

# Bihevioralne i kognitivne karakteristike dinarskoga voluhara (*Dinaromys bogdanovi*)

---

Ljuština, Maša

Doctoral thesis / Disertacija

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:917164>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-28**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

Maša Ljuština

**BIHEVIORALNE I KOGNITIVNE  
KARAKTERISTIKE DINARSKOGA  
VOLUHARA (*Dinaromys bogdanovi*)**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2019.



University of Zagreb

FACULTY OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF BIOLOGY

Maša Ljuština

**BEHAVIOURAL AND COGNITIVE  
CHARACTERISTICS OF THE BALKAN  
SNOW VOLE (*Dinaromys bogdanovi*)**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2019.

Ovaj je doktorski rad izrađen u Zavodu za animalnu fiziologiju i Zoološkom vrtu grada Zagreba, pod vodstvom doc.dr.sc. Duje Lisičića u sklopu Sveučilišnog poslijediplomskog dokorskog studija Biologije pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Zahvala

Prvenstveno hvala mentoru za vodstvo i predanost.

Hvala marljivim i dragim kolegicama (Lei, Matei i Luciji) koje su također radile istraživanja na dinarskim voluharima u zatočeništvu i Igoru, Mateju i Heleni na sudjelovanju u istraživanjima u prirodi.

Hvala svim kolegama iz Zoološkog vrta grada Zagreba s kojima sam surađivala i koji su omogućili ovo istraživanje.

Hvala kolegama iz Udruge BIOM s kojima sam surađivala kao i JU PP Biokovo koja je omogućila istraživanja u prirodi.

Hvala obitelji i svim prijateljima koji su me trpili i podržavali unatoč meni.

**BIHEVIORALNE I KOGNITIVNE KARAKTERISTIKE DINARSKOGA VOLUHARA**  
*(Dinaromys bogdanovi)*

Maša Ljuština

Zavod za animalnu fiziologiju, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Ovim radom je dobiven uvid u ponašanje dinarskih voluhara u zatočeništvu uključujući razliku u istraživanju prostora tri tipa kompleksnosti, reakciji na novi predmet, mirise ili prisutnost jedinki iste vrste, potencijalnog kompetitora i predatora te ponašanja uz ultrazvučno glasanje, skladištenje i odabir hrane. U prirodi su istraživane karakteristike staništa s pretpostavljenom prisutnošću vrste. Vrsta je pokazala nemir u otvorenom i preferenciju prema postavu sa zaklonom, veću sklonost istraživanju u sezoni parenja. Novi predmet je promijenio ponašanje, a mirisi skratili vrijeme do ulaska u eksperiment bez velikih razlika u ponašanju u ovisnosti o porijeklu mirisa. Vrsta nije oklijevala pri kontaktu s drugim jedinkama te su vokalizacije bile najviše povezane uz kontakt. Najviše je skladištila na najudaljenijoj točki od izlaza iz terarija, i pokazala odabir ovisno o tipu hrane. U prirodi su se lokaliteti po karakteristikama grupirali u tri grupe. Rezultati bi mogli biti korisni za buduća istraživanja i zaštitu vrste u divljini.

(211 stranica, 120 slika, 36 tablica, 187 literaturnih navoda, jezik izvornika hrvatski)

Ključne riječi: dinarski voluhar, specijalist, ponašanje, markiranje, novi predmet, socijalnost, predacija, izbor hrane, skladištenje, sezonalnost

Mentor: doc. dr. sc. Duje Lisičić

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Sofia Ana Blažević, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu; izv. prof. dr. sc. Marko Čaleta, Učiteljski fakultet, Sveučilište u Zagrebu; izv. prof. dr. sc. Nikica Šprem, Agronomski Fakultet, Sveučilište u Zagrebu

**BEHAVIOURAL AND COGNITIVE CHARACTERISTICS OF THE BALKAN SNOW VOLE**  
*(Dinaromys bogdanovi)*

Maša Ljuština

Division of Animal Physiology, Department of Biology, Faculty of Science University of Zagreb,  
Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb

This thesis gave insight into behaviour of Balkan snow voles in captivity including the exploration of differently complex environment, novel object reaction, presence of scents or conspecific, heterospecific and predator, ultrasound vocalization, food choice and storage. Habitat characteristics where species was present were researched in nature. Species showed restlessness in open setup and preference towards the setup with cover, explored more in breeding season. Novel object changed its' behaviour significantly. Scents shortened time of entrance into experimental terrarium with little difference between presented scents. Voles did not hesitate to go into contact with conspecifics or heterospecifics and vocalized during contact behaviours. They showed preference towards one type of food and stored it in the furthest part of their terrarium. Localities where the species was present in nature formed three groups. These results could be beneficial to future research as well as protection of the species in the wild.

(211 pages, 120 figures, 36 tables, 187 references, original in Croatian)

Keywords: Balkan snow vole, specialist, behaviour, marking, new object, sociality, predation, food choice, caching behaviour, seasonality

Supervisor: Assistant prof. dr. sc. Duje Lisičić

Reviewers: Assistant prof. dr. sc. Sofia Ana Blažević, Faculty of Science, University of Zagreb,

Associate Professor dr. sc. Marko Čaleta, Faculty of Education, University of Zagreb,

Associate Professor dr. sc. Nikica Šprem, Faculty of Agriculture, University of Zagreb

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. LITERATURNI PREGLED .....	3
2.1.    Biologija dinarskog voluhara i status ugroženosti .....	3
2.2.    Odnos vrsta i staništa .....	11
2.2.1.    Aktivnost i istraživačko ponašanje .....	11
2.2.2.    Utjecaj kompleksnosti i strukture staništa na ekologiju i istraživačko ponašanje .	12
2.2.3.    Utjecaj spola i sezone na kretanje i istraživačko ponašanje .....	13
2.2.4.    Reakcija na nepoznato (neofobija).....	14
2.2.5.    Teritorijalnost malih sisavaca .....	17
2.3.    Odnosi među vrstama .....	19
2.3.1.    Komunikacija .....	19
2.3.1.1.    Komuniciranje mirisom .....	20
2.3.1.2.    Komuniciranje glasanjem (ultrazvučno glasanje kod malih sisavaca) .....	26
2.3.2.    Socijalnost kod malih sisavaca .....	31
2.4.    Skladištenje i odabir hrane kod malih sisavaca .....	32
2.5.    Bihevioralne i kognitivne karakteristike vrsta te značaj ponašanja za zaštitu vrste	35
2.5.1.    Uloga zatočeništva u istraživanju ponašanja i zaštiti vrsta .....	36
3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA .....	37
4. HIPOTEZE .....	38
5. MATERIJALI I METODE .....	40
5.1.    Karakterizacija staništa u prirodi – područje istraživanja.....	40
5.1.1.    Karakterizacija staništa u prirodi prikupljanje podataka .....	50
5.2.    Životinje koje su istraživane u zatočeništvu .....	51
5.3.    Prostori i uvjeti za držanje životinja .....	53
5.4.    Generalni istraživački postav u zatočeništvu .....	56



5.4.1.	Postav za istraživanje ponašanja u prostorima različite kompleksnosti.....	58
5.4.2.	Postav za istraživanje reakcija na mirise iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora .....	60
5.4.3.	Postav za istraživanje ponašanja prilikom prezentacije novog (nepoznatog) predmeta.....	61
5.4.4.	Postav za istraživanje reakcije na prisutnost iste, različite slične vrste i svlaka predatora .....	62
5.4.5.	Postav za istraživanje izbora hrane i skladištenja .....	65
5.5.	Trajanja eksperimenata .....	67
5.6.	Analiza videa prilikom istraživanja u zatočeništvu .....	68
5.7.	Povezivanje glasanja s ponašanjem u zatočeništvu .....	69
5.8.	Statistička analiza podataka .....	71
6.	REZULTATI.....	74
6.1.	Karakterizacija lokaliteta u prirodi na kojima je provedeno istraživanje .....	74
6.2.	Rezultati osvajanja novog prostora različite kompleksnosti.....	82
6.2.1.	Utjecaj spola na ponašanje pri osvajanju prostora različite kompleksnosti .....	82
6.2.2.	Utjecaj sezone na ponašanje pri osvajanju prostora različite kompleksnosti.....	84
6.2.3.	Utjecaj kompleksnosti prostora na osvajanje novog prostora .....	87
6.3.	Rezultati postava novog predmeta na ponašanje .....	94
6.4.	Rezultati postava za istraživanje reakcije na miris iste, slične vrste i predatora ...	99
6.4.1.	Utjecaj spola na ponašanje jedinki prilikom reakcije na miris iste, slične vrste i predatora .....	100
6.4.2.	Utjecaj sezone na ponašanje jedinki prilikom reakcije na miris iste, slične vrste i predatora .....	104
6.4.3.	Utjecaj postava odnosno prisutnog mirisa iste, slične vrste i predatora na ponašanje.....	110
6.5.	Rezultati postava za istraživanje reakcije na prisutnost iste, slične vrste i svlaka predatora .....	115
6.5.1.	Utjecaj spola na ponašanje prilikom reakcije na prisutnost iste, različite vrste i svlaka predatora .....	117
6.5.2.	Utjecaj sezone na ponašanje prilikom reakcije na prisutnost iste, slične vrste i svlaka predatora .....	120

6.5.3.	Utjecaj postava odnosno prezentirane jedinke iste, slične vrste i svlaka predatora na ponašanje.....	122
6.5.4.	Utjecaj prethodno prezentiranog mirisa na ponašanje u postavu iste, slične vrste i svlaka predatora .....	131
6.6.	Rezultati – glasanja dinarskog voluhara i ponašanje .....	132
6.7.	Rezultati analize izbora hrane i načina skladištenja .....	141
6.7.1.	Razlike u skladištenju istovrsne i raznovrsne hrane u ovisnosti o tipu i lokaciji skladišta	145
6.7.1.1.	Razlike u skladištenju u ovisnosti o tipu i lokaciji skladišta u obje sezone zajedno	145
6.7.1.2.	Razlike u skladištenju u ovisnosti o tipu i lokaciji skladišta u sezoni parenja	147
6.7.1.3.	Razlike u skladištenju u ovisnosti o tipu i lokaciji skladišta van sezone parenja	150
7.	RASPRAVA .....	151
7.1.	Karakterizacija lokaliteta u prirodi na kojima je provedeno istraživanje .....	151
7.2.	Razlike među spolovima.....	153
7.2.1.	Utjecaj spola na osvajanje prostora različite kompleksnosti.....	153
7.2.2.	Utjecaj spola na ponašanje jedinki prilikom reakcije na mirise iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora.....	154
7.2.3.	Utjecaj spola na ponašanje jedinki prilikom reakcije na prisutnost jedinki iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora.....	154
7.3.	Razlike među sezonama.....	155
7.3.1.	Utjecaj sezone na osvajanje prostora različite kompleksnosti .....	155
7.3.2.	Utjecaj sezone na ponašanje prilikom reakcije na mirise iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora .....	156
7.3.3.	Utjecaj sezone na ponašanje prilikom reakcije na prisutnost jedinki iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora.....	157
7.3.4.	Sezonske razlike u izboru hrane i skladištenju.....	157
7.4.	Utjecaj postava različite kompleksnosti na istraživačko ponašanje .....	158
7.5.	Utjecaj novog predmeta na ponašanje .....	160
7.6.	Utjecaj mirisa iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora na ponašanje .....	161

7.7.	Utjecaj prisutnosti jedinka iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora na ponašanje .....	163
7.8.	Izbor i skladištenje hrane .....	165
7.9.	Ponašanja označavanja.....	167
7.10.	Glasanja dinarskog voluhara i ponašanje.....	168
7.11.	Potencijalni značaj istraživanja dinarskog voluhara u zatočeništvu za istraživanja i zaštitu vrste u prirodi .....	171
8.	ZAKLJUČAK .....	172
7.	REFERENCE.....	173
8.	PRILOZI .....	188

## 1. UVOD

Dinarski voluhar (*Dinaromys bogdanovi* (Martino, 1922)) endemska je i rijetka vrsta po sva tri kriterija rijetkosti Rabinowitzovog modela (Kryštufek i Bužan 2008). Rasprostranjenost mu je procijenjena na više od 40000 km<sup>2</sup>, a prostor koji stvarno nastanjuje manji od 5200 km<sup>2</sup>. Stanišne karakteristike pogodne za vrstu su uske (krška staništa sa stijenama s većim pukotinama i prolazima), a trenutne populacije male i izolirane (Kryštufek i Bužan 2008; Petrov i Todorović 1982). Po kriterijima Međunarodne unije za zaštitu prirode dinarski voluhar je osjetljiva vrsta (VU) (Kryštufek 2018), sa statusom nedovoljno istražene vrste (DD) u Hrvatskoj (Antolović i sur. 2006). Kao jedan od uzroka ugroženosti se spominje i kompeticija sa snježnom voluharicom (*Chionomys nivalis* (Martins, 1842)), sličnom vrstom po morfologiji i karakteristikama staništa koja nastanjuje. Snježna voluharica je po strategiji više r u odnosu na K selekcijskog voluhara za podporodicu Arvicolinae što bi dugoročno moglo dovesti do nestanka dinarskog voluhara. Naime duljina života dinarskog voluhara je do četiri godine, doseže spolnu zrelost u drugoj godini, a razmnožava se samo dva puta godišnje sa u prosjeku 2,3 mlada (Kryštufek i Bužan 2008). Dosadašnja istraživanja su bila orijentirana na filogeniju i srodna područja (Klenovšek i Jojić 2016; Kryštufek i sur. 2012), a tek sporadično na područja kao što je veličina populacije (Kryštufek i sur. 2010). Dinarski voluhar je biljojed koji skladišti hranu, nastanjen na širokom spektru nadmorskih visina (od razine mora do 2200 m), a najčešći predatori su mu mali karnivori i zmije s kojima dijeli stanište (Antolović i sur. 2006; Kryštufek 2018; Petrov i Todorović 1982).

Istraživanja ponašanja životinja mogu značajno doprinijeti zaštiti vrsta (Sutherland 1998), pogotovo ukoliko se prilikom istraživanja ponašanja stavi fokus na pitanje kako neko ponašanje životinji pomaže za preživljavanje u okolišu i socijalnom okruženju (Martin i Bateson 1996). Dodatno, kognicija uključuje sve načine na koje životinje primaju informacije kroz osjetila, procesuiraju ih i odlučuju o primjerenosti reakciji (Shettleworth 2001). Kompleksnost istraživanja ponašanja u prirodi malih sisavaca mnogi istraživači su riješili kratkim ili duljim držanjem u zatočeništvu (Kapusta i sur. 2007; Kapusta i Sales 2009; Lobo i sur. 2010). Ujedno su istraživanja ponašanja u zatočeništvu rađena i sa glavnim kompetitorom dinarskog voluhara snježnom voluharicom (Luque-Larena i sur. 2001; Luque-Larena i sur. 2003). Unatoč tome, treba uzeti u obzir da ponašanja u zatočeništvu mogu biti različita od ponašanja u prirodi (Garner 2005; Oosthuizen i sur. 2013), kao i da bi dodatna istraživanja trebalo provesti u prirodi.

Svrha ovog rada bila je doprinijeti poznavanju kognitivnih i bihevioralnih karakteristika dinarskog voluhara, a osnovna hipoteza rada bila je da će istraživanja ponašanja u zatočeništvu doprinijeti boljem razumijevanju vrste, ali i zaštiti vrste u prirodi. Naime, redovito se spominje u literaturi da je ova vrsta stanišni specijalist (Kryštufek 2018), međutim malo su istraživane karakteristike staništa na kojima se pojavljuje kao i reagira li na promjene u okolišu. Kroz ovaj rad je istraživano kakve su karakteristike staništa prirodi povezane s vrstom te kako u zatočeništvu reagira na promjenu kompleksnosti prostora i novi nepoznati predmet. U zatočeništvu je istraživana i reakcija na prisustvo iste i drugih vrsta, odabir hrane i skladištenje te ostala bihevioralno-kognitivna obilježja, kao i utjecaj sezone i spola na ponašanje. Životinje su prošle kroz osam različitih postava te je prilikom toga mjereno i analizirano njihovo ponašanje. Dodatno je ponašanje povezano i s prethodno istraženim ultrazvučnim glasanjem vrste u postavima istraživanja prostora, reakcije na mirise i prisustva iste i različitih vrsta. U postavima vezanim uz hranu je analiziran izbor i skladištenje.

## 2. LITERATURNI PREGLED

### 2.1. Biologija dinarskog voluhara i status ugroženosti

Dinarski voluhar je endemska vrsta s niskom gustoćom populacija i jedini živi predstavnik svog roda te vjerojatno jedini živi predstavnik povezan s izumrlim rodом Pliomys (Kryštufek i Bužan 2008). Taksonomija vrste dinarski voluhar je navedena u Tablici 1.

Tablica 1. Taksonomija vrste *D. bogdanovi* (Kryštufek 2018).

<b>Kraljevstvo</b>	Animalia (životinje)
<b>Koljeno</b>	Chordata (svitkovci)
<b>Potkoljeno</b>	Vertebrata (kralješnjaci)
<b>Razred</b>	Mammalia (sisavci)
<b>Red</b>	Rodentia (glodavci)
<b>Porodica</b>	Cricetidae (hrčci)
<b>Rod</b>	Dinaromys
<b>Vrsta</b>	<i>Dinaromys bogdanovi</i>

Stara klasifikacija prepoznavala je čak sedam podvrsta *D. bogdanovi* (Petrov i Todorović 1982) (Slika 1.):

A) *bogdanovi* (V. i E. Martino, 1922)

B) *marakovici* (Bolkay, 1924)

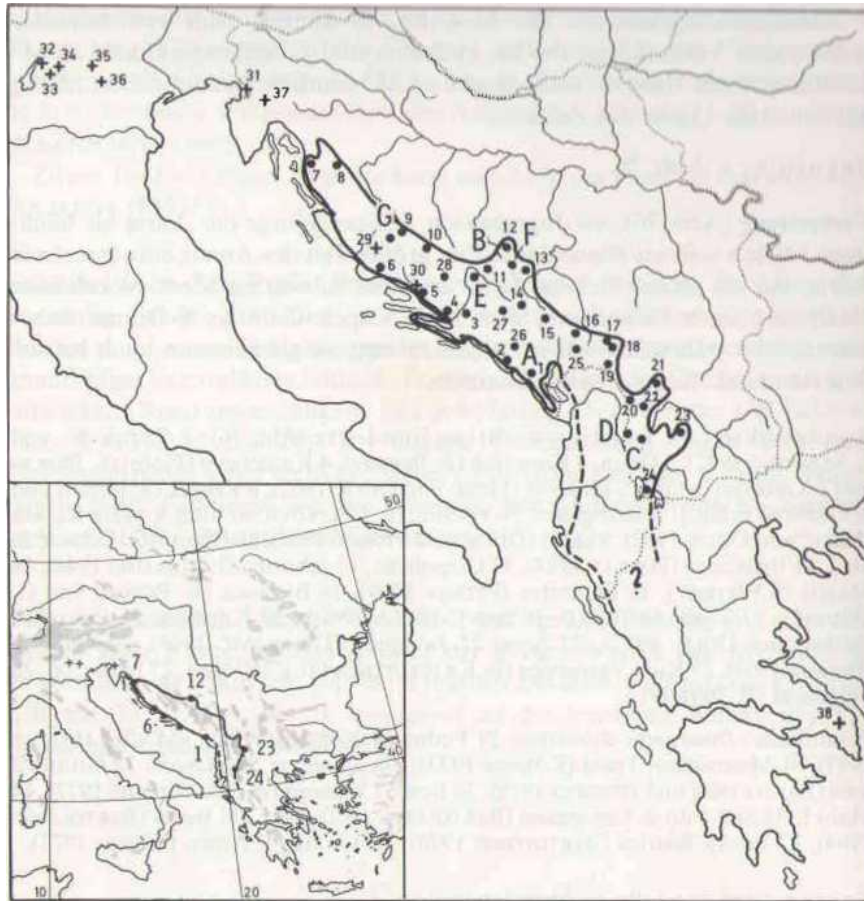
C) *grebenseikovi* (V. Martino, 1934)

D) *korabensis* (V. i E. Martino, 1937)

E) *preniensis* (V. i E. Martino, 1940)

F) *coerulescens* (K. Martino, 1948), sinonim *trebevicensis* (Gligić, 1959)

G) *longipedes* (Đulić i Vidinić, 1967).



Slika 1. Areal rasprostranjenja gdje točka označava recentne nalaze, a križ fosilne nalaze (Petrov i Todorović 1982).

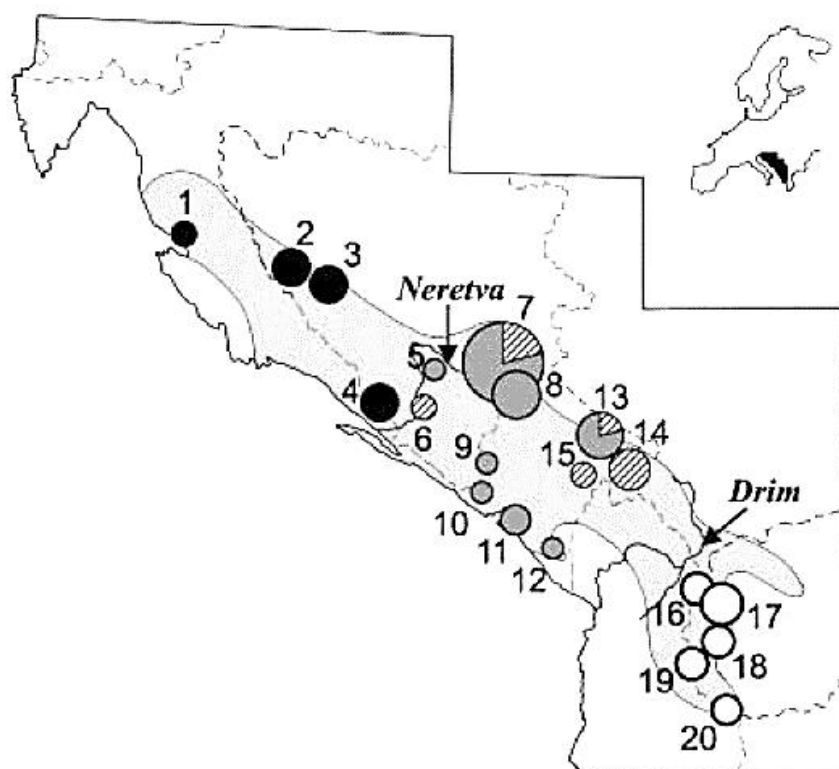
Rasprostranjenost dinarskog voluhara obuhvaća slijedeće države: Bosnu i Hercegovinu, Hrvatsku, Sjevernu Makedoniju, Crnu Goru i Srbiju. Nije sigurno je li prisutan u Albaniji i Grčkoj (Kryštufek 2018). On je rijetka vrsta s obzirom da pokazuje sve tri karakteristike po Rabinowitzovom modelu koje to potvrđuju: iako mu je područje rasprostranjenosti veće (Slika 2.), prostor na kojem obitava je manji od 5200 km<sup>2</sup>, uski specijalist je s obzirom na stanište na kojem živi i trenutne populacije su mu male i često jako izolirane (Kryštufek i Bužan 2008).



Slika 2. Rasprostranjenost dinarskog voluhara (Kryštufek 2018).

