanje samičnih signalov. Izvedli smo dve kontroli: samo s predvajanjem neprekinjene vibracije in brez dražljajev. Opazovali smo naslednje



parametre: čas, potreben do prihoda na razvejišče listov; čas, potreben za prihod na list, na katerega je bil pritrjen zvočnik; čas, potreben za lokacijo vira vibracij (zvočnika); morebitno oglašanje; ali je žival zletela z rastline. Vibracije smo registrirali s pomočjo laserskega vibrometra (OFV 2200 (kontroler) & OFV 303 (merilna glava), Polytec GmbH, Waldbronn, Nemčija), usmerjenega v točko tik pod razvejiščem listov in povezanega z računalnikom.

Lastnosti vibracij, ki sta jih predvajala zvočnika, pritrjena na sadiko fižola (slika 4), so bile odvisne od mesta na njej (tabela 1). Testna sadika je bila po dimenzijah podobnim tistim, ki smo jih uporabljali v poskusih.

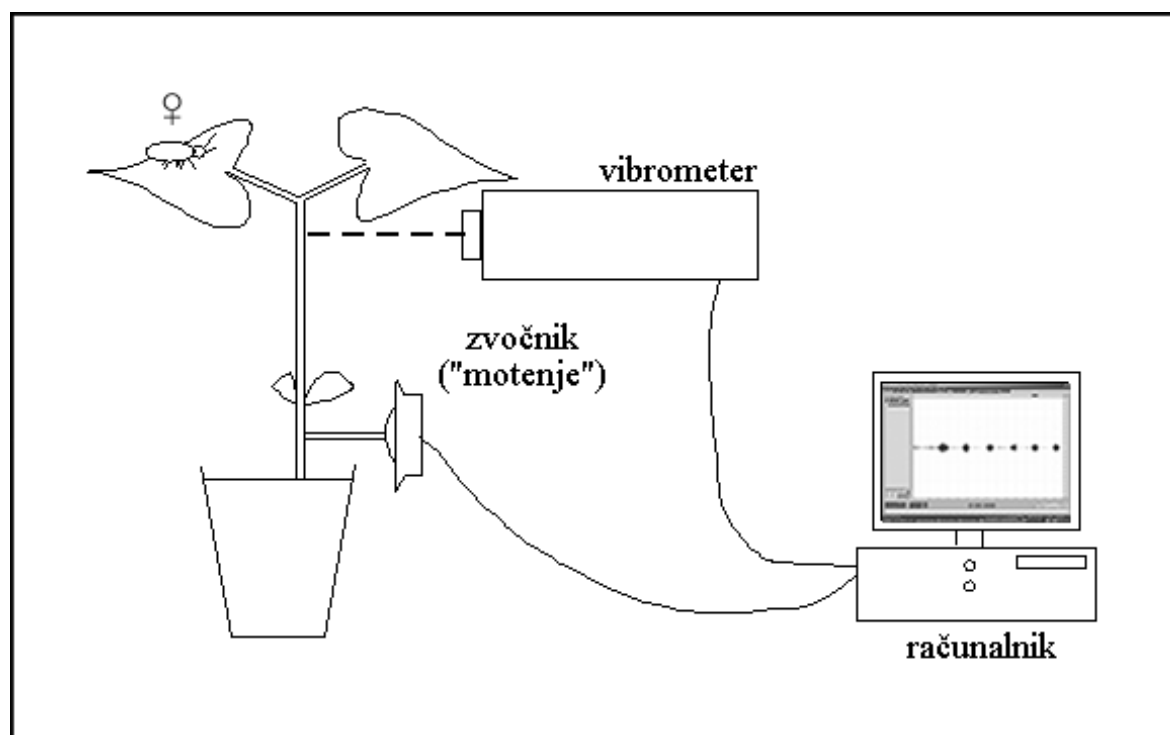


**Slika 4.** Točke registracije vibracij, ki sta jih oddajala oba zvočnika, na sadiki fižola. Črke: posamezne točke; številke: razdalje med njimi v milimetrih.

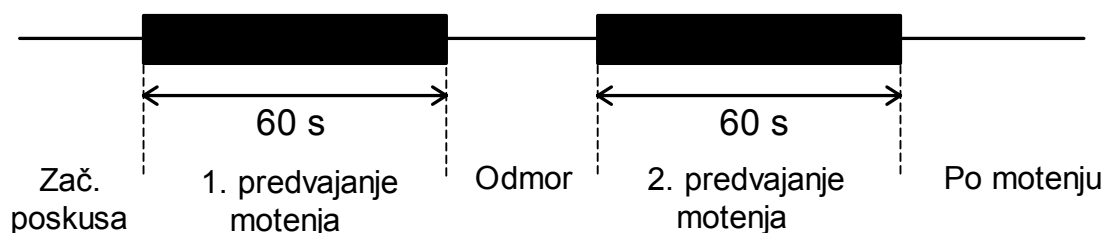
**Tabela 1.** Vrednosti parametrov vibracij, ki sta jih oddajala zvočnika, na različnih točkah na fižolu (slika 4). Hitrost je izmerjena ob delovanju spodnjega zvočnika in preračunana v pospešek. Razmerje signal : šum je kvocient amplitude vsote vibracij z obeh zvočnikov in amplitude vibracij s spodnjega zvočnika.

Točka	Hitrost [m/s]	Pospešek [m/s <sup>2</sup> ]	Razmerje signal : šum
<b>A</b>	$7,3 \times 10^{-4}$	-0,46	/
<b>B</b>	$0,5 \times 10^{-4}$	-0,03	1,5
<b>C</b>	$5,0 \times 10^{-4}$	-0,31	2,6
<b>D</b>	$3,3 \times 10^{-4}$	-0,20	2,1
<b>E</b>	$2,0 \times 10^{-4}$	-0,13	1,4
<b>F</b>	$1,3 \times 10^{-4}$	-0,08	2,1
<b>G</b>	$3,5 \times 10^{-4}$	-0,22	1,9
<b>H</b>	$1,3 \times 10^{-4}$	-0,08	3,8
<b>I</b>	$2,0 \times 10^{-4}$	-0,13	?

Samice smo postavili na list sadike fižola, na katero je bil ~1 cm pod kličnimi listi pritrjen zvočnik, povezan z računalnikom (slika 5). Samici smo približali spolno zrelega samca da se je začela oglašati. Po približno desetih pulzih FCS smo prek zvočnika predvajali 1 minuto dolgo sinusoidno valovanje s hitrostjo  $7,3 \times 10^{-4}$  m ("motnja - šum"). Če je samica tudi po "motenju" nadaljevala z oglašanjem, smo ponovno predvajali 1 minuto enakega valovanja (slika 6).



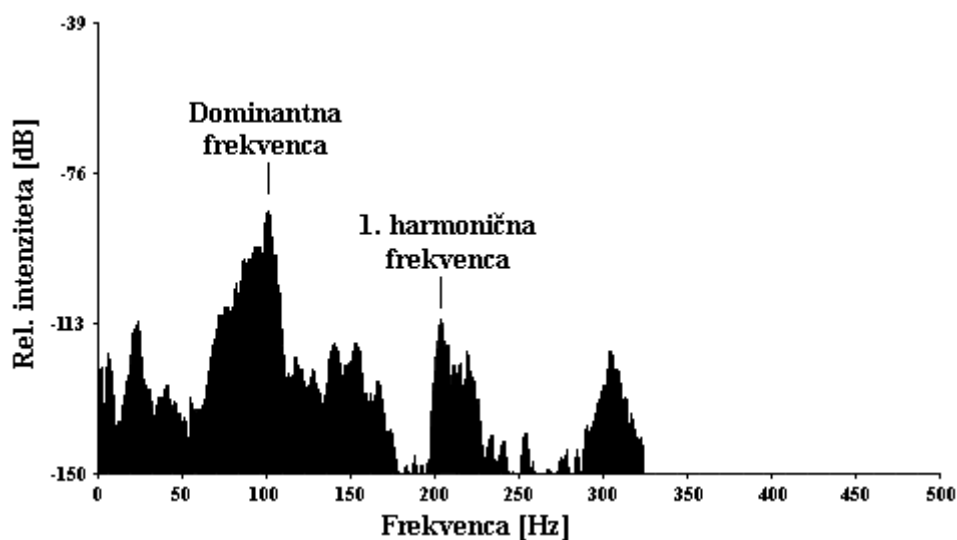
**Slika 5.** Shema postavitve poskusa s samicami. Rastlino, na katero smo postavili samico, vibrometer in zvočnik smo postavili v zvočno izolirano neodmevno komoro.



**Slika 6.** Oscilogram motenja samic zelene smrdljivke. Samico smo vzpodbudili s prisotnostjo samca. Ko je začela oddajati redne pulze FCS (začetek poskusa), smo predvajali 1 minuto neprekinjene vibracije z določeno frekvenco (prvo predvajanje motenja). Če je po prvem predvajanju motenja nadaljevala z oglašanjem (odmor), smo ponovno predvajali 1 minuto neprekinjene vibracije z enako frekvenco kot prvič (drugo predvajanje motenja). Poskus smo zaključili po drugem predvajanju motenja.

Vibracije, registrirane z laserskim vibrometrom, smo posneli in digitalizirali z računalniško zvočno kartico ter programom CoolEdit Pro 2.0 pri sample rate 8000/s in shranili na trdi disk za kasnejšo analizo. Iz posnetkov smo odfiltrirali šum s funkcijo »Noise reduction«. Časovne karakteristike napevov smo analizirali s programom Raven 1.0 (Cornell Lab of Ornithology 2003), spektralne pa s programom SoundForge 6.0 (Sonic Foundry inc. 2002).

Izmerili smo štiri parametre samičinih pozivnih napevov: dolžino, ponavljalno frekvenco, dominantno frekvenco in prvo harmonično frekvenco signalov FCS. Dolžina je čas od začetka do konca signala FCS, ponavljalna frekvenca pa čas od začetka enega do začetka drugega zaporednega signala FCS. Dominantna frekvenca je najvišji vrh, prva harmonična frekvenca pa prvi subdominantni vrh frekvenčnega spektra signala FCS, katerega frekvenca je približno dvakratnik dominantne frekvence (slika 7).



Slika 7. Frekvenčni spekter enega signala samičinega pozivnega napeva (FCS).

### 2.3 STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV

Vrednosti parametrov iz poskusa s samci smo med seboj primerjali s t-testom.

Normalnost porazdelitve vrednosti dominantne frekvence FCS, 1. harmonične frekvence FCS, ponavljalne frekvence FCS in dolžine FCS smo preverjali s testom goodness of fit ( $P > 0,05$ ; Carr, 2004) za vsak del poskusa. Povprečja omenjenih parametrov smo med seboj primerjali z ANOVA testom ( $P < 0,05$ ). Kjer se je pokazala značilna razlika, smo s t-testom primerjali pare povprečij ( $P < 0,05$ ).

### 3 REZULTATI

#### 3.1 VPLIV ŠUMA NA SPOLNO VEDENJE SAMCEV ZELENE SMRDLJIVKE

Samce smo postavili na list rastline, na katero sta bila pritrjena dva zvočnika (slika 2). Poskus s posameznim samcem smo zaključili, ko je žival našla vir pozivnega napeva (pobudno glavo) in splezala nanj, zletela ali zlezla z rastline, oz. če po petih minutah ni našla vira napeva, ne zletela ali zlezla z rastline. Odzivi samcev na napev, ki ga je predvajal zvočnik, pritrjen na sosednji list, se razlikujejo od odzivov samcev, katerim sta bila predvajana tako napev kot motnja (tabela 2).

**Tabela 2.** Primerjava odzivov samcev na stimulacijo s pozivnim napevom samice (FCS) ob prisotnosti šuma oz. brez njega. V oklepaju je število živali.