Filogeografija vrste otkriva jaku diferencijaciju unutar područja rasprostranjenja. Prepoznate su tri izrazito divergentne alopatrijske filogenetske linije (sjeverozapadna (SZ), centralna i jugoistočna (JI)). Sjeverozapadna linija je pokazala najveću divergenciju (sjeverozapadno od Neretve, zapadna Bosna i Hercegovina). Morfološke analize lubanje potvrđuju takvu podjelu (Kryštufek i sur. 2012). Ekološki podaci pokazuju da bi sjeverozapadna mogla biti izrazito ugrožena, s obzirom da je najviše genetski odvojena i svakako ju možemo smatrati osjetljivom temeljem malog prostora na kojem je rasprostranjena ( $< 2000 \text{ km}^2$ ) (Slika 3.) (Kryštufek i sur. 2007; Kryštufek i Bužan 2008). Rijeke Neretva i Drim razdvajaju filogenetske linije (Kryštufek i sur. 2007).





Slika 3. Geografska distribucija filogenetskih linija. Crno predstavlja sjeverozapadnu (SZ); sivo i prugasto dvije centralne; bijelo jugoistočnu (JI) liniju. Veličina pite je proporcionalna broju jedinki (Kryštufek i sur. 2007).

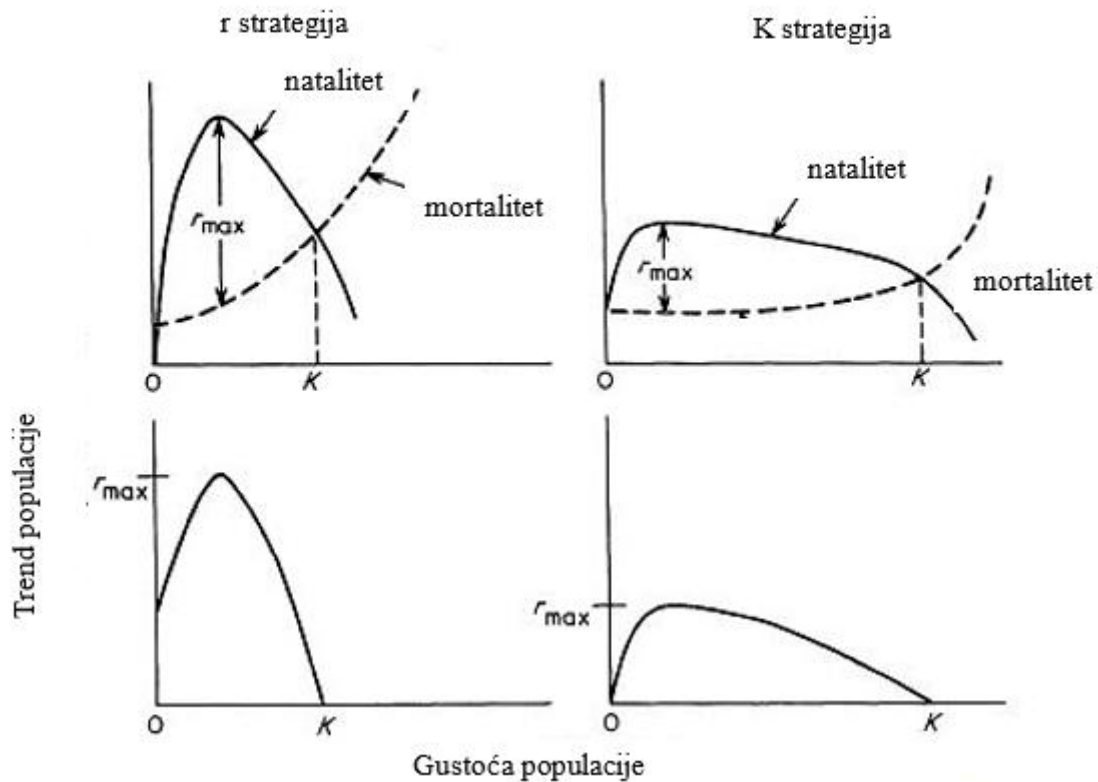
Adaptivne strategije vrsta su da postaju stanišni specijalisti (kada se nalaze samo u jednom tipu staništa) ili generalisti (u više različitih tipova staništa) (Stoddart 1979). Dinarski voluhar je specijalist, a fragmentirana staništa i visoka specijalizacija na stanište se spominju kao razlozi ugroze dinarskog voluhara (Antolović i sur. 2006; Kryštufek i Bužan 2008; Kryštufek i sur. 2009; Kryštufek i sur. 2010) što dovodi do odvajanja populacija čak i na područjima s najvišom gustoćom (Bužan i sur. 2010; Kryštufek i sur. 2009). Naime vrsta odabire krške terene sa stijenama i dubokim pukotinama u stijenama koje su često preduvjet za nalazak te vrste (Antolović i sur. 2006; Kryštufek i Bužan 2008; Petrov i Todorović 1982). Postoje također podaci da vrsta koristi špilje i to do 70 m dubine (Antolović i sur. 2006). S druge strane podnosi širok raspon nadmorskih visina, od razine mora do 2200 m, tipično iznad 1500 m, i različite vegetacijske zajednice (Kryštufek 2018; Kryštufek i Bužan 2008; Kryštufek i Tvrtković 1988; Petrov i Todorović 1982). Vegetacija se na njegovom staništu tako može mijenjati od makije,

bjelogoričnog drveća, crnogorice pa sve do planinskih livada. Nije poznato da migrira, osim u manjoj mjeri na proljeće kada iz dubljih dijelova stijena izlazi van, no povlači se u njih ponovo ljeti (Petrov i Todorović 1982). Jedina procjena populacije je provedena metodom ponovljenog ulova na Bjelašnici, gdje je kroz dvije lovne sezone (u lipnju i rujnu) ulovljena 21 jedinka 33 puta. Samo su dvije jedinke ulovljene na drugom lokalitetu (Kryštufek i sur. 2010). Klasifikacija Međunarodne unije za zaštitu prirode (IUCN) svrstava ga u osjetljive vrste (VU) (Kryštufek 2018), a status u Hrvatskoj joj je nedovoljno istražena vrsta (DD) (Antolović i sur. 2006). Vrsta je strogo zaštićena Zakonom o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19).

Dinarski voluhar pripada malim sisavcima, koji uključuju većinom vrste manje od 5 kg i imaju neke prednosti i mane povezane s veličinom. Neke od mana su primjerice teško održavanje temperature tijela, brži metabolizam, kraći životni vijek, visoka potreba za unosom hrane, ograničenja vezana uz kretanje i druge. S druge strane prednosti su lakše i energetski manje zahtjevno skrivanje od predatora, širi raspon hrane, više mikrostaništa koje mogu nastaniti, brže izmjene populacija i potencijalno s njima povezane prilagodbe (Stoddart 1979). Filogenetski gledano dinarski voluhar pripada glodavcima (Rodentia) koji su najveći red sisavaca s 32 porodice i okvirno 2277 vrsta (42 % svih živućih sisavaca pripadaju u glodavce) te miomorfim glodavcima u koje pripadaju porodice: Nesomyidae, Calomyscidae, Cricetidae, Muridae, Palatanthomyidae, Gliridae, Dipodidae i Spalacidae. Kod njih se lateralni i duboki žvačni mišići protežu prema naprijed s time da idu od donje čeljusti kroz orbitu i infraorbitalni prolaz i pričvršćeni su na njušku što omogućuje zijevanje. Veličina temporalnog mišića omogućuje prilagodljivost prilikom žvakanja (Merritt 2010).

Dinarski voluhar je K selekcijski tip vrste u odnosu na ostale vrste iz potporodice Arvicolinae (Kryštufek i Bužan 2008), a malo se zna o njegovoj biologiji, s iznimkom proučavane filogenije (Bužan i sur. 2008; Kryštufek i sur. 2007; Kryštufek i Bužan 2008). Generalna razlika između vrsta sa r i K strategijom je prikazana na Slici 4. Dinarski voluhar se razmnožava dva puta u sezoni, prvi puta oko ožujka, a drugi puta u lipnju. Jedno do dva legla godišnje je malo u usporedbi s ostalim glodavcima iz potporodice Arvicolinae (Kryštufek i Bužan 2008; Petrov i Todorović 1982). S druge strane, u drugom istraživanju u lipnju su ulovljene samo odrasle jedinke i nije zabilježena spolna aktivnost, ali su u rujnu bile prisutne sve tri dobne skupine bez ijedne skotne ženke (Kryštufek i sur. 2010). Dodatno spolno sazrijeva u drugoj godini života, a duljina života mu je do 4 godine (Kryštufek 2018) iako je u zatočeništvu zabilježeno i više od 5 (arhiva Zoološki vrt grada Zagreba). Kryštufek i sur. (2000) su određivali starost jedinki iz

prirode uz pomoć duljine korijena kutnjaka te je najveća nađena brojnost životinja bila u 1. godini (50 % sa ujednačenim omjerom spolova), dok je u 4. godini bilo najmanje jedinki (manje od 10 %). Ujedno su sve ženke s znakovima razmnožavanja bile u drugoj godini ili starije.



Slika 4. Shematski prikaz demografskih razlika između vrsta s r i K strategijom. Dodatno je sa r označena izračunata razlika između nataliteta i smrtnosti, a K predstavlja nosivi kapacitet okoliša iznad kojega populacije ne rastu (Pianka 1972).

Duljina tijela dinarskog voluhara je od 13,1 do 15,2 cm, repa od 7,54 do 10,7 cm, težina između 63 i 82 g (Nowak 1999), a izgled vrste se vidi na Slici 5. Težina ne varira između spolova (Kryštufek i sur. 2000). Dinarski voluhar jede trave i ostale zeljaste biljke (Antolović i sur. 2006). Vrste biljaka s kojima se hrani istražene su kroz analizu sadržaja želuca, pronađenih skladišta hrane te po uočenom ponašanju životinja. Tako su zabilježene vrste: *Festuca ovina* L., *Agropyron repens* (L.) P. Beauv., *Veronica chamaedrys* L., *Cirsium* sp., *Scabiosa leucophylla* (G. Beck ) Szabo, *Cephalaria* sp., *Helianthemum vulgare* Jeps., *Potentilla* sp., *Galium* sp., *Thalictrum* sp., *Asarum europaeum* L., *Aremonia agrimonoides* L., *Arabis alpina*

L., *Convolvulus arvensis* L., *Ajuga reptans* L. i druge. Ujedno je pronađeno da jede drvenaste biljke primjerice bukvu (*Fagus sylvatica* L.) no i četinjače, primjerice jelu (*Abies alba* L.) (Petrov i Todorović 1982). Skladišta hrane su nađena čak i u snježnicama (Antolović i sur. 2006). Prilikom istraživanja količine i vrste hrane koju jede u zatočeništvu pronađeno je da dinarski voluhar tijekom zime jede najmanje hrane te da pokazuje preferenciju prema određenim tipovima hrane (Ivić 2017; Katanović 2013; Rezo 2014). U zatočeništvu je istraživani i oblik lubanje kroz ontogenetski razvoj (Klenovšek i Jojić 2016).



Slika 5. Dinarski voluhar (arhiva Zoološkog vrta grada Zagreba).

Gnijezda u prirodi radi pod blokovima stijena i u manjim špiljama (Antolović i sur. 2006). Nalazi gnijezda su rijetki. Jedan od rijetkih nalaza je nalaz o gnijezdu napravljenom od trava veličine oko 20 cm u promjeru pronađenom na Bjelašnici (Petrov i Todorović 1982). Najčešći predatori su mu lasica (*Mustela nivalis* (Linnaeus, 1766)), kuna bjelica (*Martes foina* (Erxleben, 1777)) i poskok (*Vipera ammodytes* (Linnaeus, 1758)) (Antolović i sur. 2006). Dinamika aktivnosti se može vidjeti iz istraživanja procjene veličine populacije u kojima je ulov živolovkama bio češći noću – 85 % (Kryštufek i sur. 2010). Dosadašnji podaci govore o tome

da je aktivan tijekom cijele godine (Petrov i Todorović 1982), ali sezonske razlike u aktivnosti nisu nikada istraživane.

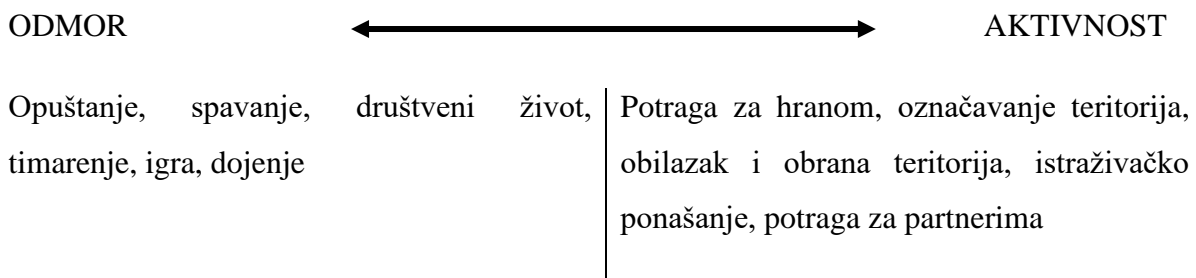
Prvi etogram vrste je napravljen u sklopu izrade diplomskog rada u zatočeništvu te je uočeno i opisano 58 različitih ponašanja i to ponašanja povezana uz kretanje (12), sjedenje i stajanje (5), ležanje (4), čišćenje tijela i izlučivanje suvišnih produkata metabolizma (11), ponašanja u interakciji s okolinom (7), konzumacija hrane (5), igra (1), istraživanje (6), obrana (2), glasanje (1), složena ponašanja (2) i ponašanja iz ranije dobi i briga za mlade (1) (Malenica 2011). Dodatno su kroz diplomski rad dobiveni podaci o razlikama u ponašanju prilikom osvajanja prostora različite kompleksnosti sa i bez prisutnosti olfaktornih signala (Vidatić 2015).

Snježna voluharica dijeli nišu s dinarskim voluharom i iako nema puno istraživanja koja to potvrđuju kompeticija s tom vrstom se spominje kao jedan od glavnih razloga opadanja populacije *D. bogdanovi* (Antolović i sur. 2006; Kryštufek 2018; Kryštufek i Bužan 2008). S druge strane Petrov i Todorović (1982) navode da su staništa slična samo na prvi pogled, s obzirom da tamo gdje se obje vrste spominju *D. bogdanovi* nastanjuje dublje rupe, špilje i pukotine pod većim blokovima kamenja. Ujedno snježna voluharica gnijezda gradi pod manjim blokovima kamenja toliko plitko da ih se pretraživanjem terena može pronaći. Jednako tako *C. nivalis* nastanjuje više nadmorske visine od dinarskog voluhara kojeg se ne nalazi iznad 2200 m. Tamo gdje se rasprostranjenost preklapa ima više dinarskih voluhara pa stoga zaključuju da su kompetitori no i da je dinarski voluhar vrsta koja dominira. Ono što je sigurno da se uz snježnu voluharicu povezuju slična staništa odnosno preferencija stjenovitim staništu, osobito siparu (Luque-Larena i sur. 2002a), a ona se dodatno smatra i bioindikatorom planinskih ekosustava koje nastanjuje (Metcheva i sur. 2008). Snježna voluharica također nema kontinuiranu rasprostranjenost nego ima odvojene linije koje su vrlo vjerojatno posljedica inicijalnog, davnog, širenja populacije, a kasnije i podjele (Castiglia i sur. 2009). Dodatno je *D. bogdanovi* pronađen u simpatrijskom odnosu sa vrstom *Apodemus mystacinus* (Danford i Alston, 1877), koja se pojavljuje na istim lokalitetima u većoj brojnosti te uz vrtnog puha *Eliomys quercinus* (Linnaeus, 1766) (Kryštufek i Tvrtković 1988), no ne postoje dodatna istraživanja.

## 2.2. Odnos vrsta i staništa

### 2.2.1. Aktivnost i istraživačko ponašanje

Smatra se da je životinja aktivna kada obavlja za život bitne funkcije kao što je hranjenje, istraživanje, potraga za partnerima, obrana teritorija i drugo. Aktivnost se može smatrati nužnom kako bi si životinja mogla priuštiti odmor kao i što je odmor nužan za aktivnost (Halle i Stenseth 2000). Dnevni uzorak aktivnosti se dijeli na odmor i aktivnost i obuhvaća sve što životinje rade s time da „odmor” ne predstavlja potpuni prestanak aktivnosti s obzirom da uključuje i socijalne interakcije. Uzorci aktivnosti obuhvaćaju prelazak iz jednog u drugo kao i vremena kada životinje uobičajeno ulaze u određeni tip aktivnosti (Slika 6.) (Halle i Stenseth 2000).



Slika 6. Dnevni uzorak aktivnosti vremenski podijeljen na odmor i aktivnost (Halle i Stenseth 2000).

Aktivnost vrste ovisi i o socijalnim karakteristikama te iste vrste, a pojedine vrste se primjerice odvajaju i vremenski. Aktivnost predatorskih vrsta između ostalog ovisi o aktivnosti njihovog plijena. Ne smije se zaboraviti i utjecaj elemenata u okolišu koji mogu utjecati negativno na aktivnost (vrućine, svjetlosti i sl.) (Halle i Stenseth 2000). S druge strane istraživačko ponašanje možemo okarakterizirati kao ono koje nema izvjesnu svrhu ili razlog (Barnett i Cowan 1976). Kroz istraživačko ponašanje životinje prikupljaju informacije i uče o odnosima između sebe i okoliša te prilagođavaju svoje ponašanje (Adolph i Kretch 2015). Rezultati istraživanja na malim sisavcima pokazuju razlike među vrstama u istraživačkom ponašanju koje se mogu povezati sa različitim ekološkim strategijama i adaptacijama pojedine vrste (Frynta 1994).

Bihevioralne karakteristike vrste mogu utjecati na način osvajanja novih prostora u prirodi (Berger-Tal i sur. 2011; Semeniuk i sur. 2011; Sutherland 1998). Količina, trajanje i karakter istraživačkog ponašanja je različito od vrste do vrste što se može vidjeti po razlikama kod nekih vrsta miševa (Birke i sur. 1985). Stanišni specijalisti izbjegavaju mozaična staništa i percipiraju ih kao barijeru za rasprostranjenje (Barret i Peles 1999). Ujedno, o samoj vrsti može varirati reakcija na test otvorenog prostora („*open field test*“) s obzirom da su neke sklonije rizičnijem ponašanju prilikom istraživanja, a druge više pokazuju defenzivna ponašanja (Klejbor i Turlejski 2012).

### **2.2.2. Utjecaj kompleksnosti i strukture staništa na ekologiju i istraživačko ponašanje**

Kompleksnost staništa utječe na način na koje se to stanište koristi, gustoću populacije i ponašanje malih sisavaca koji koriste taj prostor (Gray i sur. 2000; Jensen i sur. 2003). Kompleksnost staništa ima utjecaja i na kompetitivnost vrsta (Petren i Case 1998) te odgovor na predatora (Mandelik i sur. 2003). Struktura staništa može imati značajan utjecaj i na interakcije predatora i plijena, zato što se plijen u tom slučaju može oslanjati na bijeg više nego na izbjegavanje susreta s predatorom (Spencer i sur. 2014). Većina malih sisavaca preferira i provodi više vremena u kompleksnijim prostorima u usporedbi s otvorenim bez mogućnosti skloništa (Genaro i Schmidek 2000; Gray i sur. 2000; Jensen i sur. 2003).

Dinarski voluhar je stanišni specijalist (Petrov i Todorović 1982). Istraživanja su pokazala da je za pojedine vrste poželjna prisutnost koridora koji spajaju za vrstu povoljna staništa, kao i da se vjerojatnost da su oni potrebni povećava kod životinja koje su izraziti specijalisti. Ponašanje vrste se mora uzeti u obzir prilikom procjene je li koridor povoljan ili nije (Barrett i Peles 1999; Rosenberg i sur. 1997). Potrebno je i povećati razumijevanje kako fragmentiranost staništa odnosno heterogeniji krajobraz utječe na kretanje malih sisavaca s obzirom da to ima implikacije na korištenje resursa, potencijalnu restauraciju staništa pa tako i zaštitu vrsta. Zbog toga su važna istraživanja koja pokazuju utjecaj strukture krajobraza na vrste na mikro, mezo i makro razini (Barrett i Peles 1999). Pitanje je i što su ključne karakteristike mikrostaništa za pojedine vrste što se primjerice pokazalo važnim za ugroženu vrstu glodavca *Microtus cabreræ* (Thomas, 1906) čija je ugroženost povezana s fragmentacijom staništa odnosno nestankom ključnih karakteristika mikrostaništa – pokrovnosti travama i poplavljenim površinama (Luque-Larena i Lopez 2007). Dodatno je, pogotovo s obzirom na učestala izumiranja izoliranih,

fragmentiranih populacija, ključno znati da li će područja biti moguće ponovo kolonizirati ili ne. To ovisi o prostornom odnosu tih nastanjenih dijelova (uključujući dio koji se koristi za razmnožavanje), mogućnosti organizma za rasprostranjenje i vremenskim promjenama u strukturi područja (Fahrig i Merriam 1994). Potrebno je napomenuti i da životinjama koje žive na višim nadmorskim visinama, što je slučaj i s dinarskim voluharom (Kryštufek 2018), zima predstavlja značajnije pogoršanje uvjeta za hranjenje iz više razloga. Osim što je hrana manje dostupna, vremena kada se može ići u potragu za hranom su skraćena (s obzirom na loše vrijeme i snijeg), a sniženje temperatura povećava bazalni metabolizam. Životinje tijekom zime mijenjaju ponašanje te povećavaju zalihe masti, što može s druge strane negativno utjecati na fitnes (Krebs i Davies 1993).

Na kraju je bitno napomenuti da je bitna karakteristika svih vrsta osvajanje novih područja. Širenje na nove teritorije bi trebalo rezultirati poboljšanjem fitnesa, no uz uvjet uspješnog prelaženja prepreka prema prikladnom novom staništu kao i mogućnost da novo stanište neće imati optimalne karakteristike. U prilog širenju odnosno osvajanju novih staništa idu: dugoročna nestabilnost staništa; prostorna razdvojenost dijelova staništa koji su optimalni za vrstu; i visoke stope mortaliteta koje kreiraju slobodan ili slabo nastanjen prostor, odnosno dijelove staništa koji se mogu osvojiti (Stoddart 1979). Suprotni uvjeti od tih ne idu u prilog širenju vrste na nova područja, no bitno je napomenuti da čak i u najstabilnijim uvjetima za pojedine vrste selekcija bi mogla ići u prilog vrstama koje imaju mogućnost rasprostraniti se (Hamilton i May 1977; Stoddart 1979).