	<b>Poskus 1: FCS + šum</b>	<b>Poskus 2: samo FCS</b>	<b>Kontrola 1: samo šum</b>	<b>Kontrola 2: brez stimulusa</b>
<b>Število živali</b>	48	47	8	8
<b>Prihod na razvejišče</b>	27% (13)	34% (16)	13% (1)	25% (2)
<b>Prihod na pravi list</b>	8% (4)	15% (7)	13% (1)	0% (0)
<b>Lokacija vira pozivnega napeva</b>	6% (3)	9% (4)	0% (0)	0% (0)
<b>Oglašanje</b>	31% (15)	63% (30)	13% (1)	37% (3)
<b>Žival zletela z rastline</b>	2% (1)	6% (3)	13% (1)	0% (0)
<b>Brez aktivnosti</b>	50% (24)	13% (6)	75% (6)	50% (4)

Samcev, ki so odgovarjali na pozivni napev samice s svojim pozivnim napevom (MCS) ali napevom dvorjenja (MCRS) je bilo bistveno več v poskusu, kjer so bili izpostavljeni samo FCS, kot v poskusu, kjer so bili poleg posnetku FCS izpostavljeni tudi motnji. Nasprotno je bilo ob hkratnem predvajanju motnje in FCS bistveno več samcev, ki niso v celotnem trajanju poskusa pokazali nobene aktivnosti.

Primerjava časa, ki so ga aktivni samci porabili za prihod do razvejišča listov, do lista, na katerega je bil pritrjen zvočnik, ki je oddajal FCS, in do samega zvočnika, ki je oddajal FCS, ne pokaže bistvenih razlik med poskusoma 1 in 2 (T-test,  $H_0$ : povprečni čas je enak;  $p > 0,05$ ) (Tabela 2).

**Tabela 3.** Čas, ki so ga samci porabili za prihod do različnih točk na rastlini. N: število samcev.

Čas [s]	Poskus 1: FCS + šum	Poskus 2: samo FCS
<b>Prihod na razvejišče</b>	276 ± 169 (N = 13)	190 ± 120 (N = 16)
<b>Prihod na pravi list</b>	203 ± 90 (N = 4)	245 ± 161 (N = 7)
<b>Lokacija vira FCS</b>	289 ± 145 (N = 3)	327 ± 178 (N = 4)

Ker so se samo štirje samci iz obeh kontrolnih poskusov premaknili proti zgornjem zvočniku, je vzorec premajhen za primerjavo z ostalimi.

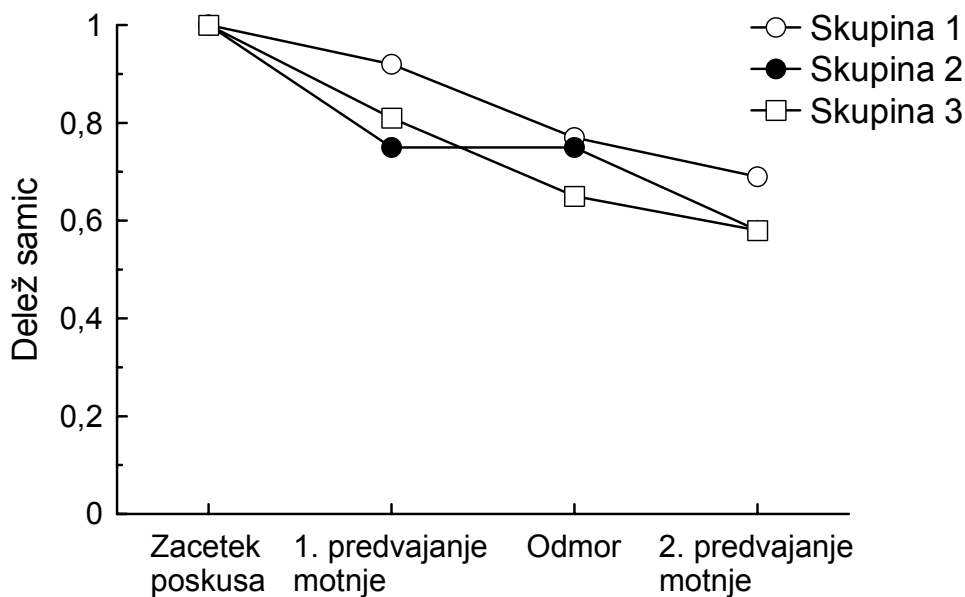
### 3.2 VPLIV ŠUMA NA SPOLNO VEDENJE SAMIC ZELENE SMRDLJIVKE

Samice smo postavili na list rastline, na katero je bil pritrjen zvočnik, ki je predvajal šum (Slika 5), in jo stimulirali s prisotnostjo samca. Ko je začela oddajati samičin pozivni napev (FCS), smo prek zvočnika predvajali 1 minuto vibracij (motenja) s prej določeno frekvenco. Če se je po prvem motenju še vedno oglašala, smo ji znova predvajali 1 minuto šuma z isto frekvenco. Poskus smo zaključili, ko je prenehala z oglašanjem ali cca. pol minute po drugem motenju.

Živali smo razdelili po razliki med dominantno frekvenco FCS na začetku poskusa in izbrano frekvenco motenja na tri skupine:

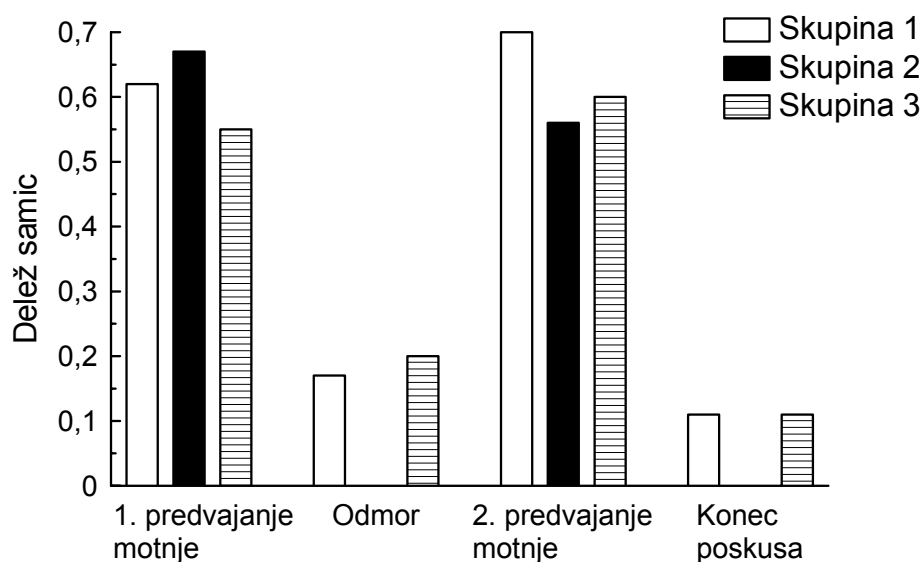
- **skupina 1:** predvajanje podobnih frekvenc - dominantna frekvenca FCS na začetku poskusa se od frekvence motenja razlikuje za 5 Hz ali manj.
- **skupina 2:** predvajanje manj podobnih frekvenc - dominantna frekvenca FCS na začetku poskusa se od frekvence motenja razlikuje za 5,1 – 10 Hz.
- **skupina 3:** predvajanje različnih frekvenc - dominantna frekvenca FCS na začetku poskusa se od frekvence motenja razlikuje za več kot 10 Hz.

Del samic se je na šum odzval s spremembo in/ali prekinitvijo ritma napeva. Delež samic, ki so spremenile ritem FCS, se med skupinami ni bistveno razlikoval. Največ samic v skupini 1 je prenehalo z oglašanjem v odmoru med motnjama, največ samic v skupini 2 in 3 pa med prvim predvajanjem motenja (slika 8).



**Slika 8.** Prisotnost motnje ne vpliva na to, ali se samice oglašajo ali ne.

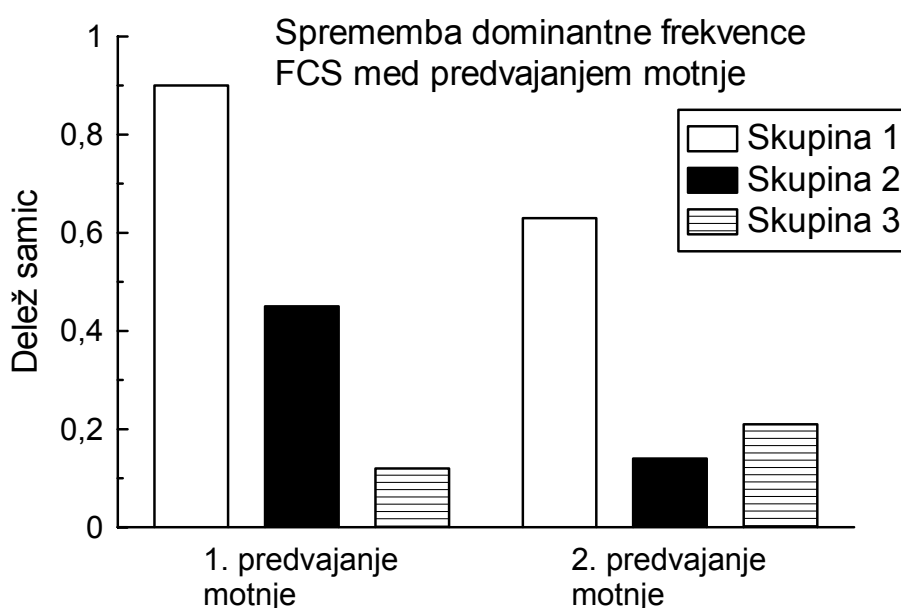
Celotno število samic, ki so med različnimi deli poskusa na kakršenkoli način spremenile ritem (število vključuje tiste, ki so prenehale z oglašanjem), je pri vseh skupinah višje med obema motnjama. Med skupinami ni bilo bistvenih razlik v deležu samic, ki so spremenile ritem (slika 9).



**Slika 9.** Prisotnost motnje povzroči spremembo ritma oglašanja samic. Delež samic, ki so med fazami poskusa spremenile ritem oglašanja vključuje tiste, ki so med katero izmed faz prenehale z oglašanjem (slika 8).

### 3.2.1 Vpliv šuma na spektralne značilnosti samičinih pozivnih napevov

Ko so samice zelene smrdljivke zaznale šum, so nekatere od njih spremenile dominantno frekvenco pozivnih napevov (Priloga A). Spremembe povprečnih vrednosti dominantnih frekvenc FCS so bile odvisne od podobnosti frekvenc motenj, večja podobnost je sprožila spremembo pri večjem deležu živali (slika 10). Spektralna analiza napevov je pokazala, da so se med predvajanjem šuma frekvence FCS v mnogih primerih značilno spremenile (t-test,  $P > 0,05$ ).



**Slika 10.** Spremembe povprečnih vrednosti dominantnih frekvenc FCS so odvisne od podobnosti frekvenc motenj, večja podobnost sproži spremembo pri večjem deležu živali. Skupina 1: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje do 5 Hz; Skupina 2: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje med 5 in 10 Hz; Skupina 3: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje več kot 10 Hz.