### **2.2.3. Utjecaj spola i sezone na kretanje i istraživačko ponašanje**

Sezonske razlike u ponašanju su prisutne kod dosta malih sisavaca (Barrett i Peles 1999; Eccard i Herde 2013; Lodewijckx 1984a). Kod voluharica je zabilježen utjecaj sezone na kretanje odnosno osvajanje prostora (Ylönen i Mappes 1995). Neka istraživanja su kod voluharica pokazala razliku u aktivnosti između sezona, odnosno solitarno ponašanje u sezoni parenja te dijeljenje gnijezda tijekom zimskog perioda, točnije van sezone parenja (Brooks i Webster 1981). Isključivost na prisutnost drugih jedinki van sezone parenja u odnosu na sezonu parenja (gdje više dolaze do izražaja dobre strane života u grupi) ima utjecaj na veličinu teritorija (Hoset i sur. 2007). Dodatno neka ponašanja poput timarenja mogu imati sezonsku dinamiku s obzirom da su povezana s razmnožavanjem jedinki kao što je to slučaj s livadnom voluharicom

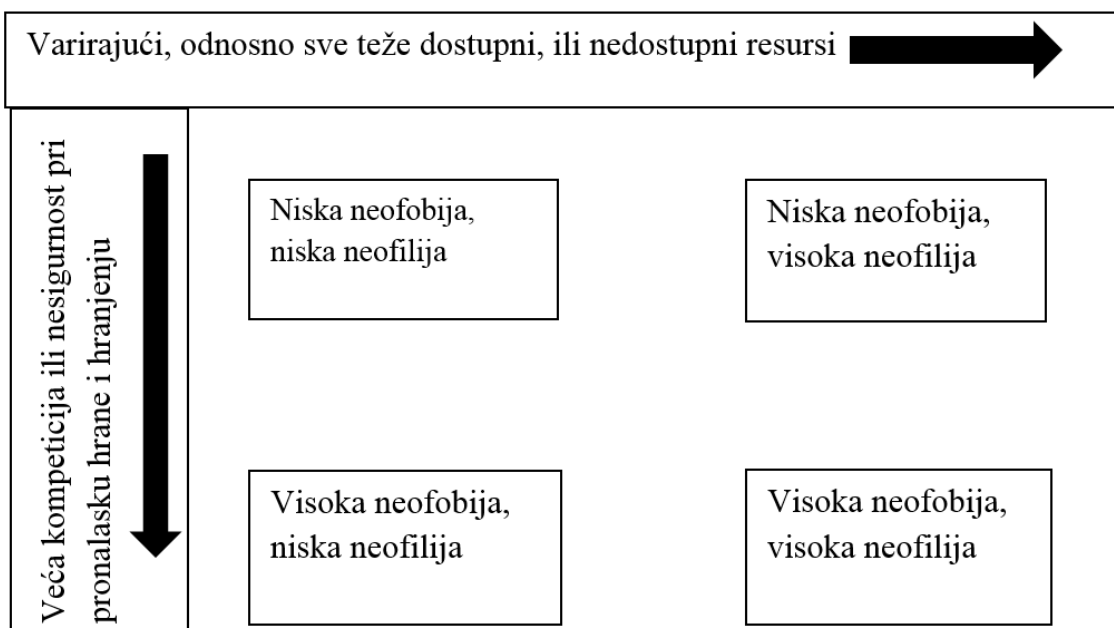


(*Microtus pennsylvanicus* (Ord, 1815)) (Leonard i Ferkin 2005). Ujedno, ukoliko mali sisavci žive u području koje ima izražene sezone, kao što je to slučaj s močvarnom voluharicom (*Microtus oeconomus* (Pallas, 1776)), to će se odraziti na ponašanje tih vrsta. Utjecaj spola na istraživačko ponašanje je pronađen kod nekih vrsta malih sisavaca primjerice šumskih miševa (*Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758)) (Lodewijckx 1984a), no ujedno je kod drugih vrsta, primjerice divljih miševa pronađeno da su varijacije vezane uz spol male ili da ih kod nekih ponašanja nema (Frynta 1994).

#### **2.2.4. Reakcija na nepoznato (neofobija)**

Kod neofobije životinje oklijevaju u pristupanju nepoznatom predmetu dok je neofilija suprotno od toga pristupanje predmetu isključivo zbog toga što je nov i nepoznat. Neofilija predstavlja interes prema nepoznatom. Neofobija ovisi o prijašnjem iskustvu životinje kao i o tome koliko je sam predmet različit od onog što je životinja već susretala, a nestaje sa ponovljenim susretima (Greenberg 2003). Odnos neofobije i neofilije s obzirom na parametre u okolišu je prikazan na Slici 7.

Neofobija je prisutna kod različitih vrsta sisavaca i ptica te potencijalno i drugih vrsta kralješnjaka što govori o tome da takvo ponašanje ima generalnu funkciju. Različiti pristup novom nije osnovan na lošim i dobrim stranama prilaza nečem nepoznatom nego više na tome što postoji nesigurnost da li će se i kakve posljedice pristupa nepoznatom uopće dogoditi. Drugi, uvrženiji, pristup neofobiji govori da neofobija postoji kako bi zaštitila vrste od opasnosti (Greenberg 2003).



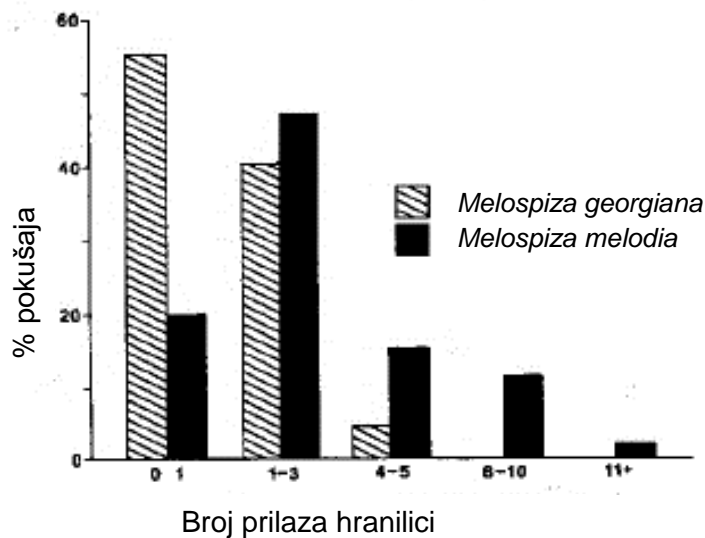
Slika 7. Odnos neofobije i neofilije u odnosu na parametru okolišu bazirano na Greenberg i Mettke-Homman (2001), a preuzeto iz Greenberg (2003).

Ujedno teorija dva faktora govori o povezanosti upuštanja u istraživačko ponašanje i straha od novog, s druge strane. Po njoj novi stimulusi bude istovremeno znatiželju i strah, a istraživanje tih stimulusa je ishod borbe između dva poriva, izbjegavanja i prilaska novom (predmetu) (Russell 1973).

Postoje prednosti i mane istraživanja novih predmeta. Prva prednost je što se mogu prikupiti informacije i zaključiti da li je novi predmet potencijalno dobar resurs. S druge strane životinja na njega troši vrijeme koje bi mogla utrošiti na provjereno dobre ishode te postoje rizici kojima je izložena. Neki od njih mogu biti da je nepoznati predmet povezan s predacijom, otrovan u slučaju da se radi o hrani i drugo. Dodatno teorije povezuju sklonost istraživanja sa karakteristikama okoliša u kojima se životinja nalazi (Greenberg i Mettke-Hofmann 2001). Neka istraživanja pokazuju razliku u pristupanju novom između jedinki u zatočeništvu u odnosu na one koje žive u divljini. Tako glodavci, poput štakora (*Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769)), generalno skloni istraživačkoj aktivnosti, ipak mijenjaju ponašanje ili izbjegavaju nove predmete u svom okolišu, no više jedinke iz divljine nego sojevi iz zatočeništva (Barnett 1958). Ujedno su primjerice ekološki plastične vrste ptica primjerice *Melospiza melodia* (A. Wilson, 1810) manje neofobične od onih koje su specijalisti, primjerice *Melospiza georgiana* (Latham, 1790), odnosno specijalisti su konzervativniji (Slika 10.), što ne isključuje da su određene reakcije posljedica iskustva (Greenberg 2003; Greenberg i Mettke-

Hofmann 2001). Na Slici 8. se vidi broj prilaza juvenilnih vrsta vrabaca: *Melospiza georgiana* i *Melospiza melodia* prije hranjenja u zdjelicama za hranu smještenim pored novih predmeta (Greenberg i Mettke-Hofmann 2001).

Druga teorija govori o tome da je istraživanje novog direktno povezano isključivo s potencijalnim dobrobitima koje ono donosi za te životinje ili s količinom novog, odnosno različitosti, u odnosu na prijašnje iskustvo životinje (Greenberg i Mettke-Hofmann 2001). Bitno je naglasiti da je reakcija na novo povezana sa samom vrstom i različite vrste imaju različitu reakciju na novo (Birke i sur. 1985; Pisula i sur. 2012). Dodatno neke vrste, primjerice štakori i svinje (*Sus scrofa* (Linnaeus, 1758)), pokazuju povećanje aktivnosti i pozitivnu reakciju na malu količinu novih elemenata u okolišu koji im ne donose stres (Pisula i Siegel 2005; Wood-Gush i Vestergaard 1991). Neka ponašanja se javljaju prilikom reakcije na novo odnosno nepoznato, primjerice timarenje kod štakora (Jolles i sur. 1979).



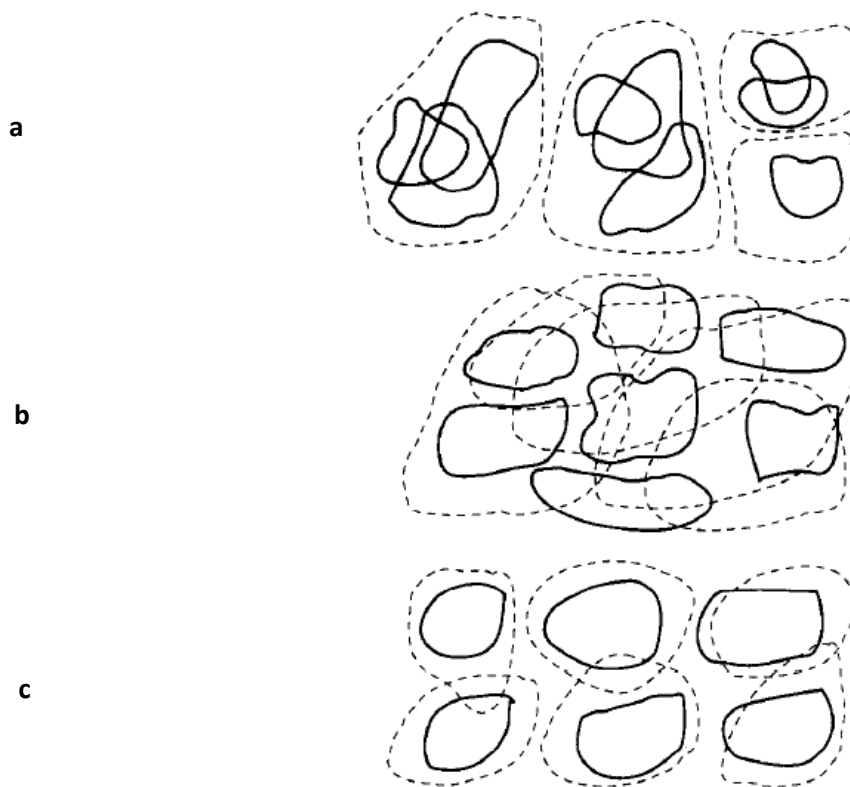
Slika 8. Razlike u latenciji do hranjenja slične specijalističke i generalističke vrste (Greenberg i Mettke-Hofmann 2001).

### 2.2.5. Teritorijalnost malih sisavaca

Različiti faktori mogu utjecati na teritorijalnost malih sisavaca pa primjerice jedan od modela govori da dostupnost hrane određuje teritorijalnost ženki, a dostupnost ženki određuje teritorijalnost mužjaka (Slika 9.) (Ostfeld 1990). Model pretpostavlja da će kod malih sisavaca koji se hrane sjemenjem, voćem i cvjetnicama ženke biti teritorijalne, a mužjaci ne. S druge strane kod onih koji konzumiraju trave, šaševe i preslice mužjaci će biti teritorijalni. Model ne uzima u obzir druge varijable kao što je prisutnost kompetitora ili dostupnost drugih resursa osim hrane (Ostfeld 1990).

Dostupnost hrane	→	Raspored ženki (teritorijalnost)	→	Raspored mužjaka (teritorijalnost)
Sjemenke, voće, cvjetnice (malo dostupne hrane, slabo se obnavlja, raspoređena točkasto)	Visoka cijena i velika dobrobit održavanja teritorija	Ženke su teritorijalne, jednoliko raspoređene, ne preklapaju se u vremenu pogodnom za parenje	Visoka cijena održavanja teritorija	Mušjaci nisu teritorijalni
Pod utjecajem operativnog omjera spolova				
Trave, šaševi, preslice (stalno dostupni u velikim količinama, jednoliko raspoređeni i brzo obnavljajući izvori hrane)	Niska cijena i mala dobrobit održavanja teritorija	Ženke nisu teritorijalne, preklapaju se u teritorijima, preklapaju se u vremenu pogodnom za parenje	Mala cijena održavanja teritorija	Mušjaci su teritorijalni

Slika 9. Uzroci teritorijalnosti malih sisavaca, prikazane su cijene odnosno dobrobiti održavanja teritorija (Ostfeld 1990).



Slika 10. Teritorijalnost voluharica. Punom linijom su označeni teritoriji ženki, a teritoriji mužjaka iscrtanom linijom. a) *Microtus californicus* model; b) *Clethrionomys* model; c) *Microtus ochrogaster* model (Ostfeld 1990).

Na Slici 10. vidimo prikaz teritorijalnosti voluharica u odnosu na preklapanje teritorija mužjaka sa ženkama. Kod većine vrsta jedan je spol teritorijalan većinu sezone parenja, primjerice mužjaci *Microtus californicus* (Peale, 1848) i ženke roda *Clethrionomys* dok se kod drugog spola vide preklapanja, koja poprimaju različite forme. U modelu *Microtus ochrogaster* (Wagner, 1842) prevladava monogamija (Ostfeld 1990).

Kod snježnih voluharica mužjaci imaju preklapajuće teritorije dok ženke drže teritorije i za njih je preklapanje malo ili nikakvo. Ujedno se između spolova teritoriji značajno preklapaju što je u skladu s rezultatima u kojima se po dostupnosti hrane može procijeniti teritorijalnost (Slika 10.). U alpskim stjenovitim kompleksima vegetacija je točkasto rasprostranjena i ženke mogu imati dobrobiti od nepreklapajućih teritorija. S druge strane mužjaci vjerojatno nisu u mogućnosti monopolizirati teritorije više ženki što onda uzrokuje njihovo preklapanje u teritorijima (Luque-Larena i sur. 2004). S obzirom na slične karakteristike staništa koja koriste

(Kryštufek 2018) i nedostatak podataka, potrebno je to dodatno istražiti i kod dinarskih voluhara.

## **2.3. Odnosi među vrstama**

### **2.3.1. Komunikacija**

Kada jedinke odluče koristiti signale kako bi utjecale na ponašanje drugih jedinki to zovemo komunikacijom (Krebs i Davies 1993). Komunikacija se događa i unutar jedne vrste i između vrsta, a ako se gleda šire to je bilo koji transfer informacija gdje je pošiljalac ili primatelj poruke životinja (Kight i sur. 2013). Ipak većina signala koje koriste životinje se odnosi na komunikaciju unutar vrste (Mills 2010). Ujedno se može govoriti o koevoluciji odašiljalca i primatelja signala (Krebs i Davies 1993). Različite vrste životinja koriste različite kanale komunikacije. Na tip signala koje one koriste utječu i karakteristike staništa. Učinkovitost korištenja pojedinih kanala ovisi o ograničenjima uslijed uvjeta u staništu. Na tip signala, razlike u kanalima komunikacije utječu i karakteristika same vrste te učinkovitost signala. Kod zvuka je prednost što se dosta različitih informacija može prenijeti u kratkom vremenu. Miris je manje fleksibilan, ali se lagano proizvodi i oznaka traje dugo vrijeme te je značajan u komunikaciji malih sisavaca (Krebs i Davies 1993). Prednosti i karakteristike različitih tipova signala su prikazani u Tablici 2.

Komunikacija nije ograničena na socijalne životinje, ali je životinja koje žive u grupi u odnosu na životinje koje žive solitarno ona puno složenija i s obzirom na kanale kojima se prenosi i s obzirom na načine komunikacije (Mills 2010).

Tablica 2. Karakteristike i prednosti različitih tipova signala (Alcock 1984).

<b>Tip signala /karakteristika kanala</b>	<b>Kemijski</b>	<b>Zvučni</b>	<b>Vizualni</b>	<b>Taktilni</b>
<b>Doseg</b>	Dugačak	Dugačak	Srednji	Kratak
<b>Brzina izmjene signala</b>	Spora	Brza	Brza	Brza
<b>Mogućnost da zaobide prepreku</b>	Dobra	Dobra	Slaba	Slaba
<b>Mogućnost utvrđivanja lokaliteta</b>	Varirajuća	Srednja	Visoka	Visoka
<b>Energetski trošak</b>	Mali	Veliki	Mali	Mali

### 2.3.1.1. Komuniciranje mirisom

#### Označavanje teritorija i reakcija na miris

Komuniciranje mirisom ima različite funkcije od kojih je svakako bitna prepoznavanje vrsta, podvrsta, spolova, srodnih jedinki, ali i pojedine jedinke. Prednost mirisnog označavanja u odnosu na vizualno i zvučno je ta da onaj tko komunicira ne mora biti prisutan da bi poruka došla do primatelja što je vrlo vjerojatno razlog zbog kojeg ga koriste mnoge vrste. Kod mirisnog označavanja nije bitno samo ostaviti oznaku nego je bitan i način na koji je ona ostavljena. Tipovi mirisnog označavanja kod različitih vrsta sisavaca su vidljivi u Tablici 3. (Stoddart 1980) uz napomenu da pasivno označavanje isključuje utjecaj rektalnih žlijezda na feces, miris urina, kao i miris sline ostavljen na djelomično pojedenoj hrani (Stoddart 1980).

Tablica 3. Aktivno i pasivno ponašanje povezano s označavanjem kod sisavaca (Stoddart 1980).

<b>Red</b>	<b>Aktivno ponašanje mirisnog označavanja</b>	<b>Pasivno ponašanje mirisnog označavanja</b>
Monotremata	Povlačenje anusa po podlozi	
Marsupialia	Povlačenje nečisnice po podlozi; tarenje žlijezda; označavanje slinom	
Insectivora	Označavanje slinom	Trljanje lateralnih žlijezda
Chiroptera	Nedovoljno poznato; mirisne žlijezde ispod čeljusti; vrećaste žlijezde u krilima <i>Sacopteryx</i>	
Primates	Uriniranje po rukama i nogam; točkasto uriniranje; uriniranje u kapljicama; trljanje različitih žlijezda na jedinke iste vrste, grane i rep kojim se onda maše pred oponentom; označavanje bradom; povlačenje anusa po podu kod marmozeta	
Edentata	Nepoznato	
Pholidota	Povlačenje anusa po podlozi	
Lagomorpha	Označavanje bradom	
Rodentia	Povlačenje anusa po podlozi; uriniranje po podlozi; označavanje slinom, češanje lateralnih žlijezda	Trljanje lateralnih, leđnih i žlijezda na dlanovima
Cetacea	Pretpostavlja se da ne postoji	
Carnivora	Uriniranje (uz podizanje noge); povlačenje anusa i genitalija po podu; povlačenje trbuha po podu	
Tubulidentata	Nepoznato	



<b>Red</b>	<b>Aktivno ponašanje mirisnog označavanja</b>	<b>Pasivno ponašanje mirisnog označavanja</b>
Proboscidea	Trljanje temporalnih žlijezda ili označavanje surlom	
Hyracoidea	Trljanje leđnih žlijezda	
Sirenia	Pretpostavlja se da je odsutno	
Perissodactyla	Ritualno defeciranje i uriniranje ( <i>Diceros</i> )	
Artiodactyla	Ritualno defeciranje i uriniranje ( <i>Hippopotamus</i> ); trljanje urinom; trljanje žlijezda na licu; abdomen – rep trljanje žlijezda; trljanje s tijelom; trljanje tarzalnih žlijezda	Stiskanje žlijezda među prstima

Označavanje i prepoznavanje mirisa igraju važnu ulogu kod sisavaca (Stoddart 1980). Mirisne oznake daju informaciju o fenotipu, genotipu i stanju jedinke (Ferkin 2015). Životinje u susretu s mirisnom oznakom odlučuju kako će reagirati ako se susretnu s onim tko je označio teritorij uzimajući u obzir i svoj fitness i preživljavanje (Ferkin 2015). Označavanje predstavlja i obranu resursa kao i kompeticiju među mužjacima. Životinje označavaju teritorij kako bi ga zadržale, a potencijalnom osvajaču on daje informaciju o tome tko drži teritorij kako bi eventualno izbjegao rizične situacije (Gosling i Roberts 2001). To je potrebno i s obzirom na to da je većinom onaj koji drži teritorij u prednosti jer ga poznaje (Wyatt 2014). Pronađena je i povezanost između veličine životinje i vjerojatnosti da će ući u novi teritorij: veći, dominantniji ili kompetitivniji miševi su češće ulazili u već označene teritorije (Gosling i sur. 1995; Gosling i sur. 1996). Tri osnovne teorije koje objašnjavaju označavanje mirisima su: odbijanje potencijalnih osvajača teritorija, omogućavanje onima koji ulaze na teritorij da prepoznaju tko drži teritorij ili da bi se uspostavile granice s glavnim kompetitorima te privlačenje potencijalnih partnera. Dodatno je bitno naglasiti da te teorije ne isključuju jedna drugu, kao i da sigurno nisu iste za sve vrste (Wyatt 2014).

Glodavci reagiraju na mirisne oznake na različite načine, a četiri hipoteze koje spominje Ferkin (2015) su:

- 1) mirisne oznake daju točnu informaciju o donoru: o stanju, fenotipu i genotipu
- 2) mirisne oznake su individualno različite
- 3) odgovor na mirisnu oznaku može biti različit, a ovisi i o kognitivnim sposobnostima jedinke koja se susrela s mirisom
- 4) životinja koja se susreće s mirisom reagira onako kako smatra da će biti najbolje za njen fitnes ili preživljavanje.

Dodatno tri osnovna mehanizma pomažu u donošenju odluka (Gosling i Roberts 2001):

- 1) karakteristike oznaka kroz koncentracije pojedinih supstanci ovisnih o hormonima
- 2) povezivanje prijašnjih sukoba s mirisom donora
- 3) sjećanje na miris oponenta za buduće sukobe.

Svi ti mehanizmi su prisutni kod miševa (Gosling i Roberts 2001).

Miševi koriste mirisne oznake za komunikaciju s jedinkama iste vrste u različitim kontekstima (Arakawa i sur. 2008). Postoje neke studije koje pokazuju da je kod miševa miris više pozicioniranih jedinki odbojan niže pozicioniranima (Stoddart 1980). Tako je uzorak oznaka u sukobima između istog spola povezan sa statusom, pogotovo s obzirom da je označavanje zahtjevno te da ono potencijalno oglašava prisutnost životinje predatoru (Gosling i Roberts 2001). Ujedno životinja u ovisnosti o kontekstu odabire da li će označiti teritorij ili ne, posebice u slučaju da je svjesna prisutnosti predatora (Arakawa i sur. 2008). Kao i za ostale vrste, za voluharice označavanje teritorija ujedno predstavlja rizik jer je dokazano da pospješuje lov njima predatorskih vrsta (Koivula i Korpimäki 2001).