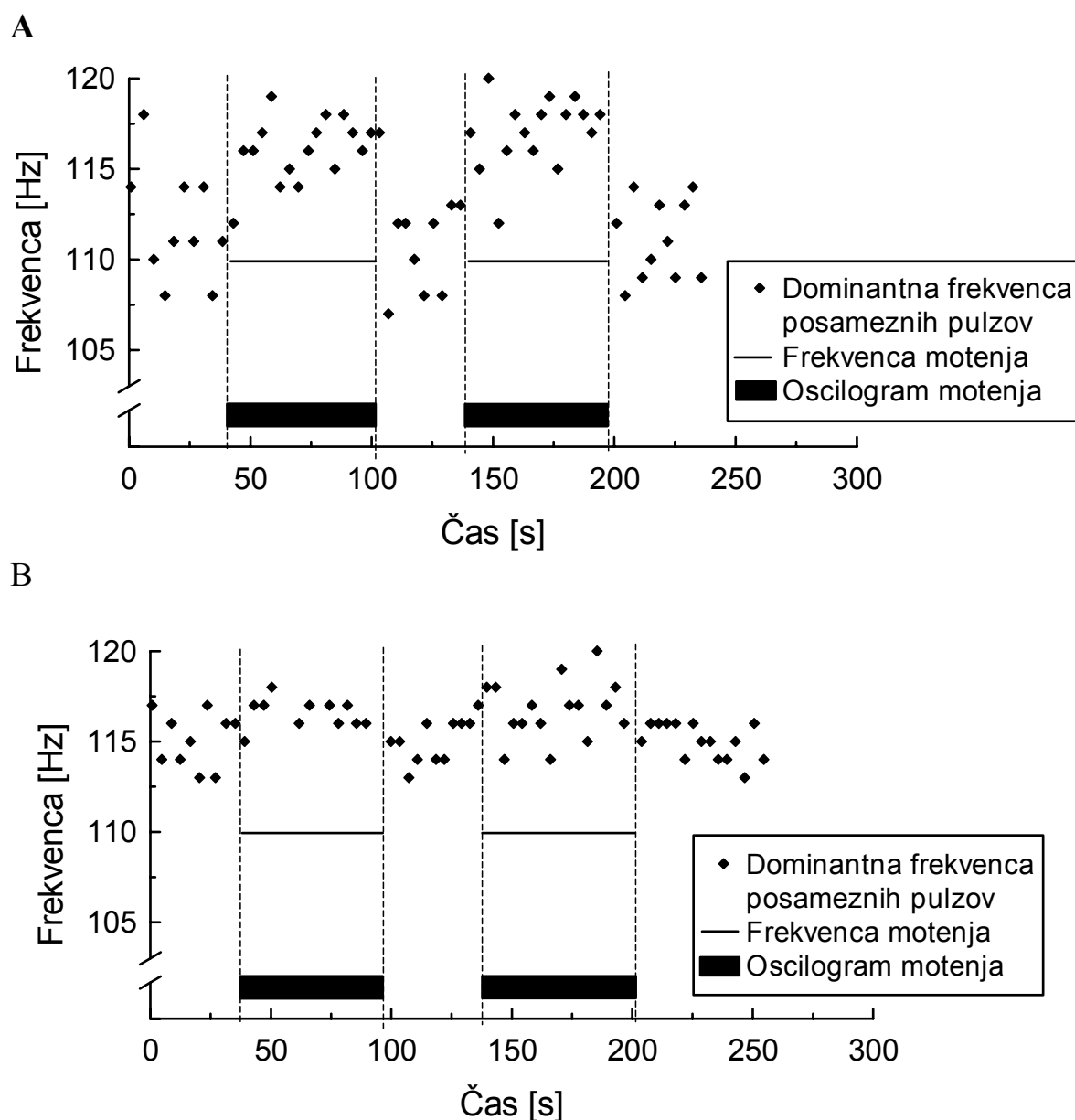
Pri prvem predvajanju motnje podobnih frekvenc se je 13 samicam skoraj vseh primerih spremenila frekvenca signalov FCS ( $N=9$ ). Po koncu te motnje se je pri frekvenca napeva treh samicah vrnila na začetni nivo. Med drugim predvajanjem motnje se je frekvenca FCS v petih od devetih primerov razlikovala od tiste med odmorom. Po drugem predvajanju motnje se je pri dveh samicah frekvenca napeva vrnila na nivo kot med odmorom.



Dve samici, ki sta poslušali motnje s frekvencami, podobnimi lastnim napevom, sta med vsakim predvajanjem motnje spremenili dominantno frekvenco FCS. Po koncu predvajanja motnje sta dominantno frekvenco vrnili v izhodiščno frekvenco (slika 11).

Samica F26 se je na začetku poskusa oglašala s povprečno dominantno frekvenco  $112 \pm 3$  Hz. Kot motenje smo ji predvajali 1 minuto vibracij s frekvenco 110 Hz. Med prvim predvajanjem šuma je stenica zvišala frekvenco na  $116 \pm 2$  Hz, jo med odmorom spustila na  $111 \pm 3$  Hz in jo med drugim predvajanjem motnje ponovno povišala na  $117 \pm 2$  Hz. Po koncu drugega predvajanja motnje se je spet oglašala s frekvenco  $111 \pm 2$  Hz (slika 11a).

Samica F28 se je na začetku poskusa oglašala s povprečno dominantno frekvenco  $115 \pm 2$  Hz. Kot motenje smo ji predvajali 1 minuto vibracij s frekvenco 110 Hz. Med prvim predvajanjem motnje je zvišala frekvenco na  $117 \pm 1$  Hz, jo v odmoru spustila na  $115 \pm 1$  Hz in jo med drugim predvajanjem motnje ponovno povišala na  $117 \pm 2$  Hz. Po drugem predvajanju motnje se je oglašala s frekvenco  $115 \pm 1$  Hz (slika 11b).

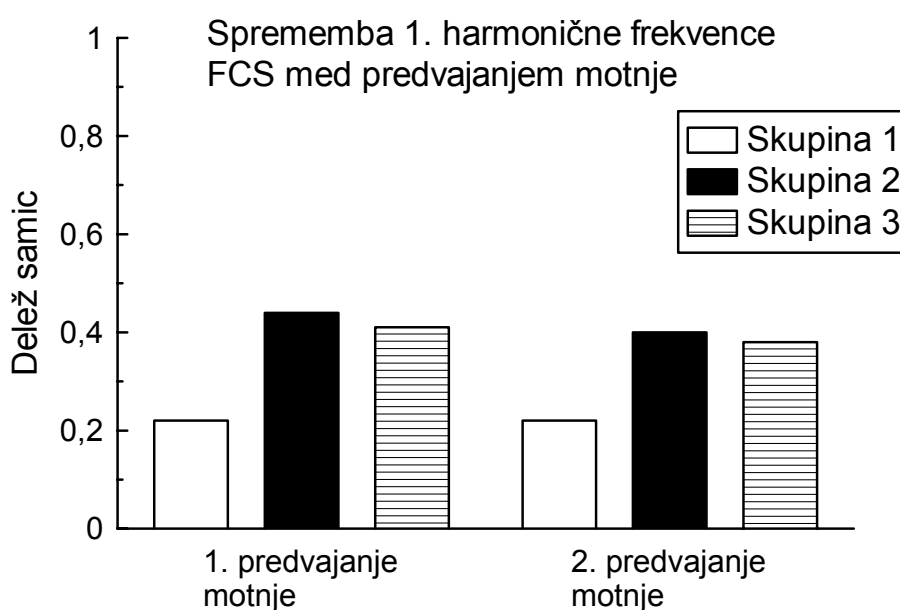


**Slika 11.** Predvajanje vibracij s frekvenco, ki je za največ 5Hz različna od povprečne frekvence napeva sproži prilagoditev dominantne frekvence pozivnega napeva samice (FCS). A: Samica F26, B: Samica F28.

Petim samicam (N=12), ki so poslušale vibracije manj podobnih frekvenc, se je v prvem predvajanju frekvenco FCS spremenila. Dve samici sta se po koncu predvajanja spet oglasili z začetno frekvenco napeva. V drugem predvajanju šuma se je spremenila frekvenco FCS napeva drugih petih samic, po koncu motnje se njihovi napevi niso vrnili v izhodiščno frekvenco.

Samice, ki so poslušale različno frekvenco motenj (N=31), z izjemo treh v vsaki od ponovitev, niso spremenile frekvence FCS. Po prvem in drugem predavanju motenj te stenice tudi niso vrnila frekvence napeva na nivo pred poskusom.

Spremembe 1. harmonične frekvence signalov FCS niso sledile spremembam dominantne frekvence (Priloga B). 1. harmonična frekvenca FCS je v večini primerov med predvajanjem motnje ostala enaka kot pred njim. Delež samic, ki so spremenile dolžino ni bil odvisen od podobnosti frekvence motenja dominantni frekvenci FCS (slika 12).



**Slika 12.** 1. harmonično frekvenco FCS je med motenjem spremenil majhen delež samic, neodvisno od podobnosti frekvenc motenj. Skupina 1: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje do 5 Hz; Skupina 2: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje med 5 in 10 Hz; Skupina 3: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje več kot 10 Hz.

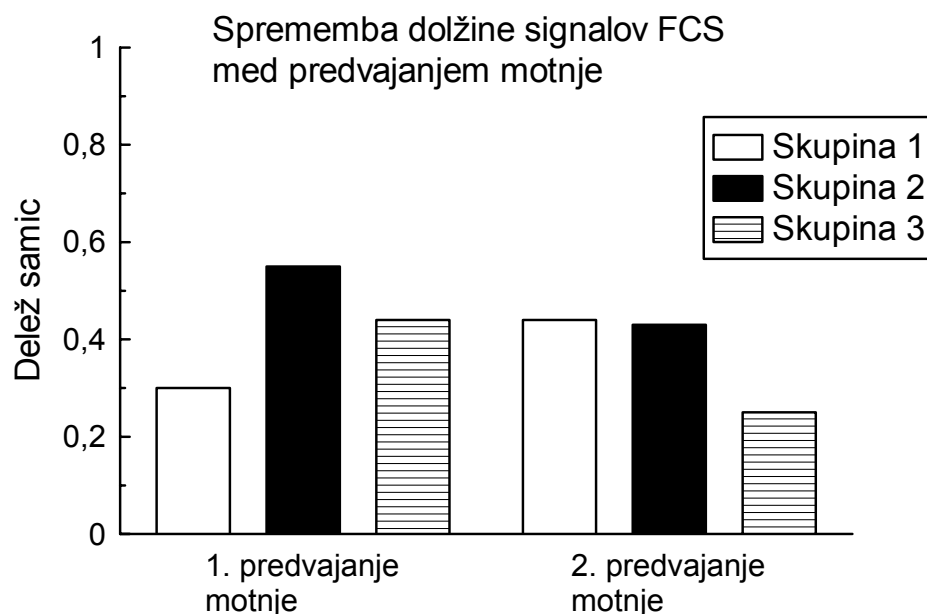
Ob vsakem predvajanju motnje podobnih frekvenc sta dve samici spremenili 1. harmonično frekvenco lastnih signalov (N=13), po koncu motnje se 1. harmonična frekvenca ni vrnila na izhodiščni nivo.

Štirim samicam (N=12), ki so poslušale vibracije manj podobnih frekvenc, se je v prvem predvajanju 1. harmonična frekvenca FCS spremenila, po koncu motnje se ni nobeni vrnila na izhodiščni nivo. V drugem predvajanju motnje se je spremenila 1. harmonična frekvenca FCS napeva dveh samic, po koncu motnje se ni vrnila na izhodiščni nivo.

Devet samic, ki so poslušale različno frekvenco motenj (N=31), je spremenilo 1. harmonično frekvenco FCS. Štiri samice so po predvajanju motnje vrnile 1. harmonično frekvenco na izhodiščni nivo. Med drugim predvajanjem motnje je 1. harmonično frekvenco spremenilo šest samic, ena jo je po koncu predvajanja vrnila na isti nivo kot med odmorom.

### 3.2.2 Vpliv šuma na časovne značilnosti samičinih pozivnih napevov

Samice zelene smrdljivke so med motenjem manjkrat spremenile časovne kot spektralne značilnosti napevov FCS. Dolžina signalov FCS je v večini primerov med predvajanjem motnje ostala enaka kot pred predvajanjem (Priloga C), delež samic, ki so spremenile dolžino ni bil odvisen od podobnosti frekvence motenja dominantni frekvenci FCS (slika 13).



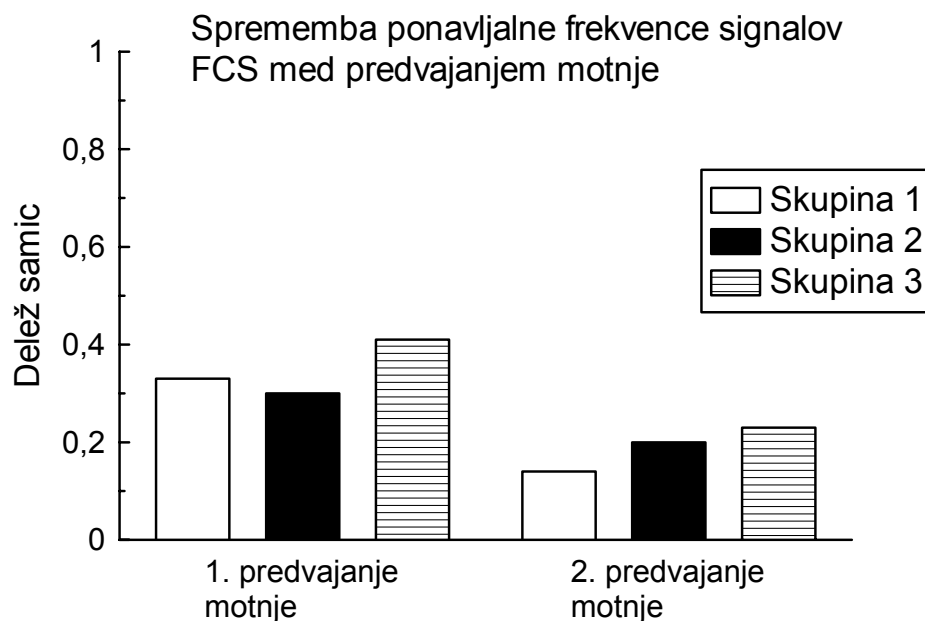
**Slika 13.** Dolžino signalov FCS je med motenjem spremenil majhen delež samic, neodvisno od podobnosti frekvenc motenj. Skupina 1: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje do 5 Hz; Skupina 2: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje med 5 in 10 Hz; Skupina 3: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje več kot 10 Hz.