Frekvencija i postavljanje mirisnih oznaka su oznaka kompetitivnosti i prisustva suprotnog spola za neke vrste kao što su miševi ili gerbili, ali malo je dokaza koji govore da oni direktno doprinose reproduktivnom uspjehu (Thomas i Wolff 2003). Ujedno mužjaci istražuju urin ženki više ukoliko se radi o ženki u estrusu, ali je taj interes povezan i s prethodnim reproduktivnim iskustvom mužjaka (Stoddart 1980). Za voluharice je s druge strane označavanje davanje informacija o sebi i kvaliteta oznaka je važna (Thomas i Wolff 2003). Nije dovoljno poznato

da li ženke sakupljaju informacije u ovisnosti o načinu označavanja, no postoji puno istraživanja koja pokazuju da dobivaju informacije o mužjacima koje utječu na sinkronizaciju estrusa, procjenu fitnesa i izbor mužjaka, a većina tih istraživanja provedena je na glodavcima (Gosling i Roberts 2001). Općenito mali sisavci ponekad na prisutnost mirisnih oznaka jedinki iste vrste reagiraju s označavanjem ili pokušajem prikrivanja tuđeg mirisa, no ne svi, jer kod prerijskih voluharica na učestalost i označavanje mužjaka ne utječe činjenica je li teritorij već označen ili nije (Thomas i Kaczmarek 2002). Kod označavanja preko oznaka drugih postoje naznake da voluharice daju veći značaj gornjoj oznaci u odnosu na donju te da bi se takvo označavanje moglo smatrati kompetitivnom taktikom (Johnston i sur. 1999).

Voluharicama mirisne oznake služe kako bi se razlikovale jedinke (Ferkin i Seamon 1987; Newman i Halpin 1988), a istraživanja voluharica pokazuju povezanost između preferencije prema mirisima i teritorijalnosti odnosno agresije prema jedinkama iste vrste. Privučenost mirisom je većinom oznaka manjka agresivnosti prema onom tko je označio taj teritorij i obrnuto (Ferkin 1988; Ferkin i Seamon 1987; Ferkin i Rutka 1990). Teorija prepoznavanja vlasnika mirisa govori da su životinje u mogućnosti prepoznati tko je ostavio mirisnu oznaku nakon mirisanja te iste oznake (Wyatt 2014) što omogućava onom tko ulazi u teritorij da reagira i odabere hoće li trošiti vrijeme i energiju na osvajanje, riskirati ozljedu ili smrt kroz konflikt s vlasnikom teritorija. Kod nekih vrsta voluharica prepoznavanje utječe na količinu agresije koje jedinke pokazuju jedne prema drugima (Ferkin 1988). Razlika u reakciji na miris jedinka iste vrste kroz sezone može ukazivati na sezonske razlike u socijalnosti (Ferkin i Seamon 1987).

Bez obzira na izazove, prednosti označavanja puno su veće od mana i iako ne garantiraju vlasniku teritorija da ih osvajač teritorija neće pobijediti ipak pomažu da se osjeća sigurnije i potjera osvajača. Količina označavanja ovisi o hormonima i povezana je s agresivnim ponašanjima. Kod vrsta koje žive u grupama članovi grupe dijele miris i na taj način smanjuju vjerojatnost od agresije (Stoddart 1980).

## Utjecaj mirisa predatora ili slične vrste potencijalnog kompetitora na ponašanje

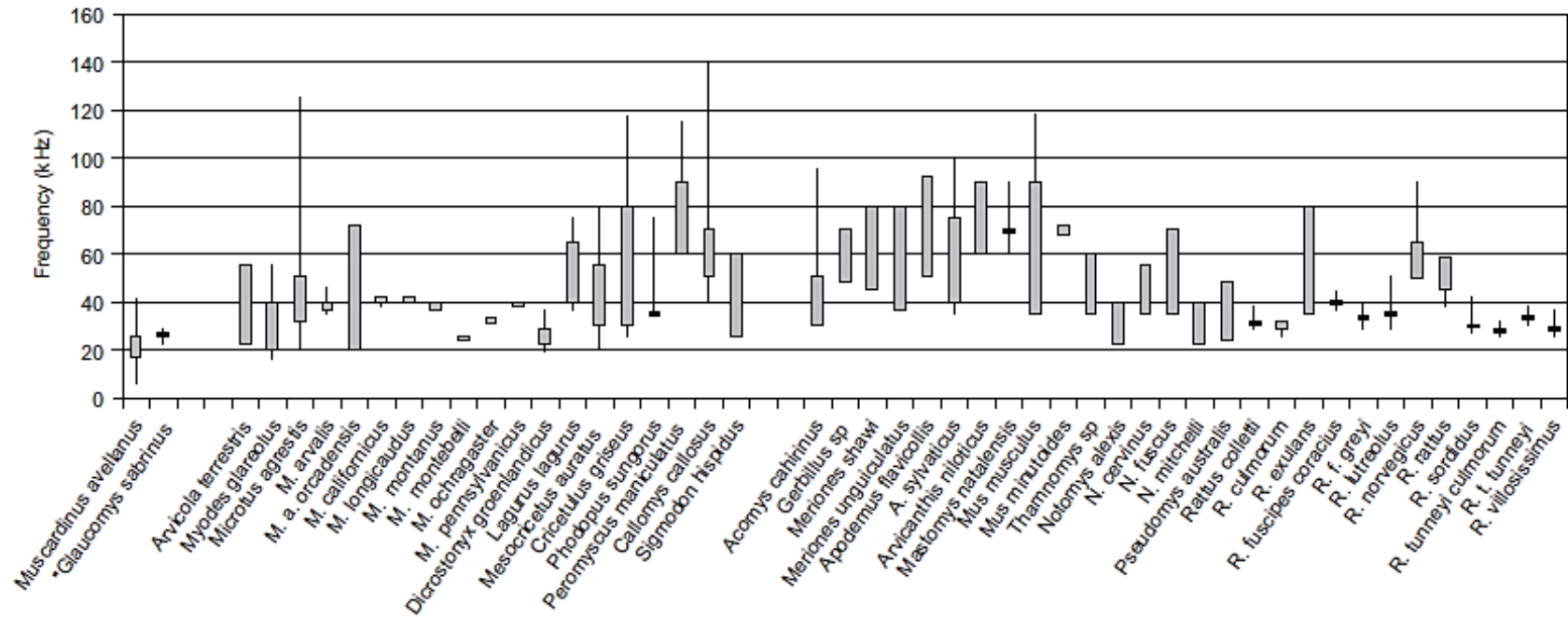
Terenska i laboratorijska istraživanja pokazuju da miris predatora ima utjecaj na plijen na način da inhibira aktivnost, smanjuje ponašanja poput potrage za hranom, hranjenja i timarenja te uzrokuje izbjegavanje mirisa predatora. Ujedno ima utjecaj i na razmnožavanje. Plijen tako ponekad mijenja stanište i ide na lokacije koje smatra sigurnima, odnosno lokacije na kojima mirisi nisu prisutni (Apfelbach i sur. 2005). I dok doticaj s mirisima predatora potiče različita ponašanja kod različitih skupina životinja, glodavci obično izbjegavaju mjesta na kojima su bili predatori, a od stresa koji im to uzrokuje produciraju miris koji utječe na druge glodavce i njihovo kretanje i istraživačko ponašanje (Stoddart 1980). Miris predatora primjerice utječe na aktivnost i način korištenja prostora kod livadnih voluharica (*Microtus pennsylvanicus*), a reakcija se razlikuje ovisno o spolu (Perrot-Sinal i sur. 1999).

S obzirom da voluharice koriste slične putove kao i zečevi ili njihovi predatori, mali karnivori, ti putovi mogu imati oznake od drugih vrsta koje se mogu i ne moraju poklapati s njihovim oznakama. Primijećeno je da neke vrste voluharica pokazuju preferenciju prema mirisu iste vrste koji je pomiješan s mirisom predatora, dok na miris slične vrste pomiješan s mirisom svoje vrste ne reagiraju (Vlautin i sur. 2010). Neki mali sisavci ne reagiraju na prisutnost mirisa predatora uključujući feces i urin predatora, a određene vrste malih sisavaca, uključujući voluharicu *Microtus ochrogaster* ne mijenjaju niti ponašanje vezano uz označavanje (Parrott 2014; Wolff 2004). Reakcije *Clethrionomys glareolus* na mirise sedam vrsta predatora (*Mustela nivalis*, *Mustela erminea* (Linnaeus, 1758), *Mustela putorius* (Linnaeus, 1758), *Martes foina*, *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758), *Nyctereutes procyonoides* (Gray, 1834), *Strix aluco* (Linnaeus, 1758)) kao i vrste koja nije predator (zec) su se razlikovale u ovisnosti o predatoru. U slučaju lasica je reakcija bila penjanje na grane i izbjegavanje tunela, na druge predatorske vrste smanjenje aktivnosti, a izostala je promjena ponašanja na miris sove i zeca. To bi moglo objasniti uspješnost sova u lovu na tu vrstu malog sisavca (Jedrzejewski i sur. 1993). Ujedno primjerice prisutnost mirisa lasice nije znatno utjecala na hranjenje šumskih voluharica dok nije prezentiran i sam predator što je značajno smanjilo hranjenje. Miris zeca djelovao je suprotno, odnosno povećao hranjenje (Bleicher i sur. 2018).

### **2.3.1.2. Komuniciranje glasanjem (ultrazvučno glasanje kod malih sisavaca)**

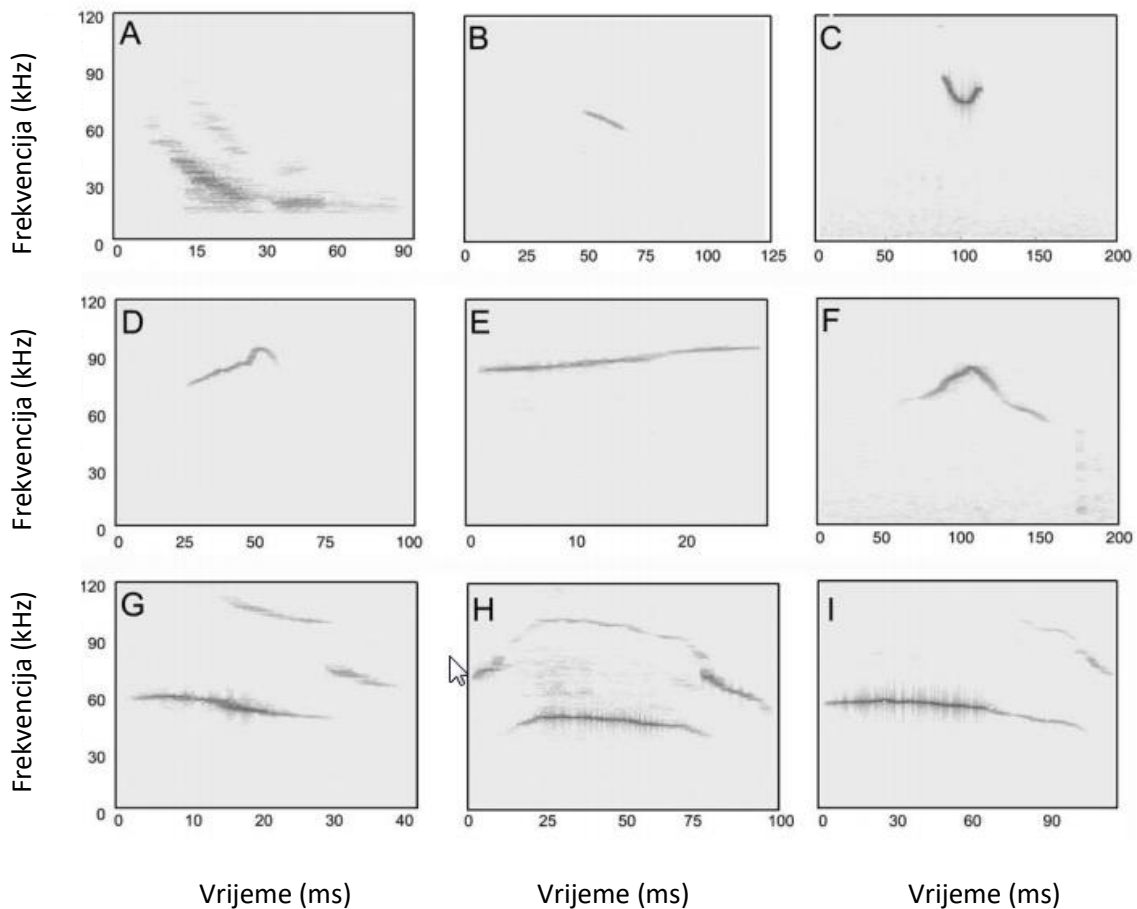
Životinje se glasaju iz različitih razloga i različitim intenzitetom u ovisnosti o okolnostima, primjerice u prisutnosti predatora, kako bi obranile teritorij, privukle partnere, dale informaciju o izvoru hrane. Glasanja sisavaca variraju od infra spektra do onih ultrazvučnih, a ultrazvučnim se smatraju ona viša od 20 kHz koja su korisna prilikom komunikacije na malim udaljenostima (Brudzynski 2010). Glodavci su razvili ultrazvučno glasanje kao dio adaptacija na predatore s obzirom na poziciju koju zauzimaju u hranidbenom lancu, primarno u situacijama stresa no i za osnovne potrebe komunikacije s pripadnicima iste vrste (Brudzynski i Fletcher 2010).

Ujedno se zvučno i ultrazvučno glasaju različite vrste voluharica, te se kod šumskih, poljskih i livadnih voluharica količina ultrazvučnog glasanja razlikuje u ovisnosti o tome da li je susret jedinki istog ili različitog spola te jedinki druge vrste. Takva glasanja predstavljaju značajan dio komunikacije (Kapusta i sur. 2007). Odrasli miševi koriste tri tipa dozivanja u različitim socijalnim interakcijama uključujući one s istim i različitim spolom. U istospolnim susretima mužjaci se glasaju tzv. jednostavnim signalima, a ženke složenima. U interakcijama s različitim spolom produciraju tri tipa glasanja no svaki u određenom kontekstu primjerice „harmonik“ uz ponašanja vezana uz razmnožavanje. Mužjaci miša kada sretnu ženke ili njihove feromone emitiraju ultrazvučne vokalizacije koje imaju karakteristiku pjesme (Holy i Guo 2005; Matsumoto i Okanoya 2018). Mladunci različitih glodavaca se također glasaju ultrazvučno (Slika 11.), i to pogotovo ako im je hladno ili se nađu van gnijezda, a vokalni repertoar im se mijenja sa starosti (Brudzynski 2010; Grimsley i sur. 2011). Štakori se ultrazvučno glasaju i prilikom stresnih situacija (Brudzynski i Ociepa 1992). Dodatno treba imati na umu da su neka istraživanja pokazala da su pojedina ultrazvučna glasanja malih sisavaca, primjerice gerbila, posljedica određenih lokomotornih aktivnosti (Blumberg 1992).



Slika 11. Glasanje mladunaca različitih vrsta glodavaca. Vrijednosti su dodijeljene za medijane i srednje vrijednosti zajedno s minimumima i maksimumima tamo gdje su dostupni. Prazna polja pripadaju vrstama porodice Glirida (rod *Muscardinus*). \*Juvenilni *Glaucomys sabrinus* (Shaw, 1801), Cricetidae (*Myodes* do *Peromyscus*) i Muridae (*Acomys* do *Rattus*) (Brudzynski 2010).

Na Slici 11. se vidi raspon frekvencija kod mladunaca različitih vrsta, a dodatno je utvrđeno da različite linije mladunaca miševa pokazuju razlike u vokalizaciji (Brudzynski 2010). Izgled kao i varijacije signala mužjaka miševa mogu se vidjeti na Slici 12. Glasanje dinarskog voluhara je već istraživano kao dio diplomskog rada (Kovač 2016), a kategorije, tipovi i podtipovi glasanja prikazani u Tablici 4. Zanimljivo je da neka istraživanja pokazuju da ultrazvučna glasanja mogu pomoći u prepoznavanju vrsta kao što je to slučaj kod miševa (Musolf i sur. 2015).



Slika 12. Sonogram ultrazvučnog glasanja mužjaka miševa (linija CBA/CaJ) koji pokazuje tipove glasova. Svaka vokalizacija se smatra posebnim tipom signala s obzirom na početnu, vršnu i završnu frekvenciju, širinu modulacije i trajanje (A, B – frekvencijski moduliran silazni, C – U frekvencijska modulacija, D – frekvencijska modulacija krivulje prema gore, E – konstantna frekvencija, F – frekvencijska modulacija s grbom (izbočinom) G – I – frekvencijski skokovi) (Portfors 2007).

Tablica 4. Prikaz kategorija, tipova i podtipova signala detektiranih unutar vokalnog repertoara dinarskog voluhara (Kovač 2016).

<b>Kategorija</b>	<b>Tip</b>	<b>Broj podtipova</b>	<b>Opis</b>
Jedno-komponentni	<b>A</b>	2	Kratki signali do 3ms. Mala duljina trajanja onemogućuje značajnije frekvencijske varijacije.
	<b>B</b>	0	Signali moduliranih frekvencija mogu imati uzlazni, silazni ili kompleksni karakter ali i pad frekvencije od početka do kraja signala.
	<b>C</b>	0	Signali moduliranih frekvencija mogu imati uzlazni, silazni ili kompleksni karakter ali i rast frekvencije od početka do kraja signala.
	<b>D</b>	2	Signali koji imaju minimalne oscilacije frekvencije (manje od 5 kHz) duž vremenskog trajanja signala. U literaturi su opisani kao signali konstantne frekvencije.
	<b>E</b>	0	Signali raspršene frekvencije. Nemaju jasno izražen frekvencijski trend. U literaturi su opisani kao „bandwith” signali.
	<b>F</b>	0	Karakterizira ih više frekvencijskih modulacija unutar neprekinutog vremenskog trajanja signala. Najčešće pokazuju frekvencijsku tendenciju rasta.
	<b>M</b>	0	Signali koje karakterizira pojava velikog broja harmonika koji prelaze u ultrazvučni spektar, dok je linija s fundamentalnom frekvencijom u zvučnom dijelu spektra. Najčešće se pojavljuju serijski.
	<b>L</b>	3	Karakterizira ga pojava harmonika koji je s linijom fundamentalne frekvencije u većem ili manjem rasponu od 5 kHz između bilo koje dvije točke signala. U



Kategorija	Tip	Broj podtipova	Opis
			literaturi opisan kao kompozitni tip signala kod vokalizacije miševa.
Više-komponentni	G	6	Signali sastavljeni od više komponenti (2 do 4) unutar vremenskog trajanja signala. Ujedno je uvijek prisutna jedna dulja ravna komponenta s pripadajućim kraćim komponentama (do 3 ms), postavljenim na početnoj, konačnoj ili s obje strane dulje, pri čemu frekventijski raspon krajnje točke prethodne komponente i početne točke sljedeće komponente ne prelazi 5 kHz. U literaturi se opisuje kao dvokomponentni signal.
	H	5	Višekomponentni signali (2 do 5) unutar vremenskog trajanja signala. Sve komponente unutar signala su dulje od 3 ms te se međusobno odnose tako da frekventijski raspon završne točke prethodne komponente i početne točke sljedeće ne prelazi 5 kHz. U literaturi su opisani kao frekventijski koraci.
	I	5	Višekomponentni signali sastavljeni od 2 do 5 komponenti s frekventijskim rasponom završne točke prethodne komponente i početne točke sljedeće komponente (minimalno dvije komponente) većim od 5 kHz. U literaturi su opisani kao frekventijski korak.

### 2.3.2. Socijalnost kod malih sisavaca

Socijalna ponašanja odnose se na interakcije dvaju ili više jedinki iste ili različitih vrsta koje su u nekom uređenom odnosu: kooperativnom ili kompetitivnom. U svom životnom vijeku životinje ulaze u različite vrste međusobnih interakcija, komuniciraju, ponašaju se teritorijalno, pokazuju ponašanja vezana uz parenje kao i ponašanja povezana uz život u grupi (Mills 2010). Život u grupi može imati prednosti manjeg rizika od predatora, bolje obrane resursa ili zajedničkog podizanja mladih, ali ujedno dovodi do povećanja kompetitivnosti ukoliko su resursi izrazito mali (Krebs i Davies 1993).

Socijalnost kod dinarskog voluhara nije do sada istraživana, a jedino što se spominje je mala gustoća populacije: 2,5 jedinke po hektaru te da se radi o skrovitoj i rijetkoj vrsti (Kryštufek i sur. 2010). Istraživanja socijalnosti kod snježne voluharice (glavnog kompetitora dinarskog voluhara (Kryštufek i Bužan 2008)) pokazuju da ima preklapajuća područja rasprostranjenja s jedinkama iste vrste s kojima je u kompeticiji, može prepoznati jedinke čiji je miris već osjetila te mijenja ponašanje ovisno o tome da li se radi o poznatoj ili nepoznatoj jedinci kako bi izbjegla nepotrebne sukobe. Dodatno, istraživanje zauzetih nastambi traje dulje, ali se skraćuje sa susretom s jedinkom koja drži teritorij. Korištenje označenih teritorija ne mijenja se i nakon što mužjak sretne mužjaka koji ne pripada tom teritoriju (Luque-Larena i sur. 2001). Slična istraživanja su provedena i s livadnim voluharicama koje bi se ponašale manje neprijateljski kada bi srele ženku čiji su miris već osjetile dok bi poznati mužjak kod mužjaka izazvao veću količinu agresije (Ferkin 1988). Za razliku od ostalih vrsta malih sisavaca snježna voluharica pokazuje znatnu količinu agresije prema jedinkama iste vrste tijekom zime što bi značilo da je tada socijalnost te vrste niska. Na to utječe i ograničena količina hrane u planinskim područjima kao i prisutnost predatora (Luque-Larena i sur. 2002a).

Socijalnost i količina agresije razlikuje se među različitim vrstama voluharica i izražena je primjerice kroz broj i trajanje napada te latenciju do prvog napada (Kapusta i sur. 2007). Ujedno je Colvin (1973) proučavao ponašanje nekoliko vrsta voluharica i zaključio da je osim agresivnog ponašanja bitno i ponašanje međusobnog izbjegavanja vrsta, što može, a i ne mora dovesti do međusobnog isključivanja u preklapajućim staništima. Razlike u agresivnosti, ali i strategijama međusobnog izbjegavanja u ovisnosti o vrsti u susretima s jedinkama iste ili različite vrste su kod voluharica pronašli i drugi istraživači (Cranford i Derting 1983).

Socijalnost vrste varira i u ovisnosti o sezoni te se teritoriji različito preklapaju u sezoni razmnožavanja u odnosu na periode van sezone razmnožavanja što se, naravno, odnosi na

reproduktivno aktivne životinje. Neke vrste voluharica – *Microtus pennsylvanicus* - zimi dijele gnijezda, dok ljeti pokazuju malu toleranciju prema prisutnosti jedinki iste vrste (Brooks i Webster 1981).

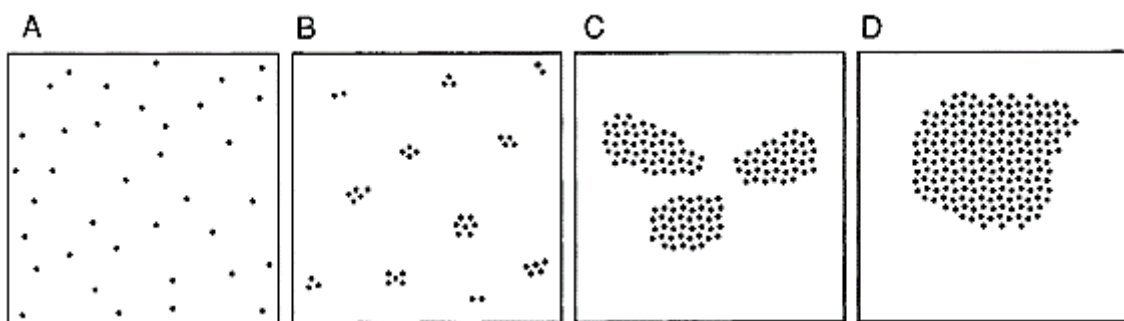
#### **2.4. Skladištenje i odabir hrane kod malih sisavaca**

Prehrana životinje mora količinom i sadržajem zadovoljiti njene potrebe no i njeno prikupljanje mora biti učinkovito. Učinkovitost se odnosi na vrijeme i energiju koja je potrebna za skladištenje hrane. Životinje su s obzirom na hranu koju jedu specijalisti ili generalisti (Stoddart 1979). Kod malih sisavaca izbor ovisi o dostupnosti hrane i mogućnosti prenašanja te hrane te eventualnom preklapanju s drugim vrstama koje imaju sličnu prehranu. To je tako za neke herbivorne glodavce (*Microtus californicus* i *Sigmodon hispidus* (Say i Ord, 1825), vrste koje jedu primarno sjemenje (*Dipodomys merriami* (Mearns, 1890), *Perognathus baileyi* (Merriam, 1894) i *P. intermedius* (Merriam, 1889), ali i neke druge vrste. Kod nekih vrsta glodavaca utječe i kvaliteta hrane i nutritivne karakteristike uključujući visoku kalorijsku vrijednost (Stoddart 1979). Ujedno primjerice kod šumskih miševa postoji preferencija prema pojedinoj hrani (Jensen 1993).