Tri samice, ki so poslušale motnje podobnih frekvenc, so spremenile dolžino signalov FCS (N=13), ena od njih je dolžino signalov po koncu motnje vrnila na isti nivo kot na začetku. V drugem predvajanju motnje se je frekvenca FCS pri štirih samicah razlikovala od tiste med odmorom. Po drugem predvajanju motnje se je pri dveh samicah vrnila na isti nivo kot med odmorom.

Polovica samic, ki so poslušale motnjo manj podobnih frekvenc, je v prvem predvajanju motnje spremenila dolžino pulzov FCS (N=12). Po predvajanju motnje je ena od njih dolžino pulzov vrnila na isti nivo kot na začetku. V drugem predvajanju motnje se je frekvenca FCS pri treh samicah razlikovala od tiste med odmorom. Po drugem predvajanju motnje se je pri eni samici vrnila na isti nivo kot med odmorom.

Enajst samic, ki so poslušale motnje različnih frekvenc, so spremenile dolžino signalov FCS (N=31). Po koncu motnje so tri samice dolžino vrnile na isti nivo kot na začetku. V drugem predvajanju motnje se je frekvenca FCS v štirih primerih razlikovala od tiste med odmorom. Po drugem predvajanju motnje se je pri eni samici vrnila na isti nivo kot med odmorom.

Ko so zaznale motnjo, so nekatere samice spremenile ponavljalno frekvenco signalov FCS. Dolžina signalov FCS je v večini primerov med predvajanjem motnje ostala enaka kot pred predvajanjem (Priloga D), delež samic, ki so spremenile dolžino ni bil odvisen od podobnosti frekvence motenja dominantni frekvenci FCS (slika 14).



**Slika 14.** Ponavljalno frekvenco signalov FCS je med motenjem spremenil majhen delež samic, neodvisno od podobnosti frekvenc motenj. Skupina 1: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje do 5 Hz; Skupina 2: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje med 5 in 10 Hz; Skupina 3: frekvenca motenja se od frekvence FCS na začetku poskusa razlikuje več kot 10 Hz.

Tri samice, ki so poslušale motnjo podobnih frekvenc, so spremenile ponavljalno frekvenco FCS (N=13). Po predvajanju motnje se je pri dveh samicah vrnila na isti nivo kot na začetku. V drugem predvajanju motnje se je ponavljalna frekvenca FCS v enem primeru razlikovala od tiste med odmorom, po predvajanju se ni vrnila na isti nivo kot med odmorom.

Tri samice, ki so poslušale motnjo manj podobnih frekvenc, so spremenile ponavljalno frekvenco FCS (N=12). Po predvajanju motnje se je pri dveh samicah vrnila na isti nivo kot na začetku. V drugem predvajanju motnje se je ponavljalna frekvenca FCS v enem primeru razlikovala od tiste med odmorom in se po motenju vrnila na nivo med odmorom.

Enajst samic od tistih, ki so poslušale motnjo različnih frekvenc (N=31), je spremenilo 1. harmonično frekvenco FCS, od tega so jo tri po koncu motnje ponovno vrnile na isti nivo kot na začetku poskusa. V drugem predvajanju motnje se je frekvenca FCS pri šestih samicah razlikovala od tiste med odmorom, od tega se je po predvajanju pri treh samicah vrnila na isti nivo kot med odmorom.

#### 4 RAZPRAVA

Šum je dejavnik, ki v naravnem okolju določa doseg komunikacije (Römer in sod., 1989). V širšem pomenu besede je šum eden od dejavnikov, ki ovira sposobnost sprejemnika da zazna signal ali loči en signal od drugega (Römer in sod., 1989). V naravi je šum v večji ali manjši meri vedno prisoten, zato vpliva na komunikacijo živali. Vibracije se širijo po rastlini v obliki upogibnih valov (Michelsen in sod., 1982). V naravnem okolju prihaja pod vplivom samčevih feromonov do zbiranja odraslih samcev, samic in ličink zelene smrdljivke v petem štadiju na isti gostiteljski rastlini (Harris & Todd, 1980). Ker začnejo spolno zrele samice oddajati vibracijske napeve spontano (Miklas in sod., 2003) in je ponavadi na isti rastlini prisotnih več živali, lahko pride do pojava, ko se oglašča več samic naenkrat. Takrat posamezni signali niso jasno ločljivi in se samec, ki išče izvor vibracij, ne more orientirati po razliki amplitud nihanja med posameznimi senzoričnimi vhodi (nogami) ali razliki v času prihoda na različne vhode. Podoben učinek ima šum, ki se frekvenčno in časovno prekriva z oglašanjem stenic (Barth in sod., 1988).

Ugotovili smo, da se aktivnost samcev pri iskanju samic zmanjša, če so izpostavljeni neprekinjenem šumu. Sklepamo, da se v takšnih pogojih zmanjša sposobnost razločevanja frekvenc napevov, samec ne zazna samičinega pozivnega napeva. Aktivnost pomeni povečano tveganje za predacijo. Zato je za samca varneje, da se na vibracijo odziva samo, če zazna samico. Samci, ki so bili izpostavljeni neprekinjenem šumu, so se oglašali manj in manj iskali izvor samičinega pozivnega napeva, kot samci, ki so poslušali zgolj samico. Samci, ki so sem med šumom odzivali na samičin napev, so porabili enako časa, da so našli samico, kot samci ki so poslušali samo samico. Fizikalne lastnosti rastlin vplivajo na frekvenco nizkofrekvenčnih vibracij podlage in tudi na trajanje signalov (Michelsen in sod., 1982). Zaradi različnega položaja obeh zvočnikov je bilo na nekaterih točkah razmerje bolj v prid signalu kot na drugih (tabela 1). Zaradi tega je bila lahko prepoznava signalov lažja. Tako v prvem (FCS + motenje) kot drugem (samo motenje) poskusu je bilo število samcev, ki so se premikali proti izvoru FCS, majhno. Čas, ki so ga posamezni samci porabili za prihod do različnih točk na poti je bil poleg tega zelo različen. Zato ne smemo izključiti možnosti, da je šlo za naključne premike. Bolj očiten je vpliv

neprekinjene vibracije na oglašanje, saj je na FCS odgovarjalo samo pol toliko samcev kot v poskusu brez motenja. Rezultati poskusa, v katerem smo jim predvajali samo FCS, so podobni rezultatom, ki so jih dobili Čokl in sod. (1999). Vendar pa je bilo v našem poskusu bistveno manj samcev, ki so ob stimulaciji s FCS našli izvor vibracij. Eksperimentalna postavitev je bila zelo podobna, zato vzrok za takšno razliko ni jasen.

Motnja v obliki vibracije s podobno frekvenco kot je dominantna frekvenca samičinih pozivnih napevov, ne vpliva na to, ali se samice oglašajo ali ne. V zaporednih fazah poskusa je prišlo do enakomernega upada števila samic, ki so se oglašale, ne glede na to, ali so poslušale šum ali ne. Dve tretjini samic sta se oglašali do konca poskusa. Razlika med frekvenco motenja in dominantno frekvenco FCS ni vplivala na delež samic, ki so se oglašale do konca poskusa. Ta rezultat nakazuje, da je šum s frekvencami v rangi tistih, ki jih zelene smrdljivke uporabljajo za komunikacijo, v naravi običajen in komunikacije ne prekine.

Drugačno sliko kaže delež samic, ki so med katero izmed faz poskusa spremenile ritem oglašanja. To vključuje primere, ko je žival med zaporedjem FCS oddala enega ali več pulzov samičinega napeva dvorjenja (FCrS), ko je prenehala z oglašanjem za nekaj časa ali dokončno prenehala z oglašanjem. Takih primerov je bilo bistveno več med katero izmed faz motenja, razlika med frekvenco motenja in dominantno frekvenco FCS pa ni bistveno vplivala na delež samic, ki so spremenile ritem oglašanja. Ker je bila frekvenca motenja vedno v rangi frekvenc, ki jih za komunikacijo uporabljajo zelene smrdljivke (Čokl in sod., 2000a; 2000b), je lahko žival zaznala vibracijo kot signal druge stenicice in zaradi tega začela odgovarjati z napevom dvorjenja (FCrS).

Skupine samic so se najbolj razlikovale po frekvenčnem odzivu na motenje. Med prvo fazo motenja so skoraj vse samice, katerih dominantna frekvenca FCS se je od frekvence motenja razlikovala za 5 Hz ali manj, spremenile frekvenco. V drugi skupini, kjer se je frekvenca motenja od dominantne frekvence razlikovala za 5 do 10 Hz, je bilo takih samic manj kot polovica. V skupini, kjer se je frekvenca motenja od dominantne frekvence FCS razlikovala za več kot 10 Hz, je samo 12% samic spremenilo dominantno frekvenco



oglašanja. Med drugo fazo motenja je bil trend podoben, le da je bilo v vseh treh skupinah manj samic, ki so spremenile dominantno frekvenco FCS.

Spremembe harmonične frekvence niso sledile spremembam dominantnih frekvenc. Nasploh je bilo relativno malo primerov, kjer so se 1. harmonične frekvence ob prisotnosti motnje spreminjale. Razlog so resonančne lastnosti neolesenelega rastlinskega tkiva, ki ima vrh pri frekvencah okoli 200 Hz (Čokl in sod., 2005). Nihanje v tem frekvenčnem območju se ojača bolj kot nihanje z drugačno frekvenco, zato lahko pride do "fiksiranja" vrha pri določeni frekvenci. Zaradi "fiksiranja" je 1. harmonična frekvenca manj variabilen signal kot dominantna frekvenca. Vprašanje ostaja, zakaj in kako se je 1. harmonična frekvenca med predvajanjem motnje v nekaterih primerih bistveno spremenila.

Vpliv vibracij na časovne značilnosti samičinega pozivnega napeva je bil manjši. Pri večini živali v vseh treh skupinah ni prišlo do spremembe dolžine in ponavljalne frekvence pulzov, prav tako ni bilo opaziti trenda spreminjanja glede na to, koliko podobni sta si bili frekvenca motenja in frekvenca FCS. Dolžina pulzov se je v skoraj vseh primerih skrajšala. Ponavljalna frekvenca FCS pa se je v veliki večini primerov povečala. To pomeni, da se je razmerje med signali in intervali med signali zmanjšalo. Vendar pa je glede na majhen delež živali, ki so spremenile časovne značilnosti pulzov, in majhnost vzorca, težko sklepati, ali gre za odziv na vibracijske dražljaje. Poskusi z umetno sintetiziranimi pulzi FCS so pokazali, da sta za samčevo prepoznavo najpomembnejši dolžina pulzov in ponavljalna frekvenca pulzov (Miklas in sod., 2001). Naši rezultati se ujemajo s pričakovanjem, da bosta ta dva parametra napevov manj variabilna od spektralnih.

Med živalmi, ki komunicirajo z zvočnimi signali, vlada močna kompeticija za območja frekvenčnega spektra. Ob aktivnosti večjega števila oddajnikov, ki hkrati uporabljajo isti del frekvenčnega spektra, posamezni signali niso razločljivi, zato deluje selekcija v smer ločitve teh signalov. Poznani sta dve strategiji: ločitev v času in sprememba nosilne frekvence. Römer in sod. (1989) so opisali primer časovne ločitve oglašanja pri dveh simpatričnih vrstah kobilic, *Hemisaga denticulata* in *Mygalopsis marki*, pri katerih se frekvenčna spektra oglašanja skoraj popolnoma prekrivata. *M. marki* je večja, zato lahko proizvaja glasnejše signale in ob njenem oglašanju osebk *H. denticulata* utihnejo. V

naravnih razmerah pride tako do časovne ločitve - *M. marki* poje čez dan, *H. denticulata* pa zvečer (Römer in sod., 1989).

Sprememba nosilne frekvence oglašanja je drugi način za zmanjšanje vpliva šuma na akustično komunikacijo med osebkami iste vrste (npr. Narins, 1995; Römer & Bailey, 1998). Osnoven pogoj pri akustični komunikaciji je, da sta oddajnik in sprejemnik uglasena. Frekvenci komunikacijskih signalov mora slediti občutljivost receptorjev. Čeprav poznamo več izjem (npr. Römer & Bailey, 1998), lahko domnevamo, da je ujemanje posledica recipročne selekcije med oddajnikom in sprejemnikom (Endler, 1992). Hitro spreminjanje frekvence oglašanja kot odziv na šum iz okolice pa do sedaj še ni bilo opisano. Glede na široko uglasenost vibroreceptorjev stenic (Čokl, 1983), sprememba v rangi 10 Hz ob enaki amplitudi signalov ne pomeni zmanjšanja sposobnosti zaznave signalov. Različno dušenje signalov z različnimi frekvencami zaradi fizikalnih lastnosti rastline (Michelsen s sod., 1982) predstavlja v teh pogojih neznanko, katere vpliv še ni pojasnjen. Odprto vprašanje ostaja tudi, kakšna je sposobnost zelenih smrdljivk zaznavati razliko v frekvencah dveh simultanih signalov s podobno amplitudo, na kar bi lahko natančneje odgovorili elektrofiziološki eksperimenti.

Poskusi so pokazali, da signali samic, ki se frekvenčno prekrivajo s šumom podobne amplitude, vzpodbudijo odziv samcev v manj primerih kot signali brez prisotnosti šuma. V nadaljnjih poskusih bi bilo smiselno preveriti, ali se samci bolj odzivajo na oglašanje, ki se po dominantni frekvenci razlikuje od motnje.

Glede na odzive samcev zelene smrdljivke lahko sklepamo, da pomeni vibracija s frekvenco, enako frekvenci signalov samic, oviro pri prepoznavanju teh signalov. Hkrati odzivi samic kažejo, da je takšna motnja v naravi običajna, nekatere živali pa se jim izognejo s spremembo lastne dominantne frekvence signalov. Zaradi majhnega števila primerov, kjer je dominantna frekvenca FCS sledila prisotnosti oz. odsotnosti motnje ne moremo govoriti o odzivu na motnjo na nivoju vrste. Zaradi vpliva rastlin na vibracijske signale jakosti odziva poleg tega ni bilo mogoče kvantificirati. Zato bi bilo ta del poskusa smiselno ponoviti z drugačno eksperimentalno postavitvijo.

## 5 POVZETEK

Zelena smrdljivka *Nezara viridula* je polifagen rastlinojed, ekonomsko pomemben škodljivec na nasadih metuljnic in drugih pomembnih vrst kmetijskih rastlin. Za prepoznavo in iskanje spolnih partnerjev na kratke razdalje uporabljajo samci in samice vibracijske signale, ki se razširjajo po rastlini v obliki upogibnih valov. Vibracijski signali so uglašeni s fizikalnimi lastnostmi rastline, zato se po njej prenašajo z malo dušenja.

V naravnem okolju predstavlja šum omejitev dosega komunikacije. Šum s podobnimi spektralnimi lastnostmi kot signali živali lahko zmanjša prepoznavnost teh signalov. Na vibracijsko komunikacijo zelenih smrdljivk lahko vpliva abiotski šum v obliki vibracij, ki jih povzroča veter ali udarjanje dežnih kapelj ob liste gostiteljske rastline, ali biotski šum, ki je posledica hkratnega oglašanja večih osebkov na isti rastlini.

Samce zelene smrdljivke, vzgojene v laboratoriju, smo postavili na list sadike fižola in jim s pomočjo zvočnikov, pritrjenih na steblo in sosednji list, predvajali pozivne signale samice s frekvenco 100 Hz in hitrostjo  $7,3 \times 10^{-4}$  m hkrati z neprekinjeno vibracijo enake frekvence in amplitude ("motenjem"). Njihove odzive smo primerjali z odzivi samcev, ki smo jim predvajali samo pozivne signale samic. V primerjavi s samci, ki smo jim predvajali samo pozivne signale samic, so se samci, ki smo jim predvajali tako signale samic kot motenje, manj oglašali v odgovor in manj iskali izvor samičinih signalov. Čas, potreben za lokacijo vira samičinih signalov pa se med obema skupinama samcev ni bistveno razlikoval.

Samice zelene smrdljivke, vzgojene v laboratoriju, smo postavili na list sadike fižola. Ko so se pričele redno oglašati, smo jim predvajali dvakrat po 1 minuto neprekinjene vibracije s hitrostjo  $7,3 \times 10^{-4}$  m. Živali smo glede na podobnost dominantne frekvence signalov FCS prej izbrani frekvenci motenja razdelili v tri skupine: v prvi skupini je razlika znašala manj kot 5 Hz, v drugi med 5,1 in 10 Hz, v tretji pa 10,1 Hz ali več. Prisotnost šuma je vplivala na oglašanje samic. Večina samic je med katero od faz motenja prekinila stalni ritem oglašanja, bodisi z odmorom, bodisi z enim ali več pulzov FCrS. Kljub temu je večina

samic nadaljevala z oglašanjem do konca poskusa. Med skupinami ni bilo bistvenih razlik v vplivu motnje na ritem oglašanja.

Analiza časovnih in spektralnih značilnosti pozivnih napevov pokaže, da je med skupinami največ razlik nastalo po frekvenčnem odzivu na motenje. V prvi skupini je 85% samic med prvo fazo motenja spremenilo dominantno frekvenco FCS. Med drugo fazo motenja je bilo takih primerov še 50%. V drugi skupini je bilo samic, ki so med motenjem spremenile dominantno frekvenco FCS, manj kot v prvi (25% oz. 22% za obe predvajanji motenja), v tretji pa le 16% oz. 10% za obe predvajanji motenja. Dolžina signalov FCS se je med motenjem spremenila pri tretjini do polovici samic v vseh skupinah, neodvisno od podobnosti med dominantno frekvenco FCS in frekvenco motenja. Ponavljalna frekvenca signalov FCS se je med motenjem spremenila pri desetini do polovici samic v vseh skupinah, največkrat v tretji in najmanjkrat v prvi skupini. 1. harmonična frekvenca se je spremenila pri petini do polovici samic v vseh skupinah, največkrat v drugi in najmanjkrat v prvi skupini. Sprememba v večini primerov ni sledila spremembi dominantne frekvence.

Odzivi se skladajo s hipotezo, da so časovne lastnosti signalov pomembnejše za prepoznavo spolnih partnerjev pri zeleni smrdljivki kot frekvenčne. Sprememba dominantne frekvence lahko izboljša prepoznavnost ob prisotnosti motnje, glede na široko uglasenost vibroreceptorjev zelene smrdljivke pa ne pomeni manjše sposobnosti zaznave spremenjenih signalov. Zato sklepamo, da je šum s frekvencami, podobnimi signalom zelenih smrdljivk v naravi običajen. Živali lahko njegov vpliv na znotrajvrstno komunikacijo zmanjšajo s spremembo dominantne frekvence.

## 6 SLOVSTVO

- Amon T. in Čokl A. 1990. Transmission of the vibratory song of the bug *Nezara viridula* (Pentatomidae, Heteroptera) on the *Hedera helix* plant. *Scopolia Suppl.* 1: 133-141
- Bennet-Clark H.C. 1998. Size and scale effects as constraints in insect sound communication. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 353: 407-419
- Barth F.G., Bleckmann H., Bohnenberger J., Seyfarth E.-A. 1988. Spiders of the genus *Cupiennius* Simon 1891 (Araneae, Ctenidae) II. On the vibratory environment of a wandering spider. *Oecologia* 77: 194-201
- Borges M., Jepson P.C., Howse P.E. 1987. Long-range mate location and close-range courtship behaviour of the green stink bug, *Nezara viridula* and its mediation by sex pheromones. *Entomol. Exp. Appl.* 44(3):205-12
- Brennan B.M., Chang F., Mitchell W.C. 1977. Physiological effects on sex pheromone communication in the southern green stink bug, *Nezara viridula*. *Environmental entomology* 6:169-172
- Carr, R. (2005). XLStatistics 5.76. XLent Works, Australia
- Cocroft R.B. in Rodríguez R.L.. 2005. The behavioral ecology of insect vibrational communication. *Bioscience* 55(4): 323-334
- Čokl A. 1983. Functional properties of vibroreceptors in the legs of *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera, Pentatomidae). *J. Comp. Physiol.* 150: 261-269
- Čokl A. 1988. Vibratory signal transmission in plants as measured by laser vibrometry. *Periodicum Biologorum* 90(2): 193-196
- Čokl A. in Virant-Doberlet M. 2003. Communication with substrate-borne signals in small plant-dwelling insects. *Annu. Rev. Entomol.* 48: 29-50
- Čokl A., Gogala M., Jež M. 1972. Analiza zvočnih signalov stenice *Nezara viridula* (L.). *Biološki vestnik* 20: 47-53
- Čokl A., Gogala M., Blažević A. 1978. Principles of sound recognition in three pentatomide bug species (Heteroptera). *Biološki vestnik*, 26(2): 81-94
- Čokl A., Virant-Doberlet M., McDowell A. 1999. Vibrational directionality in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.), is mediated by female song. *Animal behaviour* 58: 1277-1283
- Čokl A., Virant-Doberlet M., Stritih N. 2000a. The structure and function of songs emitted by southern green stink bugs from Brazil, Florida, Italy and Slovenia. *Physiological Entomology* 25:196-205

- Čokl A., Virant-Doberlet M., Stritih N. 2000b. Temporal and spectral properties of the songs of the southern green stink bug *Nezara viridula* (L.) from Slovenia. *Eur. J. Physiol.* 439: 168-170
- Čokl A., Zorović M., Žunič A., Virant-Doberlet M. 2005. Tuning of host plants with vibratory songs of *Nezara viridula* L (Heteroptera: Pentatomidae). *The Journal of Experimental Biology* 208: 1481-1488
- Endler J.A. 1992. Signals, signal conditions and the direction of evolution. *Am. Nat.* 139: 125-153
- Gogala A. in Gogala M. 1989. Stenice Slovenije II. (Insecta: Heteroptera). *Biološki vestnik* 37(1): 11-44
- Gogala M. 1984. Vibration producing structures and songs of terrestrial Heteroptera as systematic character. *Biološki vestnik* 32(1): 19-36
- Gogala M. 2003. Stenice - Heteroptera. V: Sket B. in sod. (ur.) 2003. *Živalstvo Slovenije, Tehniška založba Slovenije.*
- Harris, V.E. in Todd, J.W. 1980. Male-mediated aggregation of male, female and 5th instar southern green stink bug and concomitant attraction of a tachinid parasite, *Trichopoda pennipes*. *Entomol. Exp. Appl.* 27(2): 117-126
- Jeram S. in Čokl A. 1996. Mechanoreceptors in insects: Johnston's organ in *Nezara viridula* (L.) (Pentatomidae, Heteroptera). *Eur. J. Physiol.* 431:281-282
- Kavar T., Pavlovčič P., Sušnik S., Meglič V., Virant-Doberlet M. 2006. Genetic differentiation of geographically separated populations of the southern green stink bug *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Bulletin of Entomological Research* 96:117-128
- Kon M., Oe A., Numata H., Hidaka T. 1988. Comparison of the Mating Behaviour between Two Sympatric Species, *Nezara antennata* and *N. viridula* (Heteroptera: Pentatomidae), with Special Reference to Sound Emission. *Journal of Ethology* 6(2):91-98
- Kuštor V. 1989. Aktivnost mišic pri vibracijskem organu stenice *Nezara viridula* (L.). Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani. 68pp.
- Michel K., Amon T., Čokl A. 1983. The morphology of the leg scolopidial organs in *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera, Pentatomidae). *Rev. Can. Biol. Exptl.* 42: 139-150
- Michelsen A. in Nocke H. 1974. Biophysical aspects of sound communication in insects. *Advances in insect physiology* 10: 247-296
- Michelsen A., Fink F., Gogala M., Traue D. 1982. Plants as transmission channels for insect vibratory songs. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 11: 269-281