Istraživanja odabira hrane kod životinja uključuju: relativnu dostupnost, karakteristike hrane, prostorni raspored ili stanje onoga koji se hrani (Emlen 1966). Pri svakom odabiru životinja radi određen kompromis. MacArthur, Pianka i Emlen (1966) su promišljali o tome kako životinje donose odluke o tome koju hranu odabrati i gdje ju naći i razvili optimalnu teoriju hranjenja (Pyke i sur. 1977). Prirodna selekcija je ona koja optimizira, odnosno favorizira karakteristike organizama koje osiguravaju opstanak. Od životinja očekujemo da se ponašaju na taj način prilikom pronalaska hrane, izbjegavanja predatora, odabira partnera, podizanja mladih i dr. U kontekstu ponašanja povezanog s hranjenjem modeli optimalnosti imaju tri komponente: pretpostavku izbora koje životinja ima pred sobom (npr. odabir hrane), pretpostavku što životinja pokušava dobiti (npr. energiju) i pretpostavku ograničenja koje životinju karakteriziraju (npr. veličina, brzina potrage za hranom). Životinje osim što biraju hoće li se upustiti u određenu aktivnost biraju i između pojedinih aktivnosti koje im osiguravaju opstanak kao što je pronalazak hrane, izbjegavanje predatora ili aktivnosti povezanih uz razmnožavanje (Krebs i Davies 1993).

Neka istraživanja su pokazala da u zatočeništvu životinje često biraju hranu koju inače ne bi jele u prirodi nad ponuđenom hranom dostupnom u prirodi što govori o tome da se brzo adaptiraju na nove okolnosti. Ukoliko se to ne dogodi može dati informaciju o tome koliko su konzervativne prilikom hranjenja i u prirodi. Na taj način istraživanja hranjenja u zatočeništvu ipak mogu doprinijeti saznanjima o vrsti u prirodi (Eccard i Ylönen 2006).

Skladištenje hrane omogućava životinjama upravljanje količinom hrane koju imaju na raspolaganju, a skladišta hrane općenito mogu biti veće nakupine (na jednoj centralnoj lokaciji) ili puno malih skladišta izvan gnijezda s time da je razlika i u načinu skladištenja, koje u slučaju puno malih skladišta ne uključuje repetitivno vraćanje u isto skladište i više strategija obrane (Slika 13.) (Vander Wall 1990). Skladištenje ujedno omogućuje sklonište od kompetitora kao i predatora za vrijeme hranjenja. Većina vrsta sisavaca koje imaju skladišta su glodavci (Merritt 2010) no vezano je uz ponašanje mnogih različitih skupina, od kojih među sisavcima možemo istaknuti vidru (Lanszki i sur. 2011) te primjerice neke ptice kao što su ćuk ili vrapčarke (Solheim 1984, Stephens i sur. 2007).



Slika 13. Načini skladištenja hrane kod životinja primjeri raspršenog skladištenja (A i B), a C i D većih skladišta na jednom mjestu (Vander Wall 1990).

Vrste koje skladište hranu se moraju bolje snalaziti u prostoru tj. pamtiti lokacije više različitih mjesta danima, tjednima ili mjesecima što znači bolju memoriju (Shettleworth 2010), pogotovo s obzirom da je hrana često raspodijeljena u manje grupe (Kamil i sur. 1987). Na raspored skladišta utječe nekoliko faktora, od načina na koje se hrane potencijalni kradljivci, preko mogućnosti same životinje da obrani skladište, do energije koja je potrebna da bi se došlo do uskladištene hrane i na kraju samih karakteristika te hrane (Kamil i sur. 1987). Različite vrste glodavaca imaju različite sisteme skladištenja (Zhang i sur. 2012). Glodavci su oprezni u odlasku iz skloništa kao i prilikom prilaženja izvorima hrane. Male komadiće hrane jedu odmah

na lokalitetu, a veće komade prenose na sigurnu lokaciju. Kao i ostale vrste koje skladište hranu, ponekad skladište na jednoj lokaciji, blizu gnijezda, ili na više mjesta na teritoriju (Whishaw i sur. 1999). Kod voluharica također postoji ta razlika i neke rade velika skladišta na malo mjesta dok neke imaju više manjih skladišta na različitim mjestima (Zhang i sur. 2012).

S obzirom na to da je gubitak uskladištene hrane često značajan za životinju koja skladišti hranu, većina vrsta je razvila način da smanji gubitak u skladištima neovisno o tome da li se radi o propadanju hrane, krađi ili drugačijem gubitku plijena (Kamil i sur. 1987). Neke vrste malih sisavaca, primjerice voluharice, koje skladište trave i sličan biljni materijal brinu o tome da se sijeno ne smoči pa ga skrivaju ispod kamena ili u sličnom skloništu ili pokriju nekim materijalom (Kamil i sur. 1987; Vander Wall 1990). U tom kontekstu možemo objasniti i nalaz skladišta dinarskog voluhara nađen na ledu (Antolović i sur. 2006).

Još jedan faktor koji treba uzeti u obzir, kod skladištenja hrane, je mogućnost krađe hrane iz tuđih skladišta. Nadoknada izgubljene hrane iz skladišta je značajnija za one vrste koje imaju više malih skladišta, odnosno raspršeno skladište. S obzirom da nisu u mogućnosti braniti uskladišteno jedan od načina osiguravanja hrane je i krađa tuđih skladišta (Zhengyu i sur. 2018). Tako je kod nekih voluharica sa tri različite tehnike skladištenja uočena poveznica između tipa skladištenja i mogućnosti pronalaska tuđih s time da je vrsta s najviše raspršenih skladišta bila najmanje sposobna pronaći ih (Zhang i sur. 2012), dok je s druge strane kod drugih vrsta primijećeno obrnuto (Zhengyu i sur. 2018). Dodatno, životinje koje skladište hranu ju ponekad moraju i pripremiti kako bi bila pogodna za skladištenje (Vander Wall i Smith 1987).

## **2.5. Bihevioralne i kognitivne karakteristike vrsta te značaj ponašanja za zaštitu vrste**

Kognitivni procesi kao što je percepcija, učenje, memorija i odlučivanje igraju važnu ulogu u odabiru partnera, potrazi za hranom i mnogim drugim ponašanjima. Kognicija uključuje sve načine na koje životinje primaju informacije kroz osjetila, procesuiraju ih i odlučuju o primjerenosti reakciji (Shettleworth 2001). Jedan od pionira istraživanja ponašanja, Tinbergen, je kod objašnjavanja ponašanja stavio naglasak na postavljanje više pitanja u okviru objašnjenja zašto životinja radi to što radi. S jedne strane pitanje zašto može značiti - što ju tjera na to ponašanje, što u iskustvu i genetici te životinje dovodi do takvog ponašanja ili za što je to ponašanje relevantno u kontekstu preživljavanja te kako je evoluiralo (imajući u vidu njegovu sadašnju funkciju) (Shettleworth 2010). Prilikom istraživanja ponašanja se tako istraživač može fokusirati na jedno od tih pitanja s time da je u kontekstu važnosti za preživljavanje najvažnije pitanje funkcije ponašanja („čemu služi ponašanje životinje”) odnosno kako životinji pomaže za preživljavanje u okolišu i socijalnom okruženju (Martin i Bateson 1996). Bihevioralna istraživanja individualnih životinja nam omogućuju da izvodimo zaključke za funkciju koje bi to ponašanje moglo imati. Modeliranjem možemo predvidjeti reakcije životinja na nov, promijenjeni okoliš s obzirom da su izbori koje rade jedinke bazirani na principima kao što je optimizacija, koji se neće mijenjati u promijenjenom okolišu, pa čak i kad se konkretni odabiri životinja promijene (Krebs i Davies 1993).

Ujedno se može pokazati ključnim poznavanje na koji način vrsta odlučuje i ponaša se u novom, nepoznatom okolišu prilikom predviđanja posljedica promjena u okolišu na vrstu. To je moguće kroz postavljanje modela osnovanih na odlukama koje se temelje na ponašanju vrste. Ponašanje je bitno i za prepoznavanje stanišnih karakteristika koje su potrebni ugroženoj vrsti za preživljavanje s obzirom da oni ovise o ponašanju te vrste odnosno o odabiru hrane, veličini teritorija, socijalnom sistemu i ponašanju prilikom razmnožavanja (Sutherland 1998). Istraživanje bihevioralnih karakteristika bi moglo biti potrebno za buduću zaštitu s obzirom na to da su te karakteristike povezane s načinom na koji vrste koristi prostor u prirodi (Sutherland 1998; Berger-Tal i sur. 2011; Semeniuk i sur. 2011).

Razumijevanje ponašanja može dati značajan doprinos zaštiti vrsta. To je jasno kada se gleda zaštita malih populacija od izumiranja, kod velike izolacije vrsta, puštanja životinja u prirodu ili razmnožavanja u zatočeništvu, razmnožavanja općenito, načina prebrojavanja, kontrole korištenja, dizajna minimalnih područja potrebnih za očuvanje vrste i drugo (Sutherland 1998).

Bihevioralna ekologija ima tri ključne domene koje osiguravaju fitness vrsta i zato su relevantne za zaštitu: 1) kretanje i korištenje prostora; 2) hranjenje i ponašanja u odnosu plijena – predatora; 3) socijalna ponašanja i reprodukcija. Ponašanja u tim područjima utječu na preživljavanje i daju informacije o dinamici populacija (Berger-Tal i sur. 2011). Dodatno se može istaknuti da je kod fragmentiranih populacija ključno poznavanje ponašanja kod predviđanja načina rasprostranjenja, pogotovo s obzirom da je fragmentacija staništa jedan od značajnih problema u zaštiti. U slučaju da vrsta nestane iz nekih fragmentiranih područja smanjuje se mogućnost da će izolirani dijelovi biti ponovo kolonizirani te je ključno znati kako se vrsta ponaša kada osvaja nova područja (Sutherland 1998).

### **2.5.1. Uloga zatočeništva u istraživanju ponašanja i zaštiti vrsta**

Imajući u vidu skrovitost vrste, stanište i niske gustoće populacija kod dinarskog voluhara (Kryštufek i sur. 2010) jasno je da nije jednostavno raditi istraživanja ponašanje te vrste u prirodi. Često se i kod drugih vrsta pri istraživanju ponašanja pribjegava držanju u zatočeništvu (Kapusta i sur. 2007; Lobo i sur. 2010) pogotovo u slučaju da se istražuju socijalna ponašanja kroz susrete dvije jedinke (Lobo i sur. 2010), a prati se latencija, frekvencija i trajanje pojedinih ponašanja (Kapusta i sur. 2007). Jednako tako se u pojedinim istraživanjima pribjegava duljem držanju kako bi se izbjegao utjecaj stresa kao posljedica lova, a utjecaj zatočeništva po saznanjima Hansson (1996) nije umanjio pojedine bihevioralne karakteristike kao što je agresija. Slične izazove su drugi istraživači prevladali prilikom istraživanja već spomenutog potencijalnog kompetitora (Kryštufek 2018) i po staništu slične vrste, snježne voluharice, s držanjem životinja u kraćim ili duljim razdobljima u zatočeništvu (Luque-Larena i sur. 2002c; Luque-Larena i sur. 2001; Niederer 2007). Ujedno se važnost istraživanja u zatočeništvu pokazala kod istraživanja odabira hrane i hranjenja kod različitih vrsta (Kamil i sur. 1987). Dodatno istraživanja u zatočeništvu govore i o razlikama u skladištenju, primjerice o skladištenju sjemenki kod tri simpatrijske vrste glodavaca (Zhang i sur. 2012). Istraživanje sa svrhom zaštite vrsta je sigurno jedan od glavnih uloga zooloških vrtova (Hosey i sur. 2010). Bez obzira što kod nekih vrsta nije nađena značajna razlika između tek ulovljenih jedinki i onih držanih u zatočeništvu (Frynta 1994) treba uzeti u obzir da je nemoguće sa sigurnosti tvrditi da držanje u zatočeništvu nema utjecaj na ponašanje (Oosthuizen i sur. 2013; Garner 2005) kao i da bi dodatna istraživanja trebalo raditi i/ili potvrditi u prirodi.

### 3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Ciljevi ovog istraživanja uključuju:

- 1) Određivanje karakteristika staništa bitnih za pojavnost i ponašanje dinarskog voluhara i to kroz:
  - a. povezanost lokaliteta po karakteristikama u prirodnom staništu dinarskog voluhara
  - b. utjecaj tri tipa kompleksnosti prostora i prisutnosti nepoznatog predmeta na ponašanje dinarskog voluhara.
- 2) Karakterizaciju ponašanja dinarskog voluhara u socijalnom kontekstu, kao i reakciju na prisutnost slične vrste te predatorske vrste i to kroz:
  - a. utjecaj prisutnosti mirisa ili jedinke iste vrste, slične vrste glodavca i predatora na ponašanje prilikom osvajanja prostora te utjecaj prethodno kontakta s mirisom prezentirane jedinke
  - b. utjecaj spola i sezone na ponašanje.
- 3) Utvrđivanje konteksta vokalizacije dinarskog voluhara kroz povezivanje s ponašanjima.
- 4) Određivanje kognitivnih karakteristika i izbora kod dinarskog voluhara u različitim kontekstima uključujući odabir hrane za skladištenje i sustav skladištenja hrane u ovisnosti o tipu hrane, postavu i sezoni.
- 5) Upotreba bihevioralnih i kognitivnih karakteristika za praćenje i zaštitu dinarskog voluhara u prirodi.



#### 4. HIPOTEZE

Hipoteza 1: Karakterizacija lokaliteta u prirodi i prisutnost vrsta

Prva hipoteza bila je da dinarski voluhar nastanjuje otvorena staništa s izrazitim krškim elementima i da će se lokaliteti na kojima je dinarski voluhar zabilježen povezati s jednom dominantnom karakteristikom staništa s obzirom na dosadašnju literaturu koja govori o tome (Petrov i Todorović 1982), a da ih neće značajno određivati ostale karakteristike.

Hipoteza 2: Reakcija na kompleksnost okoliša i nepoznati predmet

Druga hipoteza su dinarski voluhari su konzervativna, neofobična vrsta koja će se ponašati „opuštenije” u složenijem postavu s mogućnosti skrivanja u usporedbi s otvorenim prostorima bez skrovišta, slično kao i druge vrste malih sisavaca (Gray i sur. 2000; Genaro i Schmidek 2000; Jensen i sur. 2003). Ujedno da će na prisutnost novog – nepoznatog predmeta reagirati ponašanjem izbjegavanja s obzirom da je njihovo ponašanje već opisivano kao potencijalno neofobno (Malenica 2011).

Hipoteza 3: Reakcija na mirisne oznake i prezentaciju iste, različite slične vrste i predatora

Treća hipoteza bila je da je dinarski voluhar slabo agresivna vrsta koja reducira aktivnost u prisutnosti predatora ili kompetitora. Pretpostavka je bila da reagira na mirise (iste vrste, druge vrste i predatora) pojavljivanjem ponašanja povezanih sa nemirom ili stresom s obzirom da je pronađeno kod drugih vrsta voluhara da nisu tolerantni prema jedinkama iste vrste (Colvin 1973; Cranford i Derting 1983) te da će prema različitoj vrsti potencijalnom kompetitoru (mišu) više oklijevati prilikom ulaska u kontakt. Ujedno je pretpostavka bila da će reakcija dinarskog voluhara na mirisne oznake predatora biti drugačija od ostalih postava s mirisima s obzirom da i druge vrste malih sisavaca u prisutnosti mirisa predatora mijenjaju ponašanje (Spencer i sur. 2014; Cruz 2009), a potpuno i izbjegavati potencijalan kontakt s predatorom. Pretpostavila sam da će, kao i snježne voluharice, pokazati interes prema nedavno označenom, zauzetom teritoriju (Luque-Larena i sur. 2002d) te da će prethodna prezentacija mirisa iste jedinke utjecati na ponašanje pri kontaktu s obzirom na nalaze kod snježne voluharice (Luque-Larena i sur. 2001). Očekivala sam i razlike u ponašanju među spolovima s obzirom da su prisutne kod drugih voluharica uključujući snježne voluharice (Luque-Larena i sur. 2002c) kao i da će mužjaci više označavati teritorij (Hurst 1990a).

#### Hipoteza 4: Odabir i skladištenje hrane

Kod istraživanja odabira hrane za skladištenje te načina skladištenja, hipoteza je bila da će uskladištiti ponuđenu hranu u postojeća skladišta kao i da će koristiti dodatna ponuđena zatvorena skladišta u eksperimentalnom terariju. Naime, dinarski voluhar u prirodi skladišti hranu (Antolović i sur. 2006; Petrov i Todorović 1982), što je potvrđeno kroz držanje u zatočeništvu kao i skladištenje hrane na više mjesta (arhiva Zoološkog vrta grada Zagreba). Hipoteza je bila i da će životinja pokazati sezonske razlike u odabiru i skladištenju hrane te preferenciju prema određenom tipu hrane, odnosno skladištenju jabuke u odnosu na radič.

#### Hipoteza 5: Glasanje dinarskog voluhara i ponašanje

Hipoteza je bila da će se dinarski voluhar najviše glasati pri prezentaciji druge jedinke iste vrste zbog sličnih nalaza za druge vrste malih sisavaca (Matsumoto i Okanoya 2018), odnosno da će glasanje biti povezano s ponašanjima kontakta, a ne s drugim ponašanjima.

#### Hipoteza 6: Sezonalne razlike u aktivnosti

S obzirom da se dinarski voluhar razmnožava sezonalno (Petrov i Todorović 1982) i s obzirom da su sezonalne razlike prisutne i kod drugih vrsta malih sisavaca (Eccard i Herde 2013) pretpostavila sam da će postojati razlike u ponašanju u sezoni parenja u odnosu na van sezone parenja.

#### Hipoteza 7: Primjena bihevioralnih istraživanja na zaštitu vrste

Behavioralne i kognitivne karakteristike vrste mogu se upotrijebiti za monitoring vrste kao i zaštitu vrste.

## 5. MATERIJALI I METODE

### 5.1. Karakterizacija staništa u prirodi – područje istraživanja

Planina Biokovo pripada Dinarskom planinskom gorju, nalazi se na obali Jadranskog mora i ima smjer pružanja SZ-JI. Najviši vrh Biokova Sv. Jure (1762 m) izdiže se iznad krške zaravni na visini od 1300 do 1400 m. Planina se nalazi između rijeka Cetine i Neretve te čini frontu dugu 36 kilometara neposredno uz more sa strmim južnim padinama. Morfologija planinskog reljefa Biokova je složena s egzogenim (ponikve (vrtače), uvale, kamenice i škrape) i endogenim krškim oblicima (jame i špilje). Krška zaravan građena je od jurskih i krednih vapnenaca i dolomita te je intenzivno okršena što se očituje u bogatstvu krških reljefnih oblika: škrapa, vrlo velikih i dubokih ponikava sa strmim padinama i jama. Ujedno je Biokovska jama Amfora trenutno četvrta jama po dubini u Hrvatskoj. Temeljna geološka značajka područja su jurske karbonatne stijene (JU PP Biokovo 2019; Telbisz i sur. 2009; Velić i Velić 2016). Takvi krški oblici čine po literaturi pogodno stanište za dinarskog voluhara (Kryštufek 2018).

Biokovo ima pet geomorfoloških cjelina (Ozimec 2008):

1. Predgorsku stepenicu (Podgorje), obalno flišno područje
2. Primorski strmec (Prigorje), strmu primorsku padinu
3. Vršnu zaravan (mrežasti krš s najvišim vrhovima)
4. Zagorsku padinu (Zagorsko prigorje), kontinentsku biokovsku padinu
5. Rasjede za biokovske udoline, Župsko-rašku i Rastovačko-žeževičku

Kod Biokova se po vegetaciji znatno razlikuju kopnena i morska strana te se proteže u nekoliko vegetacijskih zona. Utjecaj čovjeka je dodatno doprinio raznolikosti biljnih zajednica dok se visinski razlikuju podgorski, prigorski, gorski i planinski pojas. Podgorski pojas je pod utjecajem čovjeka s naseljima i poljoprivrednim površinama, a ima i dio vazdazelenih šuma i šikara s crnikom u nižim dijelovima (do 300 m) i pojas listopadnih šuma i šikara bijelog graba i hrasta medunca u višim dijelovima (do 500 m). Prigorski do 1200 m je obilježen šumama i češće šikarama crnog graba te hrasta medunca s ogoljelim plohama sa stijenama, gromadama i točilima. Gorski pojas (1200 – 1600 m) je zona bukovih šuma što je najrasprostranjenija zona na Biokovu. Pretplaninski s kržljavim bukovim šumama, a planinski iznad 1650 m neznatne površine s malo pokrova (Alegro i sur. 2010). Udio staništa je prikazan u Tablici 5.

Tablica 5. Udio staništa u IPA (botanički važno područje) Biokovo (prikazana samo ona čiji je udio u IPA veći od 1 %) (Alegro i sur. 2010).