- Miklas N., Stritih N., Čokl A., Virant-Doberlet M. 2001. The influence of substrate on male responsiveness to the female calling song in *Nezara viridula*. *Journal of Insect Behaviour* 14(3):313-332
- Miklas N., Lasnier T., Renou M. 2003. Male bugs modulate pheromone emission in response to vibratory signals from conspecifics. *Journal of Chemical Ecology*. 29(3):561-574
- Mitchell W.C. in Mau R.F.L. 1969. Sexual activity and longevity of the southern green stink bug, *Nezara viridula*. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 62(6):1246-7.
- Mitchell W.C. in Mau R.F.L. 1971. Response of the female southern green stink bug and its parasite, *Trichopoda pennipes*, to male stink bug pheromones. *J. Econ. Entomol.* 64(4): 856-59
- Narins P. 1995. Frog Communication. *Scientific American* 273, 62-67
- Ota D., Čokl A. 1991. Mate location in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae), mediated through substrate-borne signals on ivy. *Journal of insect behaviour* 4(4): 441-447
- Panizzi A.R. 1997. Wild hosts of pentatomids: Ecological significance and their pest status on crops. *Annu. Rev. Entomol.* 42:99-122
- Römer H., Bailey W., Dadour I. 1989. Insect hearing in the field III. Masking by noise. *J. Comp. Physiol. A.* 164: 609-620
- Römer H. in Bailey W. 1998. Strategies for hearing in noise: Peripheral control over auditory sensitivity in the bushcricket *Sciarasaga quadrata* (Austrosaginae: Tettigoniidae). *The Journal of Experimental Biology* 201: 1023-1033
- Saxena K.N. in Kumar H. 1980. Interruption of acoustic communication and mating in a leafhopper and a planthopper by aerial sound vibrations picked up by plants. *Experientia* 36: 933-936
- Stritih N., Virant-Doberlet M., Čokl A. 2000. Green stink bug *Nezara viridula* detects differences in amplitude between courtship song vibrations at stem and petiolus. *Eur. J. Physiol.* 439: 190-192
- Todd J.W. 1989. Ecology and behaviour of *Nezara viridula*. *Annu. Rev. Entomol.* 34:273-292
- Virant-Doberlet M. in Čokl A. 2004. Vibrational communication in insects. *Neotropical entomology* 33(2): 121-134
- Virant-Doberlet M., Čokl A., Zorović M. 2006. Use of substrate vibrations for orientation: From behaviour to physiology. V: Drosopoulos S. in Claridge M.F. (ur.) 2006. *Insect sounds and communication*, Taylor & Francis.

## ZAHVALA

Najprej je na mestu zahvala financministrom doma za neomajno potrpežljivost in podporo kljub temu, da sta bila večkrat na preizkušnji.

Hvala prof. dr. Andreju Čoklu za mentorstvo v najširšem pomenu besede – za ideje, nasvete, podporo in večni optimizem. Hvala tudi recenzentu prof. dr. Tinetu Valentinčiču za nasvete, kako izboljšati končni rezultat.

Vsem zaposlenim na Oddelku za entomologijo, posebej Alenki in Janezu, se zahvaljujem za pomoč pri izvedbi eksperimentalnega dela diplomske naloge, potrpežljivost ob občasnih težavah in za en konkreten dopust izletov na obalo.

Hvala vsem, ki ste zaznamovali moja študijska leta in jih napravili nepozabna. Preveč vas je, da bi vas vse naštel, zato ne bom niti poskušal (da ne bo kdo užaljen ker sem ga pozabil).

Nenazadnje pa hvala Jeleni za tisto zadnjo brco v rit, ravno v trenutku, ko sem jo najbolj potreboval.



## PRILOGA A

Povprečne vrednosti dominantne frekvence signalov FCS med deli poskusa.

Žival; poskus	Frekv. motenja [Hz]	Dom. fr. pred motenjem [Hz]	Dominantna frekvenca [Hz]				
			Začetek poskusa	1. predv. motnje	Odmor	2. predv. motnje	Konec poskusa
<b>Skupina 1</b>							
F1; P 1	80	76 ± 4	76 ± 4	**69 ± 0	79 ± 2	75 ± 6	77 ± 2
F6; P 4	80	84 ± 7	84 ± 7	92 ± 5	/	/	/
F12; P 14	100	105 ± 2	105 ± 2	108 ± 2	112 ± 3	108 ± 1	109 ± 4
F14; P 12	100	102 ± 2	102 ± 2	115 ± 8	124 ± 2	*120 ± 3	/
F16; P 15	100	104 ± 2	104 ± 2	*107 ± 0	*105 ± 4	/	/
F17; P 14	100	104 ± 1	104 ± 1	106 ± 2	104 ± 1	*105 ± 1	101 ± 1
F18; P 21	100	101 ± 7	101 ± 7	*91 ± 2	*133 ± 3	135 ± 4	*131 ± 3
F21; P 23	115	112 ± 2	112 ± 2	120 ± 3	120 ± 2	122 ± 1	121 ± 2
F22; P 27	110	111 ± 7	*111 ± 7	*110 ± 10	*116 ± 1	*105 ± 7	*102 ± 1
F26; P 27	110	112 ± 2	*112 ± 2	117 ± 1	*114 ± 3	/	/
F26; P 30	110	112 ± 3	112 ± 3	116 ± 2	111 ± 3	117 ± 2	111 ± 2
F28; P 29	110	115 ± 2	115 ± 2	117 ± 1	115 ± 1	117 ± 2	115 ± 1
F28; P 30	110	109 ± 1	109 ± 1	110 ± 1	112 ± 2	111 ± 3	113 ± 1
<b>Skupina 2</b>							
F3; P 4	80	87 ± 2	*87 ± 2	?	91 ± 2	90 ± 2	93 ± 2
F6; P 6	80	90 ± 5	90 ± 5	79 ± 1	91 ± 2	/	/
F10; P 8	80	89 ± 2	89 ± 2	89 ± 1	91 ± 2	*92 ± 1	/
F12; P 13	100	110 ± 6	110 ± 6	*115 ± 5	/	/	/
F17; P 15	100	106 ± 3	106 ± 3	110 ± 2	109 ± 2	109 ± 1	108 ± 2
F18; P 14	100	108 ± 3	*108 ± 3	118 ± 2	116 ± 1*	/	111 ± 5
F20; P 22	115	109 ± 5	*109 ± 5	105 ± 4	/	/	/
F21; P 24	115	122 ± 3	122 ± 3	124 ± 2	126 ± 2	123 ± 6	123 ± 5
F22; P 29	110	116 ± 2	116 ± 2	117 ± 1	116 ± 1	119 ± 3	118 ± 2
F25; P 29	110	117 ± 3	117 ± 3	123 ± 4	116 ± 5	117 ± 5	111 ± 3
F26; P 31	110	102 ± 1	102 ± 1	101 ± 2	100 ± 2	101 ± 2	100 ± 1
F27; P 26	110	100 ± 2	100 ± 2	100 ± 1	/	/	/
<b>Skupina 3</b>							
F2; P 2	80	97 ± 2	*97 ± 2	**94 ± 0	/	/	/
F3; P 3	80	99 ± 2	99 ± 2	98 ± 2	98 ± 1	97 ± 2	99 ± 2
F3; P 5	80	97 ± 4	97 ± 4	**95 ± 0	/	/	/
F4; P 3	80	103 ± 15	103 ± 15	*105 ± 2	106 ± 3	*107 ± 5	111 ± 4
F7; P 7	80	101 ± 2	101 ± 2	102 ± 2	103 ± 1	*103 ± 1	/
F8; P 4	80	101 ± 3	101 ± 3	99 ± 2	101 ± 3	98 ± 3	100 ± 3
F9; P 8	80	120 ± 2	120 ± 2	116 ± 1	117 ± 2	115 ± 3	117 ± 1
F11; P 10	100	137 ± 2	137 ± 2	*139 ± 1	/	/	/
F11; P 12	100	135 ± 2	135 ± 2	*116 ± 1	*125 ± 4	/	/
F11; P 13	100	113 ± 6	113 ± 6	117 ± 3	115 ± 4	115 ± 5	117 ± 3
F12; P 9	100	138 ± 2	138 ± 2	136 ± 3	136 ± 3	134 ± 2	134 ± 2
F12; P 10	100	130 ± 2	130 ± 2	129 ± 2	128 ± 2	128 ± 4	128 ± 3
F12; P 12	100	121 ± 3	121 ± 3	120 ± 2	122 ± 2	119 ± 2	121 ± 2
F13; P 11	100	120 ± 1	120 ± 1	120 ± 2	119 ± 2	118 ± 2	118 ± 1
F13; P 12	100	114 ± 8	114 ± 8	**99 ± 0	/	/	/
F14; P 10	100	133 ± 3	133 ± 3	136 ± 3	135 ± 4	137 ± 2	120 ± 2

Žival; poskus	Frekv. motenja [Hz]	Dom. fr. pred motenjem [Hz]	Dominantna frekvenca [Hz]				
			Začetek poskusa	1. predv. motnje	Odmor	2. predv. motnje	Konec poskusa
F15; P 13	100	127 ± 2	127 ± 2	128 ± 2	130 ± 2	130 ± 2	131 ± 2
F15; P 17	100	129 ± 2	*129 ± 2	*130 ± 2	*127 ± 5	/	/
F15; P 18	100	124 ± 2	124 ± 2	123 ± 2	123 ± 2	123 ± 2	122 ± 2
F16; P 14	100	88 ± 8	88 ± 8	*86 ± 2	88 ± 3	*89 ± 1	*98 ± 14
F18; P 15	100	113 ± 3	*113 ± 3	113 ± 4	*112 ± 5	117 ± 5	120 ± 2
F18; P 18	100	120 ± 2	*120 ± 2	121 ± 3	*120 ± 2	/	/
F18; P 19	100	119 ± 3	*119 ± 3	121 ± 2	119 ± 2	120 ± 1	119 ± 2
F18; P 20	100	133 ± 2	133 ± 2	134 ± 3	134 ± 2	*137 ± 4	/
F19; P 13	100	131 ± 2	131 ± 2	131 ± 2	130 ± 1	131 ± 3	130 ± 2
F21; P 22	115	104 ± 2	104 ± 2	104 ± 2	*105 ± 1	/	/
F22; P 26	110	92 ± 2	92 ± 2	*92 ± 3	/	/	/
F24; P 31	110	98 ± 2	98 ± 2	**99 ± 0	/	/	/
F25; P 26	110	99 ± 5	99 ± 5	101 ± 2	101 ± 2	/	/
F25; P 32	110	97 ± 7	97 ± 7	92 ± 2	*94 ± 5	94 ± 3	95 ± 6
F26; P 29	110	82 ± 1	82 ± 1	82 ± 2	82 ± 1	83 ± 1	83 ± 2

\*: malo podatkov (N≤7)

\*\*: samo en podatek

## PRILOGA B

Povprečne vrednosti 1. harmonične frekvence signalov FCS med deli poskusa.