<b>NKS naziv</b>	<b>Udio staništa u IPA</b>
Submediteranski i epimediteranski suhi travnjaci	37,2
Primorske, termofilne šume i šikare medunca	31,0
Submediteranski i epimediteranski suhi travnjaci	9,0
Stenomediterranske čiste vazdazelene šume i makija crnike/bušici	5,3
Kamenjarski pašnjaci i suhi travnjaci/primorske termofilne šume i šikare medunca	3,0
Submediteranski i epimediteranski suhi travnjaci/primorske termofilne šume i šikare medunca	2,8
Alpsko – karpatsko – balkanske vapnenačke stijene	2,5
Bušici	2,0
Mozaici kultiviranih površina	1,9
Šume običnog i crnog bora na dolomitima	1,3

U prirodi su od 2013. do 2015. godine istraživani lokaliteti koji su članovi Udruge BIOM odredili za potrebe utvrđivanja stanja populacije u prirodi (Tablica 6. i Slika 14.) u sklopu projekta „Istraživanje i monitoring dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi* (Martino, 1922)) u Parku prirode Biokovo” tako da pokrivaju cijelo područje Parka (Selanec i Budinski 2014; Selanec i sur. 2015). Foto zamke s ciljem utvrđivanja prisutnosti vrste su u tom istraživanju postavljane na mjesta gdje se vrsta vrlo vjerojatno nalazi, a to je krško stanište i stijene s tunelima, pukotinama (Kryštufek 2018) ili gdje su pronađeni tragovi hranjenja. Iako su istraživanjem zabilježene i sve ostale vrste malih sisavaca, za potrebe ovog istraživanja su korišteni podaci samo o dinarskom voluharu. Determinaciju i analizu snimki koja je uključivala određivanje vrsta, bilježenje prisutnosti (doba dana i sezone) su izvršili članovi Udruge BIOM. Snimke koje su korištene za potrebe ovog doktorata su snimljene foto zamkama koje su

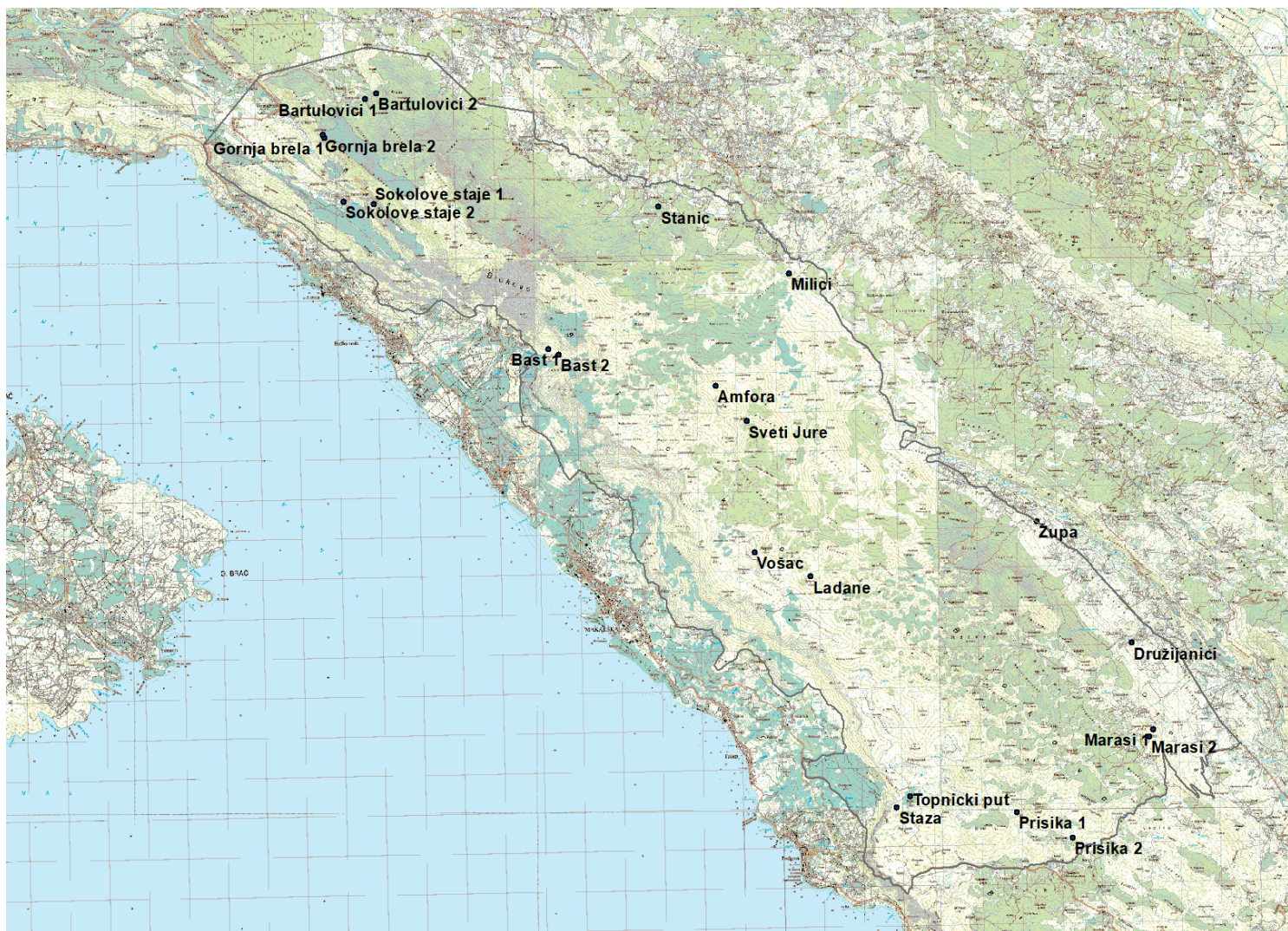
postavljene na proljeće 2013. te zadnje na proljeće 2015. Model foto zamke koji je korišten je Ltl Acorn 5210a s infracrvenim svjetlom te mogućnošću fotografiranja i snimanja, a aktivira se pokretom (Selanec i Budinski 2014). Analizirani dani snimanja su navedeni u Tablici 6., a lokaliteti prikazani na Slici 27.

Tablica 6. Istraživani lokaliteti u Parku prirode Biokovo.

Redni broj	Lokalitet	x	y	Nadmorska visina (m)	Broj analiziranih dana snimanja
1	Bast_1	540466,53	4801836,68	431	84
2	Bast_2	540730,83	4801686,93	559	84
3	Gbrela_1 (Gornja Brela)	534834,17	4807149,88	377	90
4	Gbrela_2 (Gornja Brela)	534787,48	4807222,71	365	90
5	Bartulovići_1	535846,68	4808122,64	369	88
6	Bartulovići_2	536136,46	4808277,42	371	88
7	Sv. Jure (Sveti Jure)	545458,68	4800017,00	1549	69
8	Vošac	545657,25	4796710,59	1275	83
9	Topnički Put	549573,90	4790574,59	926	82
10	Staza	549248,87	4790293,44	593	81
11	Prisika_1	552270,50	4790170,21	880	82
12	Prisika_2	553681,88	4789527,93	786	82
13	Marasi_1	555695,82	4792261,58	771	84
14	Marasi_2	555602,59	4792081,26	739	84
15	Družijanići	555171,92	4794436,82	420	77

Redni broj	Lokalitet	x	y	Nadmorska visina (m)	Broj analiziranih dana snimanja
16	Župa	546527,52	4803736,60	395	27
17	Lađane	547078,23	4796100,09	1412	68
18	Amfora	544679,68	4800905,96	1599	60
19	Milići	546527,52	4803736,60	566	78
20	Stanić	543244,83	4805415,58	432	42
21	Sokolove Staje 1	536062,06	4805476,81	480	42
22	Sokolove Staje 2	535308,21	4805540,37	483	38

Koordinatni Sustav: HTRS96\_Croatia\_TM



Slika 14. Istraživani lokaliteti na Biokovu.

Karakterizacija lokaliteta je bila dio istraživanja. Istraživanjem je pokriveno više različitih tipova staništa i to različitih po slijedećim parametrima: nadmorskoj visini, nagibu, prisutnosti ili odsutnosti vegetacije, ekspoziciji, tipu terena u krugu od 5 m i 50 m (s više ili manje kamenja i škrapa), pokrovnosti vegetacijom u krugu od 5 m i 50 m i količini zemljanog u odnosu na kameni supstrat. Parametri koji su prikupljeni o staništu su prikazani u Tablici 7. Naknadno, za potrebe analize, su pojedinim parametrima pridružene vrijednosti od 1 do 4 u kojem je vrijednost 1 pridružena pojedinom parametru ukoliko je malo prisutan, a vrijednost 4 u slučaju velike zastupljenosti (Tablica 8.).

Tablica 7. Parametri koji su upotrijebljeni za procjenu karakteristika staništa na odabranim lokalitetima za postavljanje foto zamki.

**Naziv lokaliteta, datum**

---

**Slika terena**

---

**Nadmorska visina (m)**

---

**Koordinate**

---

**Ekspozicija** odnosno izloženost suncu

---

**Nagib padine** vertikalni kut kojega čini površina padine s horizontalnom ravninom (Curić i Curić 1999)

---

**Udio tipa terena u krugu od 5 m i od** Ravan teren

**50m od postavljene foto zamke**

---

Povremeno kamenje

---

Puno stijenja

---

Duboke škrape kojima se ne vidi dno

---

**Udio pokrovnosti vegetacijom u** Nisko zeljasto bilje do 15 cm

**ovisnosti o visini i tipu vegetacije u**

---

Visoko zeljasto bilje više od 15 cm



**krugu od 5 m i od 50 m od postavljene foto zamke** Grmlje

---

Stabla

---

**Udio podloge u krugu od 5 m i 50 m od postavljene foto zamke** Zemlja

---

Kamen

---

**Udio tipa vegetacije u krugu od 5 m i od 50 m od postavljene foto zamke** Trave

---

Ostale zeljaste biljke

---

Crnogorica

---

Bjelogorica

---

Paprati

---

Mahovine

---

**Broj nagriženih biljaka**

---

Ukupno

---

1 m udaljenosti od postavljene foto zamke

---

2 m udaljenosti od postavljene foto zamke

---

3 m udaljenosti od postavljene foto zamke

---

4 m udaljenosti od postavljene foto zamke

---

5 m udaljenosti od postavljene foto zamke

---

**Uprljano kamenje** – kamenje na kojem se vidi trag prolaska malih sisavaca

---

**Broj rupa u krugu od 5 m** – rupe među kamenjem ili u zemlji koje su potencijalni ulazi u brloge malih sisavaca kod kojih se ne vidi kraj odnosno dno

---

**Broj prolaza u krugu od 5 m** – prolazi kroz vegetaciju najčešće kroz travu kojima se mali sisavci mogu brzo i nesmetano kretati kroz stanište (ovi prolazi su tipični za voluharice)

---

**Broj skladišta hrane u krugu od 5 m**

---

Za vrijednosti nadmorskih visina je preuzeta klasifikacija relevantna za vegetacijske pojaseve pa su tako klasificirane kako je prikazano u Tablici 8. Ujedno je u istoj tablici prikazana preuzeta klasifikacija inklinacija Međunarodne geografske unije (eng. IGU) (Lozić 1996) s time da su vrijednosti vezane uz ravnije terene izbačene s obzirom da nisu postojali tereni malih inklinacija. Inklinacije, nadmorske visine i pokrovnost (koja je prikupljena u postocima) su, kao i ostali parametri, svedene na raspon vrijednosti od 1 do 4 koji omogućuje analizu prikupljenih podataka izabranom statističkom metodom. Na primjeru nadmorske visine bi to bilo da je ukoliko se radilo o nadmorskoj visini od 150 do 500 m pridodana je vrijednost 1, za 500 do 800 m 2, za 800 do 1100 m 3, za preko 1100 m 4.

Tablica 8. Klasifikacija prikupljenih podataka o nadmorskoj visini, inklinaciji terena i pokrovnosti u kategorije.

<b>Vrijednost</b>	<b>Nadmorska visina (m)</b>	<b>Inklinacija terena</b>	<b>Pokrovnost</b>
1	150 – 500	Nagnuti teren (5 – 12°)	0 – 25 %
2	500 – 800	Jako nagnuti teren (12 – 32°)	26 – 50 %
3	800 – 1100	Vrlo strm (32 – 55°)	51 – 75 %
4	Preko 1100	Strmci (više od 55°)	76 – 100 %

Kao što je navedeno u Tablici 7. bilježeno je i da li su nađene ili nisu nagrižene biljke na udaljenosti (1 – 5 m) od foto-zamke, da li postoji uprljano kamenje ili ne (s tragovima prolaza malih sisavaca), skladišta hrane te prolazi i rupe u krugu od 5 m. Izgled samih lokacija kao i mjesta na kojima su postavljane foto-zamke se može vidjeti na slikama 15., 16., 17. i 18.



Slika 15. Izgled terena, lokalitet Gornja Brela (fotografija Duje Lisičić).



Slika 16. Stanište na kojem su postavljene foto-zamke, lokalitet Sokolove Staje 1 (fotografija Duje Lisičić).



Slika 17. Stanište na kojem su provedena istraživanja, lokalitet Stanić (fotografija Duje Lisičić).



Slika 18. Foto-zamka postavljena na lokalitetu Gornja Brela 1 (fotografija Duje Lisičić).

### **5.1.1. Karakterizacija staništa u prirodi prikupljanje podataka**

Kao što je već spomenuto, za potrebe izrade ovog doktorskog rada preuzeti su već determinirani nalazi dinarskog voluhara (Selanec i Budinski 2014; Selanec i sur. 2015), a odobrenje je dobiveno i od Javne ustanove Park prirode Biokovo. Za pojavnost dinarskog voluhara su prebrojani dani (datum) kada je zabilježen voluhar. Razlikovana je pojavnost tijekom dana od pojavnosti tijekom noći. To je odvajano zbog toga što je u literaturi ulov životinje bio pretežno noću (Kryštufek i sur. 2010) te je pretpostavka da se zbog toga životinja neće znatnije udaljavati od skloništa danju te će dnevni nalaz biti jasnija indikacija blizine skloništa. Dodatno je rađena karakterizacija lokaliteta na kojima su postavljene foto-zamke u prirodi.

## 5.2. Životinje koje su istraživane u zatočeništvu

Za potrebe istraživanja u zatočeništvu su korišteni dinarski voluhari smješteni u Zoološkom vrtu grada Zagreba. Ulovljeni su životinjama u prirodi na području Vrdova. Na Slici 19. se vidi izgled staništa dinarskog voluhara na koji su postavljane životovke, a na Slici 20. dinarski voluhar u životovki. Za istraživanja u zatočeništvu dobivene su potrebne dozvole od Ministarstva zaštite okoliša i prirode (sada Ministarstvo zaštite okoliša i energetike) (UP/I-612-07/12-33/0338).



Slika 19. Vrdovo, stanište dinarskog voluhara (fotografija Duje Lisičić).



Slika 20. Mjesto gdje je postavljena živolovka (fotografija Duje Lisičić).

Razmnožavanjem u zatočeništvu je dobiven minimalni broj životinja za potrebe izrade rada i tako je ukupan broj životinja koje su sudjelovale u istraživanjima bio 16 (8 ženki i 8 mužjaka). Jedna životinja od 16 nije ušla niti u jedan eksperiment pa njeni podaci nisu uključeni u analizu. Korištene su samo spolno zrele odrasle životinje. Nisu sve jedinke bile dijelom svih eksperimenata nego je u ovisnosti o istraživačkom postavu varirao njihov broj, ali minimalan broj životinja u eksperimentu bio je 14. „Zoo Research Guidelines for Statistics” Britanskog i Irskog udruženja zooloških vrtova i akvarija kažu da se samo za uzorke veće od 15 s normalnom distribucijom podataka mogu koristiti parametrijski testovi, ali to često nije slučaj u istraživanjima koja se provode u zoološkim vrtovima (Plowman 2006). Ujedno je Taborsky (2010) analizirao 119 radova 5 vodećih behavioralnih časopisa i uvidio da briga za dobrobit kao i druga ograničenja dovode do malog broja kralješnjaka korištenih u istraživanjima ponašanja u odnosu na beskralješnjake. Ograničenja vezana uz broj jedinki koje su uključene u istraživanja je povezana s istraživanjima endemske (Kryštufek 2018), Zakonom o zaštiti prirode zaštićene vrste kralješnjaka (NN 80/13, 15/18, 14/19) koju nije lagano uloviti u prirodi (osobno priopćenje Duje Lisičić) i solitarnim držanjem s relativno velikim prostornim zahtjevima u usporedbi s laboratorijskim glodavcima slične veličine.

### 5.3. Prostori i uvjeti za držanje životinja

Istraživanja ponašanja u zatočeništvu su započela 2013. godine, dok je glavina istraživanja provedena tijekom 2014. i 2015. godine. Dinarski voluhari su se u Zoološkom vrtu u tom periodu držali isključivo za istraživačke svrhe, što je u skladu s preporukama kako zoološki vrtovi mogu doprinijeti zaštiti (Gippoliti i Amori 2007), pa su stoga i smješteni u zasebnim, odvojenim, prostorijama posebno prilagođenim za održavanje ove vrste.

Uvjeti držanja oponašali su uvjete u prirodi. Tako se promjena sezona simulirala kroz prirodno osvjetljenje, promjenu temperature i vlage. Uz dnevnu svjetlost koja je prodirala kroz prozore i omogućila prirodno osvjetljenje, korišteno je i dodatno osvjetljenje lampama postavljenim da prate duljinu dana. Životinje su prolazile kroz smjenu sezona kao i u prirodi, ali mikroklimatske karakteristike su postavljene uzevši u obzir da vrsta koristi i špiljske prostore, do 70 m dubine (Antolović i sur. 2006) u kojima temperature ne variraju kao na otvorenom. Tako temperatura u nastambama, ovisno o sezoni, nije padala ispod 10°C ili prelazila preko 25°C. Ovisno o potrebi, povremeno su se uključivale i dodatne grijaae lampe. Vlaga je kontinuirano bila između 50 i 60 % kroz proljeće odnosno ljeto a od 70 do 80 % kroz jesen i zimu. Za sezonu parenja odabrani su proljeće i ljeto, a kao period van sezone parenja samo zima što je u skladu s prethodnim podacima o periodu razmnožavanja dinarskih voluhara (Petrov i Todorović 1982).

Svaka životinja je smještena u zasebnom staklenom terariju iste veličine (80 cm x 60 cm x 60 cm) s mrežom na vrhu radi prirodnog prozračivanja. Terariji su postavljeni tako da svaka životinja ima iste uvjete držanja, kako isti ne bi utjecali na ishod eksperimenta (Slika 21.). Sve životinje su držane solitarno. Supstrat se sastojao od šljunka i sterilne stelje. Svaka životinja je imala dostupnu vodu *ad libitum* koja se mijenjala svakodnevno. Hranjenje životinja provodilo se na dnevnoj bazi, pri čemu se glavna hrana sastojala od zeljastih ili lisnatih biljaka te grančica, a kao dodatak su dobivali sjemenke, korijenje, voće, povrće i pelete za herbivore (u skladu s jelovnikom koji je propisan za tu vrstu u Zoološkom vrtu). Životinje nisu hranjene 1 h prije početka eksperimenta, a u slučaju eksperimenata s hranom minimalno do 3 h prije početka eksperimenta. Sve životinje su zbog skladištenja hrane imala ostatke prijašnjeg hranjenja u skladištima s obzirom da imaju skladišta hrane i u prirodi (Antolović i sur. 2006).

Svaki terarij za držanje je imao u kutovima postavljene 4 keramičke posude koje su služile kao skloništa od kojih su jedno životinje najčešće koristile za sklonište, dva za skladištenje hrane (Slika 21. i 22.) i jedno za vršenje nužde. Neke jedinke su vršile defekaciju na otvorenom i u posude za vodu pa su u tom slučaju imale ponuđeno dvije posude za vodu kako bi uvijek imale



čistu vodu za piće. Keramičke posude su bile namještene tako da svaka životinja u svom terariju ima bliže i dalje skladište hrane, u odnosu na ulaz u sam terarij. Materijal koji su životinje imale na raspolaganju za izgradnju gnijezda je suha trava. Nastambe su imale kamenje i grane drveća iz njihovog prirodnog staništa zbog toga što optimalni uvjeti držanja životinja uključuju obogaćen okoliš sličan prirodnom (Hosey i sur. 2010; Fàbregas i sur., 2012). Dodatni razlog za to su istraživanja ponašanja životinja u zatočeništvu koja su pokazala da obogaćivanje okoliša ne utječe na povećanje varijabilnosti u ponašanju životinja prilikom istraživanja ponašanja (Wolfer i sur. 2004).



Slika 21. Terarij u kojem se drže životinje u prostorijama Zoološkog vrta grada Zagreba (arhiva Zoološkog vrta grada Zagreba).



Slika 22. Mladi dinarski voluhar snimljen u Zoološkom vrtu grada Zagreba kako izlazi iz skladišta hrane (arhiva Zoološkog vrta grada Zagreba).

#### 5.4. Generalni istraživački postav u zatočeništvu

Svi eksperimentalni terariji su bili identične veličine i oblika kao i terarij za držanje da bi se izbjegao element novog za životinje u eksperimentu. Dno terarija bilo je pokriveno jednakom piljevinom i pločicama. Svaki eksperimentalni terarij je na vrhu imao kameru. Korištene su 540TVL (iCATCH) kamere povezane sa snimačem za video nadzor, 8-kanalnim IP68 (HDVision).

Terariji u kojima su životinje držane su od eksperimentalnog terarija bili odvojeni samo kliznim vratima koja su podizali istraživači (Slika 23.) na samom početku eksperimenata, označujući tako njegov početak, i zatvarali na kraju, označujući tako njegov kraj. Između eksperimentalnog terarija i matičnog terarija bila je postavljena vizualna barijera koja je priječila da životinja vidi sam eksperimentalni postav prije ulaska u eksperiment (na Slici 23. nije postavljena barijera).



Slika 23. Ulazak životinje iz terarija za držanje u eksperimentalni terarij (arhiva Zoološkog vrta grada Zagreba).

Rukovanje s životinjama je svedeno na minimum i nitko nije bio prisutan u prostoriji tijekom eksperimenta. Jedini dodir sa životinjama bio je tijekom istraživanja reakcije dinarskog voluhara na prisutnost iste i drugih vrsta, kada je za postav istraživačkog postava bilo potrebno premjestiti pojedinu životinju u manji terarij koji je tada, zajedno sa životinjom u njemu, bio

prezentiran jedinci čije je ponašanje istraživano. Naime, istraživanja koja omogućuju životinji da se povuče u sigurnost terarija u kojem se drži potencijalno daju točnije rezultate s obzirom da daju stvarniju sliku i umanjuju stresom inducirane promjene u ponašanju (Frynta 1994; Pisula i sur. 2012).

Preliminarnim istraživanjima dnevno-noćnog ciklusa aktivnosti je ustanovljeno da su životinje aktivnije noću odnosno da su najdulji periodi aktivnosti oko sumraka i zore što se poklapalo s literaturnim navodima da je 85 % svih ulova bilo tijekom noći (Kryštufek i sur. 2010). Zbog toga su ispitivanja ponašanja pokretana 20 minuta nakon zalaska sunca. Redoslijed prezentacije pojedinih postava unutar istraživanja u određenoj kategoriji odabran je nasumično, programom Research Randomizer (Urbaniak i Plous 2013).

Procedura čišćenja terarija nakon svakog eksperimenta uključivala je pranje pločica i kamenja ukoliko je bilo u postavu, plastičnog terarija u kojem je prezentirana životinja kao i stakla od terarija sa 70 % etanolom kako bi se uklonili svi mirisi (Luque-Larena i sur. 2002d) i uklanjanje piljevine. Prije čišćenja su detaljno pregledane pločice i kamenje kako bi se prebrojale i zabilježile mirisne oznake koje su ostavile životinje koje su bile u eksperimentu. Prebrojavane su jedino oznake vidljive golom oku. Ujedno je praćeno da li je životinja mirisnom oznakom prekrila oznaku koju je postavljena prilikom postava istraživanja. Eksperimenti u kojima je prezentirana jedinka iste ili druge vrste su vršeni s 3 dana razmaka kako bi se izbjegao utjecaj jednog eksperimenta na druge po uzoru na Luque-Larena i sur. 2002c.

#### **5.4.1. Postav za istraživanje ponašanja u prostorima različite kompleksnosti**

Kroz postav prostora različite kompleksnosti istraživane su razlike u ponašanju dinarskih voluhara u ovisnosti o kompleksnosti prostora. Ta istraživanja su uključivala 3 eksperimentalna postava. Najjednostavniji postav oponašao je otvoreni prostor dok je najsloženiji postav uključivao kamenje posloženo na način da tvori hodnike i prolaze koji životinji omogućuju skrivanje prilikom istraživanja prostora.

Preliminarne analize nisu pokazale da su sva ponašanja bitna (vidi Prilog 1.) za mjerenje razlika među postavima. Sužen je broj faktora na one koje možemo uspoređivati, tako što se u krajnjoj analizi uzeli u obzir samo parametri koji su udovoljavali kriterijima za analizu. Kriterij izbacivanja pojedinih faktora je bio korelacija s drugim faktorima odnosno od visoko koreliranih faktora odabran je većinom samo jedan. Ujedno su izbačena ponašanja koja su se pojavila tek nekoliko puta pa je njihova vrijednost za većinu postava bila nula.

#### **Postavi osvajanja prostora različite kompleksnosti bili su:**

Postav 1 (Slika 24.) bio je otvoreni prostor bez prepreka i samo s jednim centralno postavljenim kamenom.

Postav 2 bio je otvoreni prostor, s preprekama točnije kamenjem u terariju, ali bez mogućnosti sakrivanja (Slika 25.). Kamenje nije postavljeno tako da pokrije cijelu površinu terarija, ali je omogućilo životinji da se kreće po kamenju.

Postav 3 je bio najkompleksniji postav sa kamenjem koje osim što pokriva većinu površine terarija (Slika 26.) ujedno stvara tunelu slične strukture od jednog kraja terarija na drugu što je životinjama omogućilo da budu u zaklonu svo vrijeme boravka u terariju.

S obzirom da su postavi 1 i 2 ujedno bili kontrolni postavi za eksperimentalne postave 4 i n (objašnjenje postava 4 je u poglavlju 5.4.3., a objašnjenje postava n u poglavlju 5.4.2.) bilo je nužno ponoviti ih ako životinja nije ušla iz prvog pokušaja, ali nikada nisu ponavljani više od dva puta. Ukoliko životinja nije ušla nakon drugog ponavljanja to se smatralo rezultatom, odnosno nije bilo daljnjih ponavljanja. Po završetku eksperimenta ujedno su brojane oznake koje je životinja ostavila u eksperimentalnom terariju.



Slika 24. Postav 1 snimljen kamerom koja je snimala za vrijeme trajanja eksperimenta.



Slika 25. Postav 2 snimljen kamerom koja je snimala za vrijeme trajanja eksperimenta.



Slika 26. Postav 3 snimljen kamerom koja je snimala za vrijeme trajanja eksperimenta.

#### **5.4.2. Postav za istraživanje reakcija na mirise iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora**

Istraživanja reakcije na mirise iste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora su provedena kako bi se dobili podaci o socijalnosti, odnosno teritorijalnosti vrste te prepoznavanju mogućih uljeza ili opasnosti u staništu. Označavanje je služilo kako bi se vidjela promjena u reakciji na potencijalno zauzeti teritorij.

Miris je bio pripremljen miješanjem fecesa prezentirane životinje sa 2 ml destilirane vode kako bi se mogao aplicirati sa štapićem za uši na nasumično odabrana 3 kamena. Odabir kamena za označavanje proveden je uz pomoć programa Research Randomizer (Urbaniak i Plous 2013). Na isti način je označeno kamenje u eksperimentima u kojima se istraživala reakcija na prisutnost vrste u slučaju da se radilo o eksperimentu u kojem je prethodno prezentiran miris pa onda sama jedinka čiji je miris prezentiran te odabir hrane i skladištenje u slučaju da se istraživalo kako mirisom označen terarij utječe na skladištenje.

### **Za reakciju jedinki na mirise postavljeni su slijedeći postavi:**

Postav 4 je bio postavljen kao postav 2 i predstavlja otvoreni prostor, s preprekama točnije kamenjem u terariju, ali bez mogućnosti sakrivanja. Kamenje nije postavljeno tako da pokrije cijeli pod terarija, nego da omogući životinji da se kreće po kamenju. Mirisni signali bili su postavljeni na tri nasumično odabrana kamena. Postav 2 (za opis postava pogledati poglavlje 5.4.1.) predstavljao je kontrolni postav za postav 4.

Postav 4 a, postav 4 s mirisnim signalima jedinke iste vrste i spola

Postav 4 b, postav 4 s mirisnim signalima jedinke iste vrste različitog spola

Postav 4 c, postav 4 s mirisnim signalima mužjaka slične vrste – miša (*Mus musculus*)

Postav 4 d, postav 4 s mirisnim signalima predatora – poskoka (*Vipera amodytes*)

Po isteku eksperimenta brojano je koliko puta je životinja urinom označila eksperimentalni terarij odnosno broj mirisnih oznaka.

#### **5.4.3. Postav za istraživanje ponašanja prilikom prezentacije novog (nepoznatog) predmeta**

Postavom 5 se istraživala reakcija životinje na potpuno nov i nepoznat predmet s kojim se nije ranije susrela. Zbog lakšeg razumijevanja postav 5 je imenovan postavom n (novi predmet) i u daljnjem tekstu će biti naveden kao postav n.

Postav n je postavljen kao postav 1, a predstavljao je otvoreni prostor bez prepreka (Slika 27.) i samo s jednim centralno postavljenim 4 cm dugačkim komadom gume umjesto kamena (postav 1 mu je kontrolni postav).

Kao i kod ostalih eksperimenata, eksperimentalni terarij je po završetku eksperimenta pregledavan kako bi se zabilježile oznake urina.





Slika 27. Postav n snimljen kamerom koja je snimala za vrijeme trajanja eksperimenta

#### **5.4.4. Postav za istraživanje reakcije na prisutnost iste, različite slične vrste i svlaka predatora**

Mjerenje reakcije na prisutnost drugih jedinki iste, različite slične vrste i svlaka predatora rađeno je kroz 4 različita postava, svaki s dvije varijacije. Istraživanja reakcije na prisutnost su se kao i istraživanja reakcije na mirise radila kako bi se dobili podaci o socijalnosti odnosno teritorijalnosti vrste te prepoznavanju mogućih uljeza ili opasnosti u staništu.

Svim životinjama su prezentirani mužjak i ženka iste vrste, sa ili bez prethodne prezentacije mirisa, mužjak miša kao slične vrste, sa ili bez prethodne prezentacije mirisa, svlak poskoka sa ili bez prethodne prezentacije mirisa poskoka. Svlak poskoka je prezentiran umjesto žive životinje zbog dobrobiti životinja u eksperimentu, odnosno potencijalno prevelikog stresa koji bi prezentiranje žive životinje moglo uzrokovati. U slučaju prethodne prezentacije mirisa, miris je uzet od same jedinke koja je prezentirana te je jedinki u eksperimentu puštena da istraži eksperimentalni terarij s tim mirisom u trajanju od 15 minuta. Nakon toga je uslijedio kontakt s životinjom na 10 minuta. Životinjama nije bio omogućen direktan kontakt, već je prezentirana životinja u eksperimentalnom terariju bila zatvorena u žičanom kavezu, kako bi se u slučaju agresije izbjeglo ozljeđivanje. Miris je pripreman na već spomenut način (pogledati poglavlje 5.4.3.) te također stavljan na kamenje koje se nalazilo ispred kaveza u kojem je bila prezentirana

životinja. Ukoliko bi istraživana životinja odbila ući u postavljeni terarij za ispitivanja vezana uz reakciju na istu i druge vrste, eksperimenti nisu ponavljani nego se ne ulazak jedinke koja je istraživana smatrao rezultatom. Svim jedinkama je prije sudjelovanja u eksperimentu na 12 h prezentiran kavez za prezentaciju druge jedinke (Slika 28.) no bez mirisa i druge jedinke u kavezu. Životinje su istraživale terarij bez same životinje. Svrha takve prezentacije terarija bilo je privikavanje na njega kako bi se iz reakcije na drugu jedinku isključio element kontakta s novim nepoznatim predmetom odnosno stresna reakcija povezana s tim.



Slika 28. Životinja u privikavanju na pomoćni terarij korišten sa svrhom prezentiranja druge jedinke iste ili druge vrste (arhiva Zoološkog vrta Grada Zagreba)

Postav 6 a bio je otvoreni prostor s kamenjem, u terariju, ali bez mogućnosti sakrivanja. Kamenje nije postavljeno tako da pokrije cijeli pod terarija nego da omogući životinji da se kreće po kamenju do terarija u kojem je prezentirana životinja istog spola iste vrste (prethodno je prezentiran ili nije prezentiran miris te iste životinje). Terarij s prezentiranom životinjom je bio postavljen na najdaljem mogućem dijelu terarija u odnosu na ulaz u terarij (Slika 29.).

Postav 6 b je bio istovjetan postavu 6 a s razlikom da je prezentirana životinja različitog spola iste vrste (prethodno je prezentiran ili nije prezentiran miris te iste jedinke).



Slika 29. Postav 6 snimljen kamerom koja je snimala za vrijeme trajanja eksperimenta

Postav 6 c je bio istovjetan postavu 6 a s razlikom da je prezentirana životinja slične vrste, odnosno glodavca – potencijalnog kompetitora – mužjaka miša (prethodno je prezentiran ili nije prezentiran miris te iste jedinke).

Postav 6 d je bio istovjetan postavu 6 a s razlikom da je prezentiran svlak poskoka – predator (prethodno je prezentiran ili nije prezentiran miris poskoka).

Po isteku eksperimenta brojano je koliko puta je životinja urinom označila eksperimentalni terarij odnosno broj mirisnih oznaka.

#### 5.4.5. Postav za istraživanje izbora hrane i skladištenja

Kroz ove postavke je istraživana izbor dinarskog voluhara u odnosu na dva tipa hrane za skladištenje. Dodatno je istraživana način skladištenja hrane ponuđene van matičnog terarija odnosno u eksperimentalnom terariju sa i bez mirisnih oznaka iste vrste, druge vrste potencijalnog kompetitora i predatora. Funkcija mirisa bila je da se istraži utjecaj potencijalno zauzetog teritorija na skladištenje kao i utjecaj mirisa predatora na skladištenje. Tako su u slučaju istraživanja izbora i skladištenja hrane postojala dva osnovna i 3 dodatna postava. Životinjama su u postavu raznovrsne hrane ponuđena dva tipa hrane – radič i jabuka te se istraživao odabir u skladištenju između ta dva tipa hrane dok je kod istovrsnog postava izabrana samo jabuka, i to jednom ponuđena bliže odnosno dalje od matičnog terarija. Za odabir u kojim će eksperimentima biti postavljene mirisne oznake korišten je Research Randomizer program po istom principu kao i s ostalim eksperimentima s mirisima. Miris je bio pripremljen na način opisan u poglavlju 5.4.3. Oznake su bile postavljene na rubove keramičkih pločica na podlozi terarija. Treba napomenuti da su životinje svo vrijeme eksperimenta imale i svoju hranu u skladištima, ostalu od prošlog hranjenja, no i da, kao što je već napomenuto, nisu dobile novu hranu 3 h prije eksperimenta.

Postav 7 je bio postav istovrsne hrane, a predstavljao je otvoreni prostor, s postavljena dva nova skladišta identična onima koje koristi životinja u terariju za držanje. Istovrsna hrana je u istoj količini postavljena na dva mjesta na otvorenom. U dijagonalno suprotnim kutovima terarija je postavljena hrpica od 100 g jabuke nasjeckanih na komadiće podjednake veličine (kao što je vidljivo na Slici 30.).

Postav 7 a je bio postav istovrsne hrane s mirisom mužjaka iste vrste, postav 7 b s mirisom miša, postav 7 c s mirisom poskoka.

Postav 8 je postav raznovrsne hrane a predstavlja otvoreni prostor s postavljena dva nova skladišta identična onima koje koristi životinja u terariju za držanje, s mogućnosti skladištenja hrane. Raznovrsna hrana u istoj količini je postavljena na dva mjesta na otvorenom, na jednakoj udaljenosti od izlaza. Postavljene su dvije hrpice svaka sa jednim tipom hrane, od po 100 g radiča i 100 g jabuke nasjeckanih na komadiće podjednake veličine (kao što je vidljivo na Slici 31.).

Postav 8 a je bio postav raznovrsne hrane s mirisom mužjaka iste vrste, postav 8 b mirisom miša, postav 8 c mirisom poskoka.

Priprema hrane se sastojala od sjeckanja jabuke i radiča te vaganja nasjeckanih komadića i postavljanja u eksperimentalni terarij. Za vaganje korištena digitalna vaga Kern PCB 1000-2 sa razlučljivošću do 0,01 g. Za analizu skladišta provedena je skica svih mjesta na kojima je životinja skladištila hranu te je terarij podijeljen na dvije polovice, polovicu bližu izlazu i polovicu dalju od izlaza iz terarija. Ujedno je bilježeno da li se radi o skladištima koja su na otvorenom (vanjska skladišta) ili pod kamenom odnosno u keramičkoj posudi (unutarnja skladišta). Tako je praćen broj i sastav unutarnjih skladišta bližih izlazu (UBI), vanjskih skladišta bližih izlazu (VBI), unutarnjih skladišta daljih od izlaza (UDI) i vanjskih skladišta daljih od izlaza (VDI). Za mjerenje količine pojedene hrane oduzeta je težina ukupne ostale i uskladištene hrane od ukupno postavljene u eksperimentu umanjene za količinu vode koju je hrana izgubila sušenjem.



Slika 30. Postav 7, prezentirana istovrsna hrana u eksperimentalnom terariju, bijelom strelicom je označeno mjesto na kojem je životinja ulazila u eksperimentalni terarij, tip hrane kao i pozicija napisani su na slici. Keramička skladišta su postavljena u uglove terarija. Postav je snimljen kamerom koja je snimala za vrijeme trajanja eksperimenta.



Slika 31. Postav 8, prezentirana raznovrsna hrana u eksperimentalnom terariju, bijelom strelicom je označeno mjesto na kojem je životinja ulazila u eksperimentalni terarij, tip hrane kao i pozicija napisani na samoj slici. Keramička skladišta su postavljena u uglove terarija. Postav je snimljen kamerom koja je snimala za vrijeme trajanja eksperimenta

### 5.5. Trajanja eksperimenata

Trajanje eksperimenata bilo je ovisno o postavu. U slučaju osvajanja novog prostora sa i bez dodanih mirisa trajanje eksperimenta bilo je jedan sat. U slučaju prezentiranja novog predmeta eksperiment je trajao 30 minuta, a eksperimenti u kojima je proučavana reakcija na jedinke iste ili drugih vrsta su trajali ukupno 25 minuta (15 minuta prezentacije mirisa i 10 minuta kontakta s drugom jedinkom ili u slučaju predatora svlakom od predatora). Za razliku od prije navedenih, eksperimenti s hranom su trajali sve dok životinja nije iznijela posljednji komadić hrane, a ukoliko se to nije dogodilo, snimanje je prekidano nakon 12 h. S obzirom na to da se pratio isključivo odabir hrane i skladištenje po iznošenju zadnjeg komadića hrane eksperiment je zaustavljen. Snimanje ultrazvučnog glasanja spojenog s ponašanjima je trajalo različito od 10 minuta u postavu kontakta (svo trajanje eksperimenta) do 30 minuta u postavima osvajanja novog prostora i postavima s prezentiranim mirisima.

## 5.6. Analiza videa prilikom istraživanja u zatočeništvu

S obzirom na način snimanja korištene kamere, snimke životinja su morale biti prvo konvertirane od .irf u .avi format s Irftoolom. Nakon toga su s Any video converter programom 10-minutni isječci spajani do punog trajanja eksperimenta.

Za praćenje i kodiranje ponašanja korišten je Solomon Coder beta 15.03.15 (Péter 2012). Prije analize ponašanja bilo je potrebno ponašanja svrstati u kategorije koje se ili dešavaju u isto vrijeme ili se međusobno isključuju pa se ne mogu dešavati u isto vrijeme. Za kodiranje ponašanja korišten je etogram dinarskih voluhara u zatočeništvu (Malenica 2011) uz prilagodbu kroz preliminarno promatranje (Martin i Bateson 1996) te su odabrana specifična ponašanja od interesa za provedbu istraživanja. Dodano je ponašanje kopanja, koje prije toga nije primijećeno, kao i ponašanja koja su vezana uz interakciju s predmetima te ponašanja vezana uz kontakt s jedinkama iste i drugih vrsta. Ponašanja su odabrana vezana uz osvajanje prostora, reakciju na novi predmet, mirise te prezentaciju jedinki iste i drugih vrsta. Sveukupno su kodirana 44 ponašanja od kojih se nisu sva pokazala relevantnima za mjerenje razlika u ponašanju. Ponašanja relevantna za postave i svrstana u kategorije su opisana u Prilogu 1. Podaci su bilježeni kontinuirano (Martin i Bateson 1996) i u skladu s minimalnim vremenskim okvirom zadanim programom a to je 0,2 s za jedno ponašanje. Početak eksperimenata je označen s tipkom: „set zero point” u Solomon Coderu. Ukupno vrijeme koje je životinja provela van eksperimenta izračunato je oduzimanjem ukupnog vremena koje je životinja provela u terariju (u bližoj, daljoj polovici i u penjanju na mrežu) od ukupnog vremena trajanja eksperimenta.

## 5.7. Povezivanje glasanja s ponašanjem u zatočeništvu

Analiza glasanja se nadovezala na istraživanje kojim su identificirana i tipizirana primarno ultrazvučna glasanja dinarkog voluhara u ovisnosti o različitim uvjetima okoliša (Kovač 2016). Zvuk je sniman mikrofonom UltraMic 250K podešenim na srednju osjetljivost primanja zvuka koji je USB kabelom povezan s prijenosnim računalom. Mikrofon je postavljen na žičanu mrežu terarija, a sam istraživački terarij i rešetka terarija s gornje strane su obložene stiroporom za izolaciju zvuka. Program SeaWave 2.0 je snimao zvuk. Analizirani postavi su prikazani u Tablici 9.

Tablica 9. Postavi kod kojih je istraživano glasanje dinarskog voluhara.

Postav	Broj snimaka	Trajanje snimaka / min	Ukupno trajanje snimaka po tipovima postava
Osvajanje prostora	1	30	30
Mužjak na miris ženke	1	30	120
Mužjak na miris mužjaka	1	30	
Mužjak na miris miša	1	30	
Ženka na miris miša	1	30	
Mužjak – ženka kontakt	1	10	30
Ženka – ženka kontakt	1	10	
Mužjak – miš kontakt	1	10	

Za potrebe ovog istraživanja preklapljeni su obrasci kodiranog ponašanja iz Solomon Coder-a s ultrazvučnim glasanjem zabilježenim u prethodnom istraživanju (Kovač 2016). S obzirom da je zabilježeno glasanje moglo biti rezultat ponašanja koje mu je prethodilo kao i ponašanja koje je uslijedilo nakon, u obzir su uzeta i korelirana s vokalizacijom ponašanja 2 sekunde prije početka vokalizacije kao i 2 sekunde po završetku zabilježene vokalizacije. S obzirom da se ne radi o apsolutnim brojkama prikazan je samo udio pojedinog glasanja po ponašanju u odnosu



na ukupno analizirano glasanje u kontekstu ponašanja. U istraživanju su korištene samo snimke koje su se mogle preklopiti s mjerenim ponašanjima. Analizirano je preklapanje signala s pojedinačnim ponašanjima, no ne i pojedinačnim tipom signala. Ujedno je u programu Excell analiziran udio pojedinih tipova glasanja u ukupno zabilježenom glasanju kao i u odnosu ukupno trajanje snimki s obzirom da su postojale značajne razlike u količini snimljenog te s obzirom na to i analiziranog materijala.

## 5.8. Statistička analiza podataka

### **Statistička analiza podataka prikupljenih istraživanjem karakteristika staništa u prirodi**

Za statističku analizu podataka za karakterizaciju staništa u prirodi je upotrijebljena analiza korespondencije (eng. *Correspondence Analyses*) u programu XLSTAT te prikazana grafički. U model su uvršteni parametri staništa koji su u preliminarnoj analizi imali opterećenje na os vrijednosti veće od 0,2. Prisutnost je analizirana uz pomoć programa Excel na već determiniranim snimkama (Selanec i Budinski 2014 i Selanec i sur. 2015) i povezana s karakteristikama staništa u prirodi.

### **Statistička analiza podataka prikupljenih istraživanjem u zatočeništvu**

Frekvencije ponašanja su broj pojavljivanja određenog ponašanja odnosno ukupan broj pojava određenog ponašanja, trajanja su vrijeme unutar kojeg se određeno ponašanje događa odnosno na razini eksperimenta ukupno vrijeme unutar kojeg se određeno ponašanje događa, a latencija vrijeme od početka eksperimenta do prve pojave pojedinog ponašanja (Martin i Bateson 1996). Trajanja, frekvencije i latencije ponašanja su analizirani zasebno s obzirom da nisu međusobno usporedivi.

Analizirane su posebno razlike u reakciji životinja prilikom istraživanja prostora različite kompleksnosti, reakcije na mirise (uključujući kontrolni postav). Prve analize podataka prilikom istraživanja prostora različite kompleksnosti kao i reakcije na mirise istraživane su tijekom izrade diplomskog rada upotrebom jednostavnih neparametrijskih analiza (Vidatić 2015), a u ovom radu je provedena analiza glavnih komponenata. Analiza ponašanja životinja prilikom kontakta s hranom je istražena kroz diplomski rad Ivić (2016), a izbor hrane za hranjenje i skladištenje u okviru ovog rada. Ultrazvučna glasanja su zabilježena u različitom kontekstu i tipizirana kroz diplomski rad Kovač (2016), a u okviru ovog rada povezana s ponašanjima. Posebno je istražena i reakcija na prezentaciju novog predmeta, kontakt s istom, sličnom vrstom i predatorom.

Osnovne analize videa su provedene uz pomoć Solomon Coder programa (frekvencije, trajanje i latenciju do prvog pojavljivanja ponašanja). Podaci su analizirani s programima Excel, Statistica 8, Primer 6. U analize su uzete samo životinje koje su ušle u eksperimentalne terarije, no ukoliko životinja nije ušla to se također smatralo rezultatom. U eksperimentima osvajanja prostora različite kompleksnosti, reakcije na mirise i u eksperimentima prezentacije novog predmeta da bi se kompenziralo vrijeme koje su životinje provele u matičnom u odnosu na eksperimentalni terarij, frekvencije i trajanja ponašanja su podijeljene sa ukupnim vremenom boravka u eksperimentalnom terariju (u sekundama). Tako su iskazane frekvencije kao broj ponašanja (s) podijeljeno s ukupnim vremenom boravka (s) u eksperimentalnom terariju, a trajanje kao udio vremena odnosno duljinu pojedinog ponašanja (s) podijeljenju s ukupnim vremenom (s) u terariju. Prilikom analize reakcija na kontakt s jedinkom iste, različite slične i predatora analiza je provedena sa frekvencijama i trajanjima pojedinih ponašanja za cjelokupno trajanje eksperimenta neovisno o tome jesu li životinje povremeno ušle nazad u matični terarij odnosno nisu bile vidljive.

U programu Statistica 8 testirana je značajnost razlika među uzorcima ( $p < 0,05$ ) upotrebom neparametrijskih neovisnih analiza. Za analize je korišten Mann-Whitney U test i Kruskal-Wallis test, a rezultati su prikazivani grafički uz pomoć Box-Whisker Plot grafa i to primarno grafovi u kojima je pronađena statistička značajnost ( $p < 0,05$ ). Dodatno je korišten i Fisher's Exact test, gdje je značajnost prijavljena u slučaju da je  $p < 0,05$ . Za usporedbu razlika u skladištenju u ovisnosti o postavu je korišten T test, a rezultati su prikazivani grafički uz pomoć Box-Whisker Plot grafa i to samo grafovi u kojima je pronađena statistička značajnost ( $p < 0,05$ ).