Žival; poskus	Frekv. motenja [Hz]	Dom. fr. pred motenjem [Hz]	1. harmonična frekvenca [Hz]				
			Začetek poskusa	1. predv. motnje	Odmor	2. predv. motnje	Konec poskusa
<b>Skupina 1</b>							
F1; P 1	80	76 ± 4	*187 ± 4	?	188 ± 4	*190 ± 4	190 ± 2
F6; P 4	80	84 ± 7	210 ± 16	*203 ± 10	/	/	/
F12; P 14	100	105 ± 2	256 ± 11	*256 ± 2	252 ± 11	251 ± 9	244 ± 6
F14; P 12	100	102 ± 2	266 ± 6	262 ± 3	262 ± 3	*260 ± 1	/
F16; P 15	100	104 ± 2	206 ± 5	*211 ± 6	*204 ± 5	/	/
F17; P 14	100	104 ± 1	207 ± 6	206 ± 8	210 ± 2	*210 ± 2	200 ± 4
F18; P 21	100	101 ± 7	191 ± 6	**189 ± 0	*273 ± 5	278 ± 3	*274 ± 5
F21; P 23	115	112 ± 2	224 ± 3	228 ± 3	230 ± 4	228 ± 4	230 ± 4
F22; P 27	110	111 ± 7	*235 ± 5	*238 ± 1	236 ± 3	239 ± 4	*235 ± 4
F26; P 27	110	112 ± 2	175 ± 1	176 ± 6	*172 ± 4	/	/
F26; P 30	110	112 ± 3	226 ± 5	228 ± 4	223 ± 5	227 ± 4	220 ± 3
F28; P 29	110	115 ± 2	232 ± 4	237 ± 4	235 ± 4	236 ± 5	231 ± 2
F28; P 30	110	109 ± 1	*220 ± 2	220 ± 3	224 ± 3	223 ± 5	226 ± 3
<b>Skupina 2</b>							
F3; P 4	80	87 ± 2	?	?	?	?	?
F6; P 6	80	90 ± 5	*164 ± 5	?	185 ± 4	/	/
F10; P 8	80	89 ± 2	*222 ± 3	*206 ± 6	205 ± 4	205 ± 4	**207 ± 0
F12; P 13	100	110 ± 6	222 ± 8	*233 ± 9	/	/	/
F17; P 15	100	106 ± 3	*210 ± 6	*214 ± 7	218 ± 3	*218 ± 3	217 ± 3
F18; P 14	100	108 ± 3	*224 ± 6	230 ± 8	*231 ± 2	**246 ± 0	225 ± 5
F20; P 22	115	109 ± 5	*235 ± 5	223 ± 10	/	/	/
F21; P 24	115	122 ± 3	248 ± 5	251 ± 5	*255 ± 4	254 ± 6	258 ± 4
F22; P 29	110	116 ± 2	234 ± 4	237 ± 2	236 ± 2	238 ± 3	238 ± 4
F25; P 29	110	117 ± 3	239 ± 4	244 ± 7	243 ± 8	233 ± 7	251 ± 10
F26; P 31	110	102 ± 1	199 ± 1	**198 ± 0	/	/	/
F27; P 26	110	100 ± 2	186 ± 5	*184 ± 3	/	/	/
<b>Skupina 3</b>							
F2; P 2	80	97 ± 2	*196 ± 2	?	/	/	/
F3; P 3	80	99 ± 2	204 ± 4	200 ± 3	201 ± 4	*207 ± 5	216 ± 7
F3; P 5	80	97 ± 4	?	?	/	/	/
F4; P 3	80	103 ± 15	242 ± 10	*211 ± 18	224 ± 12	*246 ± 11	249 ± 6
F7; P 7	80	101 ± 2	201 ± 2	202 ± 3	204 ± 2	*206 ± 2	/
F8; P 4	80	101 ± 3	204 ± 10	*207 ± 8	211 ± 5	*215 ± 3	*214 ± 2
F9; P 8	80	120 ± 2	244 ± 8	235 ± 3	232 ± 3	232 ± 4	233 ± 2
F11; P 10	100	137 ± 2	*280 ± 7	**278 ± 0	/	/	/
F11; P 12	100	135 ± 2	*279 ± 3	*280 ± 3	*264 ± 4	/	/
F11; P 13	100	113 ± 6	233 ± 2	233 ± 3	233 ± 1	?	234 ± 2
F12; P 9	100	138 ± 2	268 ± 9	271 ± 9	275 ± 7	265 ± 7	268 ± 7
F12; P 10	100	130 ± 2	262 ± 6	257 ± 6	258 ± 3	252 ± 10	246 ± 10
F12; P 12	100	121 ± 3	248 ± 6	241 ± 7	247 ± 4	232 ± 10	239 ± 8
F13; P 11	100	120 ± 1	242 ± 5	248 ± 4	241 ± 5	239 ± 5	238 ± 2
F13; P 12	100	114 ± 8	248 ± 13	?	/	/	/
F14; P 10	100	133 ± 3	*264 ± 7	272 ± 9	251 ± 9	261 ± 12	256 ± 6

Žival; poskus	Frekv. motenja [Hz]	Dom. fr. pred motenjem [Hz]	1. harmonična frekvenca [Hz]				
			Začetek poskusa	1. predv. motnje	Odmor	2. predv. motnje	Konec poskusa
F15; P 13	100	127 ± 2	256 ± 3	260 ± 2	261 ± 4	262 ± 3	264 ± 3
F15; P 17	100	129 ± 2	*260 ± 2	*250 ± 15	**236 ± 0	/	/
F15; P 18	100	124 ± 2	274 ± 3	279 ± 7	<sup>1</sup> 225 ± 37	200 ± 3	*198 ± 4
F16; P 14	100	88 ± 8	233 ± 5	*236 ± 4	226 ± 7	*236 ± 9	*229 ± 7
F18; P 15	100	113 ± 3	*227 ± 7	236 ± 15	235 ± 10	*246 ± 4	235 ± 9
F18; P 18	100	120 ± 2	248 ± 6	247 ± 6	*242 ± 5	/	/
F18; P 19	100	119 ± 3	202 ± 6	*192 ± 5	200 ± 5	252 ± 6	241 ± 7
F18; P 20	100	133 ± 2	*265 ± 2	277 ± 12	268 ± 5	*280 ± 15	/
F19; P 13	100	131 ± 2	261 ± 4	261 ± 5	261 ± 3	262 ± 5	261 ± 3
F21; P 22	115	104 ± 2	*213 ± 5	216 ± 4	**223 ± 0	/	/
F22; P 26	110	92 ± 2	224 ± 4	*222 ± 2	/	/	/
F24; P 31	110	98 ± 2	199 ± 1	*198 ± 0	/	/	/
F25; P 26	110	99 ± 5	224 ± 4	218 ± 5	221 ± 5	/	/
F25; P 32	110	97 ± 7	198 ± 4	194 ± 3	194 ± 2	194 ± 3	199 ± 3
F26; P 29	110	82 ± 1	*153 ± 4	153 ± 3	*153 ± 3	158 ± 1	/

\*: malo podatkov (N≤7)

\*\* : samo en podatek

## PRILOGA C

Povprečne vrednosti dolžine signalov FCS med deli poskusa.

Žival; poskus	Frekv. motenja [Hz]	Dom. fr. pred motenjem [Hz]	Dolžina signalov [s]				
			Začetek poskusa	1. predv. motnje	Odmor	2. predv. motnje	Konec poskusa
F1; P 1	80	76 ± 4	1,70 ± 0,46	**2,59 ± 0	1,71 ± 0,30	*2,45 ± 0,79	1,76 ± 0,42
F6; P 4	80	84 ± 7	1,47 ± 0,34	*1,12 ± 0,11	/	/	/
F12; P 14	100	105 ± 2	0,86 ± 0,15	0,74 ± 0,11	0,91 ± 0,07	0,76 ± 0,07	0,88 ± 0,10
F14; P 12	100	102 ± 2	1,02 ± 0,08	0,87 ± 0,11	0,98 ± 0,08	0,72 ± 0,06	/
F16; P 15	100	104 ± 2	1,13 ± 0,10	*0,96 ± 0,11	*1,71 ± 0,11	/	/
F17; P 14	100	104 ± 1	1,20 ± 0,17	1,31 ± 0,18	1,17 ± 0,08	*1,19 ± 0,06	1,06 ± 0,08
F18; P 21	100	101 ± 7	1,58 ± 0,25	*1,27 ± 0,19	1,42 ± 0,26	1,37 ± 0,24	1,31 ± 0,19
F21; P 23	115	112 ± 2	1,34 ± 0,18	1,43 ± 0,08	1,37 ± 0,08	1,33 ± 0,12	1,28 ± 0,10
F22; P 27	110	111 ± 7	*1,49 ± 0,17	*1,59 ± 0,16	1,44 ± 0,25	1,46 ± 0,23	*1,35 ± 0,16
F26; P 27	110	112 ± 2	1,08 ± 0,07	1,01 ± 0,09	*1,08 ± 0,10	/	/
F26; P 30	110	112 ± 3	1,52 ± 0,19	1,26 ± 0,10	1,31 ± 0,11	1,15 ± 0,14	1,27 ± 0,07
F28; P 29	110	115 ± 2	1,64 ± 0,18	1,54 ± 0,21	1,45 ± 0,21	1,51 ± 0,21	1,44 ± 0,18
F28; P 30	110	109 ± 1	*1,72 ± 0,18	1,81 ± 0,33	1,68 ± 0,23	1,50 ± 0,16	1,56 ± 0,18
<b>Skupina 2</b>							
F3; P 4	80	87 ± 2	*1,13 ± 0,23	?	1,07 ± 0,11	0,94 ± 0,10	1,10 ± 0,08
F6; P 6	80	90 ± 5	1,29 ± 0,22	*1,00 ± 0,14	1,19 ± 0,06	/	/
F10; P 8	80	89 ± 2	0,73 ± 0,12	0,88 ± 0,14	0,89 ± 0,08	*0,78 ± 0,04	/
F12; P 13	100	110 ± 6	0,96 ± 0,12	0,79 ± 0,14	/	/	/
F17; P 15	100	106 ± 3	0,96 ± 0,10	1,06 ± 0,10	1,09 ± 0,10	1,11 ± 0,19	1,14 ± 0,06
F18; P 14	100	108 ± 3	1,15 ± 0,15	1,00 ± 0,10	1,03 ± 0,08	**0,80 ± 0	1,10 ± 0,11
F20; P 22	115	109 ± 5	0,93 ± 0,12	0,85 ± 0,09	/	/	/
F21; P 24	115	122 ± 3	1,34 ± 0,11	1,28 ± 0,18	1,38 ± 0,14	1,28 ± 0,18	1,22 ± 0,10
F22; P 29	110	116 ± 2	1,54 ± 0,26	1,43 ± 0,19	1,48 ± 0,13	1,35 ± 0,22	1,38 ± 0,15
F25; P 29	110	117 ± 3	1,38 ± 0,16	1,26 ± 0,11	1,27 ± 0,20	1,11 ± 0,11	1,15 ± 0,05
F26; P 31	110	102 ± 1	1,18 ± 0,20	1,14 ± 0,19	1,38 ± 0,12	1,12 ± 0,22	1,20 ± 0,10
F27; P 26	110	100 ± 2	1,34 ± 0,12	*1,22 ± 0,09	/	/	/
<b>Skupina 3</b>							
F2; P 2	80	97 ± 2	0,74 ± 0,13	**0,73 ± 0	/	/	/
F3; P 3	80	99 ± 2	0,99 ± 0,07	0,96 ± 0,04	0,91 ± 0,05	0,86 ± 0,10	0,91 ± 0,07
F3; P 5	80	97 ± 4	0,91 ± 0,07	**0,80 ± 0	/	/	/
F4; P 3	80	103 ± 15	0,95 ± 0,08	*0,84 ± 0,02	0,92 ± 0,07	*1,32 ± 0,43	*1,18 ± 0,04
F7; P 7	80	101 ± 2	1,63 ± 0,18	1,51 ± 0,18	1,57 ± 0,12	*1,58 ± 0,15	/
F8; P 4	80	101 ± 3	0,79 ± 0,13	*0,80 ± 0,12	0,82 ± 0,15	0,77 ± 0,12	0,86 ± 0,10
F9; P 8	80	120 ± 2	1,51 ± 0,17	1,30 ± 0,21	1,29 ± 0,13	1,23 ± 0,20	1,31 ± 0,15
F11; P 10	100	137 ± 2	1,14 ± 0,17	*0,97 ± 0,01	/	/	/
F11; P 12	100	135 ± 2	1,01 ± 0,17	0,96 ± 0,13	*0,94 ± 0,09	/	/
F11; P 13	100	113 ± 6	0,98 ± 0,19	1,15 ± 0,23	1,20 ± 0,13	0,74 ± 0,09	1,09 ± 0,13
F12; P 9	100	138 ± 2	1,02 ± 0,14	0,93 ± 0,05	0,93 ± 0,04	0,85 ± 0,06	0,89 ± 0,05
F12; P 10	100	130 ± 2	1,16 ± 0,12	1,05 ± 0,09	0,99 ± 0,11	0,96 ± 0,08	1,02 ± 0,06
F12; P 12	100	121 ± 3	0,92 ± 0,08	0,88 ± 0,07	0,95 ± 0,07	0,82 ± 0,04	0,94 ± 0,08
F13; P 11	100	120 ± 1	1,02 ± 0,14	0,84 ± 0,08	0,87 ± 0,11	0,76 ± 0,03	0,81 ± 0,06
F13; P 12	100	114 ± 8	0,84 ± 0,19	*0,74 ± 0,11	/	/	/
F14; P 10	100	133 ± 3	1,17 ± 0,22	1,22 ± 0,26	1,28 ± 0,16	1,03 ± 0,22	1,22 ± 0,19

Žival; poskus	Frekv. motenja [Hz]	Dom. fr. pred motenjem [Hz]	Dolžina signalov [s]				
			Začetek poskusa	1. predv. motnje	Odmor	2. predv. motnje	Konec poskusa
F15; P 13	100	127 ± 2	1,03 ± 0,13	0,92 ± 0,08	0,98 ± 0,09	0,93 ± 0,08	0,94 ± 0,07
F15; P 17	100	129 ± 2	1,23 ± 0,26	1,27 ± 0,21	*1,13 ± 0,17	/	/
F15; P 18	100	124 ± 2	1,72 ± 0,29	1,41 ± 0,16	1,46 ± 0,19	1,39 ± 0,20	1,52 ± 0,13
F16; P 14	100	88 ± 8	1,29 ± 0,11	*1,20 ± 0,10	1,20 ± 0,12	*1,09 ± 0,13	*1,60 ± 0,30
F18; P 15	100	113 ± 3	0,97 ± 0,04	0,97 ± 0,07	0,95 ± 0,08	*0,89 ± 0,08	0,88 ± 0,11
F18; P 18	100	120 ± 2	1,06 ± 0,19	0,98 ± 0,09	0,93 ± 0,10	/	/
F18; P 19	100	119 ± 3	1,37 ± 0,17	1,08 ± 0,13	1,12 ± 0,14	1,10 ± 0,16	1,20 ± 0,15
F18; P 20	100	133 ± 2	1,43 ± 0,19	1,31 ± 0,22	1,32 ± 0,20	1,08 ± 0,30	/
F19; P 13	100	131 ± 2	0,97 ± 0,06	0,90 ± 0,06	0,90 ± 0,06	0,85 ± 0,10	0,93 ± 0,05
F21; P 22	115	104 ± 2	1,20 ± 0,18	1,07 ± 0,15	*1,10 ± 0,15	/	/
F22; P 26	110	92 ± 2	1,16 ± 0,06	*1,04 ± 0,13	/	/	/
F24; P 31	110	98 ± 2	2,04 ± 0,24	**1,78 ± 0	/	/	/
F25; P 26	110	99 ± 5	1,32 ± 0,08	1,03 ± 0,15	0,98 ± 0,14	/	/
F25; P 32	110	97 ± 7	1,33 ± 0,25	1,50 ± 0,08	1,39 ± 0,19	1,56 ± 0,18	1,48 ± 0,21
F26; P 29	110	82 ± 1	1,08 ± 0,14	0,96 ± 0,12	1,11 ± 0,08	0,99 ± 0,06	1,04 ± 0,12

\*: malo podatkov (N≤7)

\*\* : samo en podatek

## PRILOGA D

Povprečne vrednosti ponavljalne frekvence signalov FCS med deli poskusa.

Žival; poskus	Frekv. motenja [Hz]	Dom. fr. pred motenjem [Hz]	Ponavljalna frekvenca [s]				
			Začetek poskusa	1. predv. motnje	Odmor	2. predv. motnje	Konec poskusa
<b>Skupina 1</b>							
F1; P 1	80	76 ± 4	4,96 ± 1,40	**13,41 ± 0	5,31 ± 1,64	*11,44 ± 1,84	5,20 ± 1,09
F6; P 4	80	84 ± 7	4,36 ± 0,42	*4,72 ± 0,47	/	/	/
F12; P 14	100	105 ± 2	3,25 ± 0,61	3,32 ± 0,28	3,19 ± 0,12	3,31 ± 0,26	3,07 ± 0,22
F14; P 12	100	102 ± 2	2,84 ± 0,49	2,62 ± 0,20	2,62 ± 0,10	*2,69 ± 0,14	/
F16; P 15	100	104 ± 2	3,42 ± 0,22	**2,93 ± 0	/	/	/
F17; P 14	100	104 ± 1	3,75 ± 0,31	4,54 ± 0,59	3,91 ± 0,22	*4,28 ± 0,59	3,89 ± 0,24
F18; P 21	100	101 ± 7	3,30 ± 0,44	**2,95 ± 0	3,27 ± 0,51	3,63 ± 0,68	2,62 ± 0,26
F21; P 23	115	112 ± 2	3,45 ± 0,21	3,47 ± 0,16	3,23 ± 0,11	3,31 ± 0,13	3,10 ± 0,09
F22; P 27	110	111 ± 7	3,52 ± 0,21	*4,30 ± 0,29	3,62 ± 0,29	4,01 ± 0,34	*3,41 ± 0,16
F26; P 27	110	112 ± 2	*3,34 ± 0,24	3,91 ± 0,57	*3,88 ± 0,28	/	/
F26; P 30	110	112 ± 3	4,19 ± 0,46	3,83 ± 0,30	3,71 ± 0,27	3,59 ± 0,26	3,46 ± 0,14
F28; P 29	110	115 ± 2	3,81 ± 0,35	3,83 ± 0,26	3,63 ± 0,13	3,70 ± 0,23	3,62 ± 0,24
F28; P 30	110	109 ± 1	4,63 ± 0,60	4,33 ± 0,42	3,89 ± 0,21	4,11 ± 0,35	3,78 ± 0,17
<b>Skupina 2</b>							
F3; P 4	80	87 ± 2	3,92 ± 0,45	?	3,83 ± 0,25	3,92 ± 0,36	3,49 ± 0,29
F6; P 6	80	90 ± 5	5,20 ± 0,53	*5,20 ± 1,22	4,63 ± 0,93	/	/
F10; P 8	80	89 ± 2	3,90 ± 1,19	*3,60 ± 0,28	3,29 ± 0,17	*3,61 ± 0,43	/
F12; P 13	100	110 ± 6	3,29 ± 0,58	3,58 ± 1,19	/	/	/
F17; P 15	100	106 ± 3	4,30 ± 0,24	4,87 ± 0,77	4,12 ± 0,51	*5,64 ± 1,54	4,02 ± 0,38
F18; P 14	100	108 ± 3	3,29 ± 0,17	3,28 ± 0,30	3,14 ± 0,27	**4,63 ± 0	3,19 ± 0,33
F20; P 22	115	109 ± 5	*2,92 ± 0,21	3,17 ± 0,46	/	/	/
F21; P 24	115	122 ± 3	2,95 ± 0,11	3,11 ± 0,26	2,95 ± 0,14	2,94 ± 0,19	2,84 ± 0,13
F22; P 29	110	116 ± 2	3,30 ± 0,36	3,51 ± 0,43	3,25 ± 0,13	3,46 ± 0,25	3,28 ± 0,17
F25; P 29	110	117 ± 3	3,26 ± 0,23	3,43 ± 0,17	3,22 ± 0,39	3,23 ± 0,14	3,05 ± 0,14
F26; P 31	110	102 ± 1	4,10 ± 0,70	3,96 ± 0,22	3,91 ± 0,33	3,85 ± 0,48	3,59 ± 0,19
F27; P 26	110	100 ± 2	3,71 ± 0,45	4,29 ± 0,36	/	/	/
<b>Skupina 3</b>							
F2; P 2	80	97 ± 2	3,91 ± 0,45	**4,10 ± 0	/	/	/
F3; P 3	80	99 ± 2	3,27 ± 0,16	3,53 ± 0,13	3,21 ± 0,19	3,49 ± 0,43	3,31 ± 0,15
F3; P 5	80	97 ± 4	4,13 ± 0,53	**7,04 ± 0	/	/	/
F4; P 3	80	103 ± 15	3,36 ± 0,21	*3,80 ± 0,48	4,02 ± 1,05	/	/
F7; P 7	80	101 ± 2	*7,70 ± 0,26	*4,14 ± 0,27	3,68 ± 0,15	*3,76 ± 0,41	/
F8; P 4	80	101 ± 3	3,67 ± 0,39	*3,88 ± 0,49	3,50 ± 0,24	*3,85 ± 0,36	3,51 ± 0,19
F9; P 8	80	120 ± 2	3,51 ± 0,29	3,58 ± 0,43	3,17 ± 0,19	3,92 ± 1,49	*3,26 ± 0,27
F11; P 10	100	137 ± 2	3,26 ± 0,20	*3,34 ± 0,06	/	/	/
F11; P 12	100	135 ± 2	2,91 ± 0,16	3,10 ± 0,10	*2,67 ± 0,16	/	/
F11; P 13	100	113 ± 6	3,20 ± 0,42	3,68 ± 0,54	3,53 ± 0,15	3,70 ± 0,26	3,56 ± 0,29
F12; P 9	100	138 ± 2	2,81 ± 0,16	2,77 ± 0,14	2,63 ± 0,09	2,75 ± 0,10	2,64 ± 0,13
F12; P 10	100	130 ± 2	3,06 ± 0,41	3,08 ± 0,12	2,81 ± 0,32	2,80 ± 0,29	2,92 ± 0,14
F12; P 12	100	121 ± 3	2,73 ± 0,27	2,86 ± 0,26	2,77 ± 0,11	2,85 ± 0,11	2,78 ± 0,16
F13; P 11	100	120 ± 1	3,05 ± 0,11	3,27 ± 0,41	3,16 ± 0,51	3,22 ± 0,38	2,96 ± 0,08
F13; P 12	100	114 ± 8	2,73 ± 0,43	*3,44 ± 1,56	/	/	/
F14; P 10	100	133 ± 3	2,94 ± 0,32	3,09 ± 0,35	3,14 ± 0,26	2,73 ± 0,38	3,11 ± 0,19

Žival; poskus	Frekv. motenja [Hz]	Dom. fr. pred motenjem [Hz]	Ponavljalna frekvenca [s]				
			Začetek poskusa	1. predv. motnje	Odmor	2. predv. motnje	Konec poskusa
F15; P 13	100	127 ± 2	3,08 ± 0,29	2,69 ± 0,23	2,67 ± 0,16	2,61 ± 0,09	2,64 ± 0,11
F15; P 17	100	129 ± 2	3,21 ± 0,19	3,03 ± 0,16	*3,15 ± 0,19	/	/
F15; P 18	100	124 ± 2	3,72 ± 0,33	3,12 ± 0,29	3,30 ± 0,29	3,06 ± 0,31	3,36 ± 0,10
F16; P 14	100	88 ± 8	3,42 ± 0,22	**2,93 ± 0	/	/	/
F18; P 15	100	113 ± 3	3,15 ± 0,17	3,48 ± 0,61	3,21 ± 0,21	3,31 ± 0,31	3,19 ± 0,33
F18; P 18	100	120 ± 2	3,12 ± 0,33	3,26 ± 0,37	3,07 ± 0,74	/	/
F18; P 19	100	119 ± 3	3,38 ± 0,34	3,20 ± 0,50	2,83 ± 0,32	3,01 ± 0,33	3,16 ± 0,36
F18; P 20	100	133 ± 2	3,53 ± 0,52	*3,66 ± 0,73	3,25 ± 0,38	3,22 ± 0,81	/
F19; P 13	100	131 ± 2	3,03 ± 0,25	3,60 ± 0,62	3,19 ± 0,12	3,50 ± 0,32	3,38 ± 0,14
F21; P 22	115	104 ± 2	3,09 ± 0,17	3,17 ± 0,22	*2,84 ± 0,13	/	/
F22; P 26	110	92 ± 2	3,13 ± 0,21	*3,60 ± 0,47	/	/	/
F24; P 31	110	98 ± 2	4,60 ± 0,22	**4,02 ± 0	/	/	/
F25; P 26	110	99 ± 5	3,62 ± 0,14	4,25 ± 0,82	3,36 ± 0,73	/	/
F25; P 32	110	97 ± 7	3,62 ± 0,43	3,92 ± 0,22	3,96 ± 0,60	4,17 ± 0,26	3,92 ± 0,22
F26; P 29	110	82 ± 1	3,33 ± 0,40	3,07 ± 0,26	3,15 ± 0,15	3,01 ± 0,10	2,79 ± 0,26

\*: malo podatkov (N≤7)

\*\* : samo en podatek