U programu Primer je provedena analiza glavnih komponenata odnosno PCA (eng. *Principal Component Analysis*). Po Kaiser-Guttmanovom kriteriju zadržane su osi sa svojstvenim vrijednostima  $> 1$ , kao i one koje kumulativno objašnjavaju oko 70 % varijance ili više. Prethodna obrada podataka uključivala je normalizaciju (Clarke i Gorley 2015). Nakon analize glavnih komponenata (PCA) dodatno su rezultati provjereni na komponentim bodovima neparametrijskim neovisnim Mann-Whitney U testom i Kruskal-Wallis testom za dokazivanje značajnosti.

**U eksperimentima osvajanja odnosno istraživanja prostora različite kompleksnosti i prezentacije mirisa analizirani su neovisno:**

1. frekvencije pojedinih ponašanja i broj oznaka urinom kojima je jedinka označila eksperimentalni terarij
2. trajanje ponašanja, točnije razlike u udjelu pojedinih tipova ponašanja u eksperimentu
3. latencije do pojedinih ponašanja.

Ujedno je kod osvajanja odnosno istraživanja prostora različite kompleksnosti mjeren broj pokušaja prije prvog ulaska u eksperimentalni terarij.

**U eksperimentima prezentacije novog predmeta analizirane su neovisno:**

1. frekvencije pojedinih ponašanja
2. trajanje ponašanja, točnije razlike u udjelu pojedinih tipova ponašanja u eksperimentu
3. razlika između životinja koje su ušle u odnosu na one koje nisu ušle u eksperiment.

**Prilikom analize reakcija na kontakt s jedinkom iste, različite slične i predatora analizirane su neovisno:**

1. frekvencije ponašanja i broj oznaka urinom kojima je jedinka označila eksperimentalni terarij
2. trajanje ponašanja točnije razlike u udjelu pojedinih tipova ponašanja u eksperimentu
3. latencije do pojedinih ponašanja.

Dodatno su u ovim postavima rezultati provjereni na svakom pojedinačnom ponašanju (Kruskal-Wallis testom) kako bi se utvrdilo da li je postav predatora taj kod kojeg je različito ponašanje životinje.

**Prilikom analize izbora i skladištenja hrane analizirane su neovisno:**

1. razlike u količini uskladištene hrane ovisno o tipu skladišta i tipu hrane
2. količina pojedene hrane ovisno o tipu hrane.

## 6. REZULTATI

### 6.1. Karakterizacija lokaliteta u prirodi na kojima je provedeno istraživanje

Nisu se svi mjereni parametri pokazali relevantnima za grupiranje lokaliteta. Analiza korespondencije koja je provedena samo s relevantnim parametrima je po karakteristikama grupirala pojedine lokalitete (Slika 32.). Ukupni udio inercije objašnjen s dvjema dimenzijama od ukupno 10 u kojima se nalaze rezultati, iznosi 74,49 %, a ostali parametri su opisani u tablicama 10., 11. i 12. Vrijednost inercije je 0,26.

Tako su se lokaliteti grupirali po karakteristikama u tri osnovne skupine:

1. *lokaliteti s travom i uravnanjima* u krugu od 5 odnosno 50 m od postavljene foto zamke, većom količinom viših zeljastih biljaka od 15 cm (Sv. Jure, Lađane, Marasi 2, Vošac)
2. *lokaliteti s dominantnim škrapama* odnosno lokaliteti koje karakteriziraju jedino dominantne duboke škrape na kojima se ne vidi dno u radijusu od 5 i 50 m (Sokolove staje 1 i 2, Bartulovići 1 i 2 i Gornja Brela 2)
3. *lokaliteti s većim nagibom i puno stijenja* u radijusu od 5 i 50 m od postavljene foto zamke (Bast 1 i 2, Gornja Brela 1, Stanić, Topnički put, Staza, Milići).

Dok se ostali lokaliteti nisu jasno grupirali prema tim karakteristikama kao što je i vidljivo na Slici 32.

Tablica 10. Težina, udaljenost i kvadratna udaljenost, inercija i relativna inercija (redovi) po istraživanim lokalitetima.

	Težina (relativna)	Udaljenost	Kvadratna udaljenost	Inercija	Relativna Inercija
Bast 1	0,043	0,357	0,127	0,00552	0,027
Bast 2	0,043	0,337	0,113	0,00491	0,024
Gornja Brela 1	0,047	0,342	0,117	0,00547	0,026
Gornja Brela 2	0,049	0,468	0,219	0,01072	0,052
Bartuolvići 1	0,041	0,405	0,164	0,00673	0,032
Bartuolvići 2	0,043	0,457	0,208	0,00903	0,044
Sv. Jure	0,042	0,864	0,746	0,03146	0,152
Vošac	0,048	0,547	0,299	0,01434	0,069
Topnički Put	0,044	0,449	0,202	0,00897	0,043
Staza	0,043	0,409	0,167	0,00725	0,035
Prisika 1	0,048	0,375	0,140	0,00673	0,032
Prisika 2	0,052	0,458	0,210	0,01101	0,053
Marasi 1	0,044	0,371	0,137	0,00611	0,029
Marasi 2	0,043	0,439	0,192	0,00834	0,040
Družijanići	0,048	0,488	0,239	0,01143	0,055
Župa	0,042	0,482	0,233	0,00981	0,047
Lađane	0,042	0,424	0,180	0,00760	0,037
Amfora	0,048	0,361	0,130	0,00625	0,030
Milići	0,050	0,368	0,135	0,00680	0,033
Stanić	0,054	0,457	0,209	0,01120	0,054
Sokolove Staje1	0,040	0,456	0,208	0,00831	0,040
Sokolove Staje2	0,043	0,472	0,223	0,00967	0,047

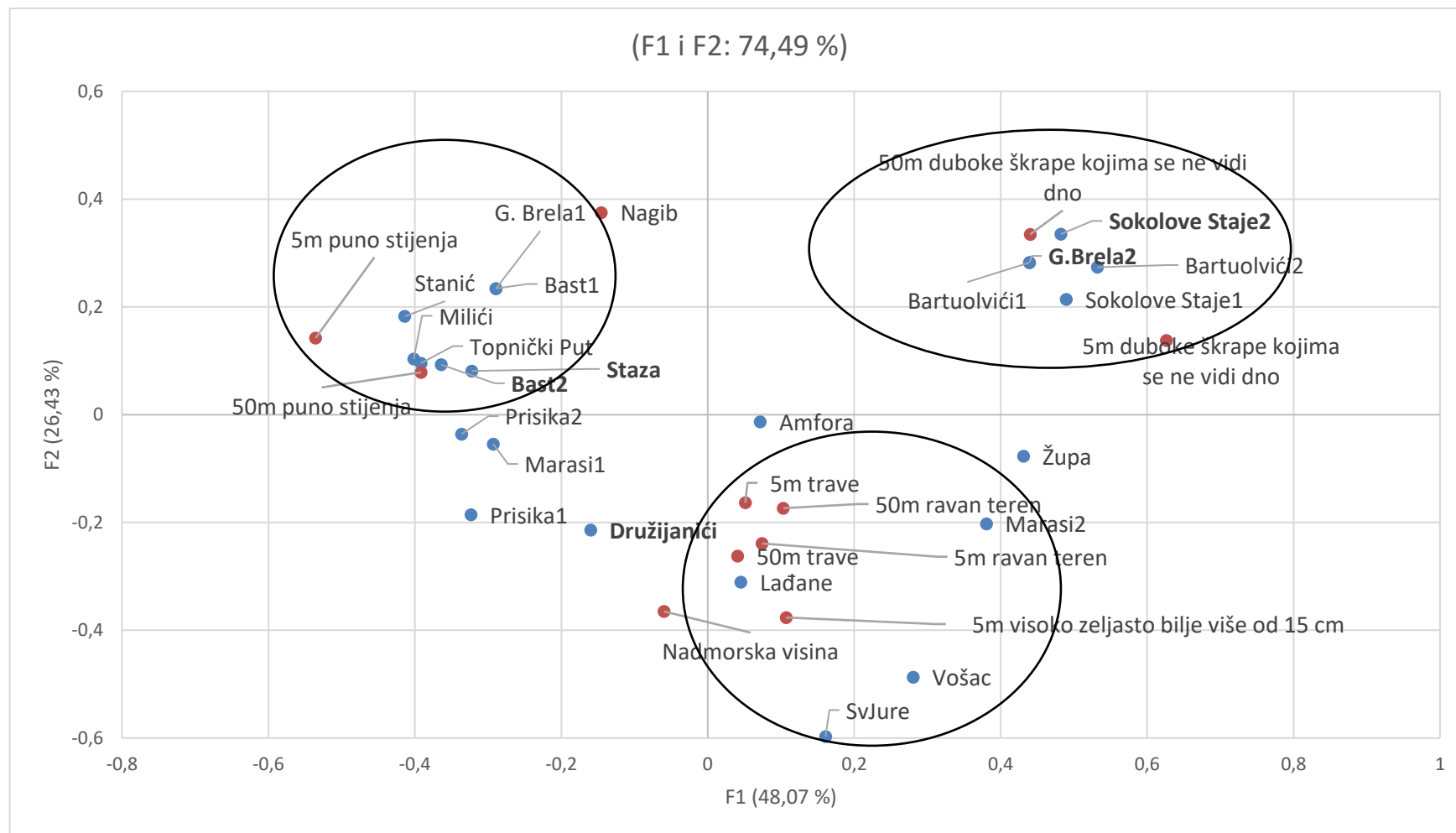
Tablica 11. Vrijednosti doprinosa redova dimenzijama F1 i F2 po istraživanim lokalitetima.

Doprinosa	Težina (relativna)	F1	F2
Bast 1	0,045	0,031	0,036
Bast 2	0,045	0,048	0,006
Gornja Brela 1	0,045	0,031	0,036
Gornja Brela 2	0,043	0,067	0,050
Bartuolvići 1	0,043	0,067	0,050
Bartuolvići 2	0,043	0,098	0,047
Sv. Jure	0,059	0,012	0,312
Vošac	0,050	0,032	0,174
Topnički Put	0,052	0,065	0,007
Staza	0,043	0,036	0,004
Prisika 1	0,045	0,038	0,023
Prisika 2	0,045	0,041	0,001
Marasi 1	0,043	0,030	0,002
Marasi 2	0,040	0,047	0,024
Družijanići	0,040	0,008	0,027
Župa	0,038	0,057	0,003
Lađane	0,045	0,001	0,064
Amfora	0,057	0,002	0,000
Milići	0,048	0,062	0,007
Stanić	0,045	0,063	0,022
Sokolove Staje 1	0,040	0,078	0,027
Sokolove Staje 2	0,045	0,085	0,075

Tablica 12. Vrijednosti doprinosa kolumni dimenzijama F1 i F2 po mjerenim karakteristikama staništa.

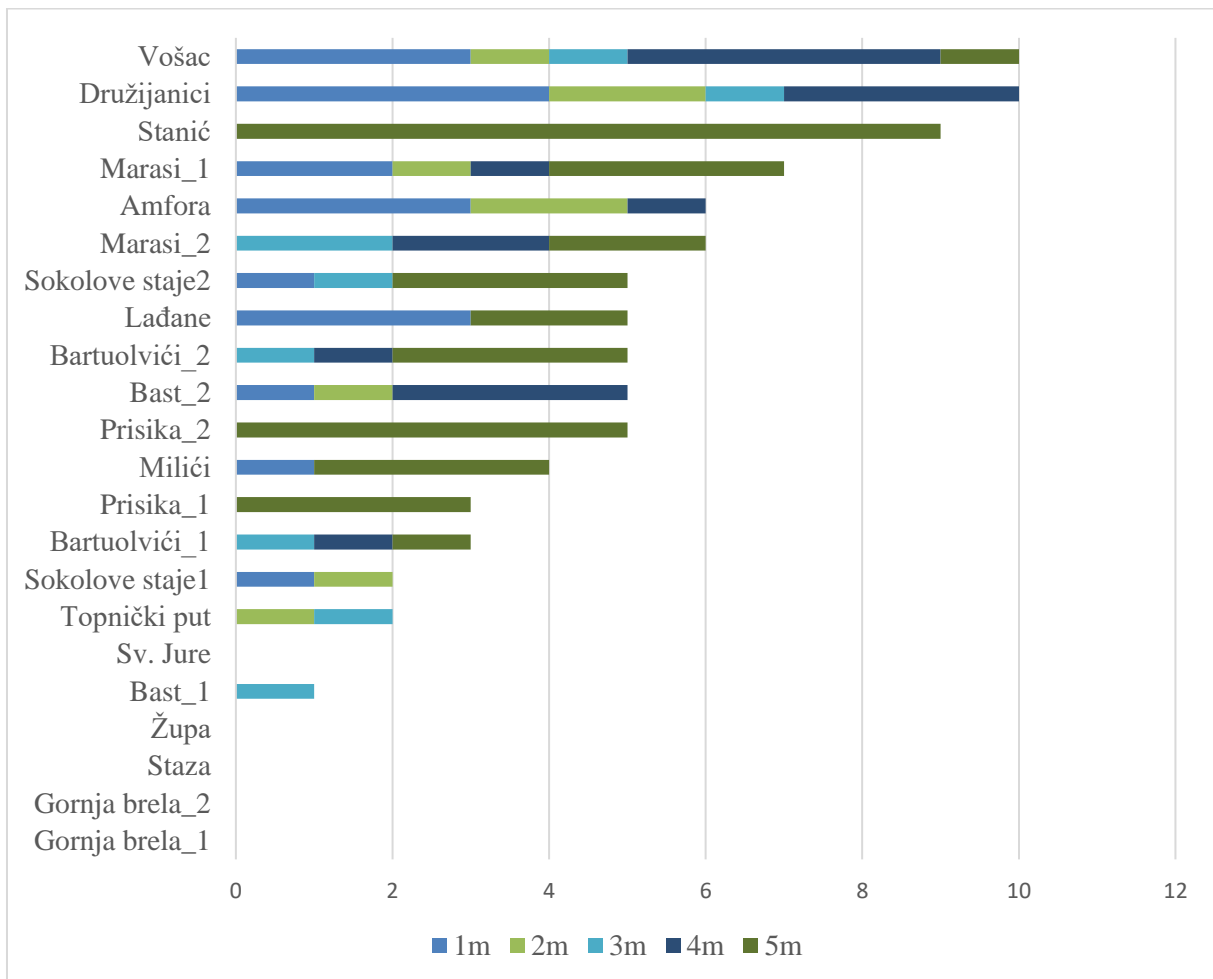
Doprinos	Relativna težina	F1	F2
Nadmorska visina (m)	0,105	0,003	0,205
Nagib	0,116	0,020	0,241
Ravan teren (unutar 5 m od foto zamke)	0,059	0,003	0,050
Puno stijenja (unutar 5 m od foto zamke)	0,131	0,304	0,039
Duboke škrape kojima se ne vidi dno (unutar 5 m od foto zamke)	0,116	0,370	0,033
Ravan teren (unutar 50 m od foto zamke)	0,062	0,005	0,027
Puno stijenja (unutar 50 m od foto zamke)	0,114	0,142	0,010
Duboke škrape kojima se ne vidi dno (unutar 50m od foto zamke)	0,093	0,145	0,153
Visoko zeljasto bilje više od 15 cm (unutar 5 m od foto zamke)	0,067	0,006	0,139
Trave (unutar 5 m od foto zamke)	0,059	0,001	0,023
Trave (unutar 50 m od foto zamke)	0,078	0,001	0,079



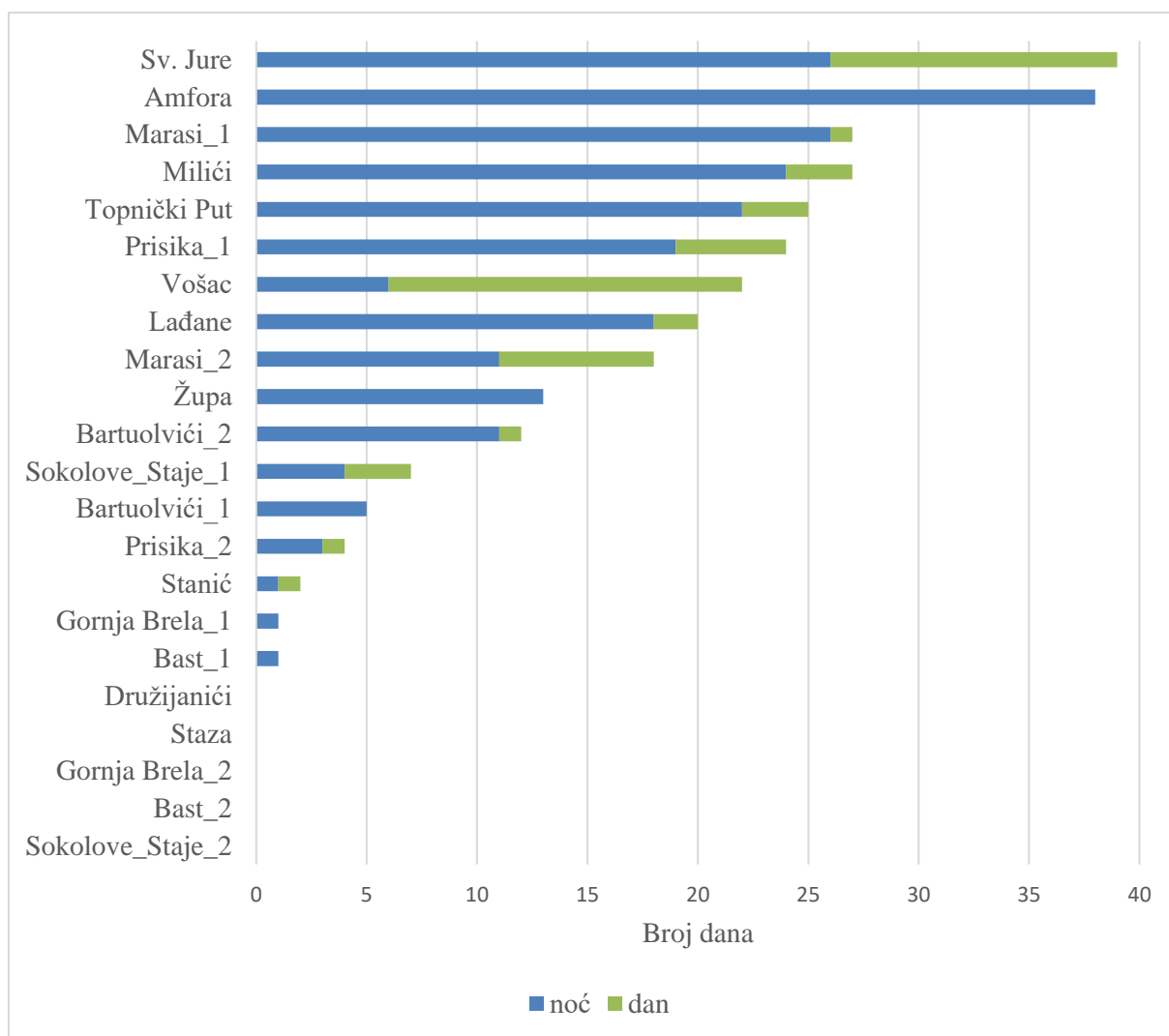


Slika 32. Prikaz analize korespondencije na biplotu, plave točke predstavljaju lokalitete a crvene točke mjerene parametre. Podebljano su označeni lokaliteti bez nalaza, a elipsom zaokružene grupe lokaliteta 1, 2 i 3.

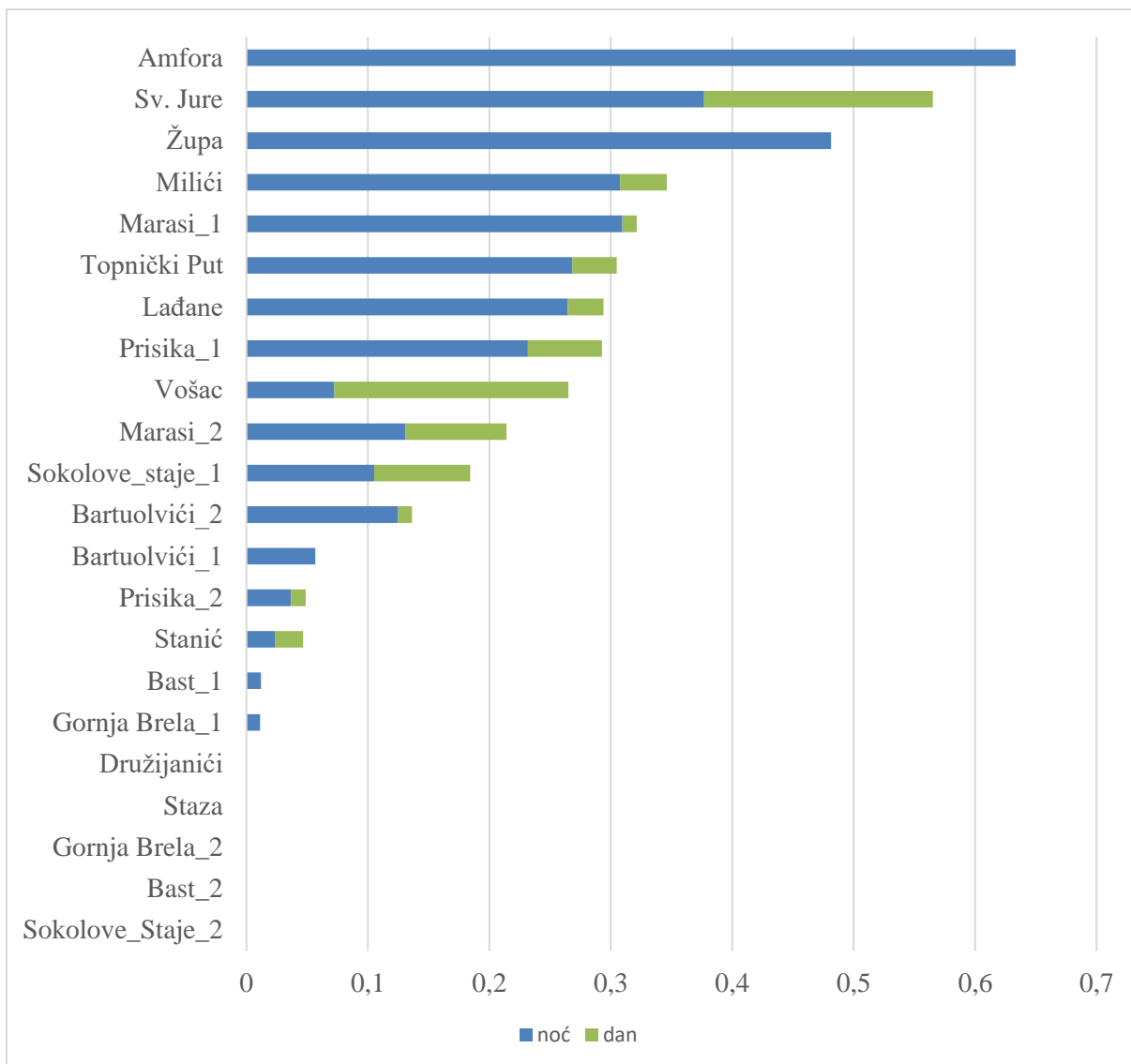
Rupe i prolazi su nađeni na slijedećim lokalitetima: na lokalitetu Sv. Jure je pronađeno 6, Vošac 9, Amfora 4. Na lokalitetu Družijanići su pronađene 2 rupe, ali ne i prolazi. Na nekim lokalitetima nije pronađena niti jedna grižena biljka, dok na drugima broj griženih biljaka iznosi od jedne do deset s tim da varira u ovisnosti koliko daleko su nađeni od mjesta postavljanja foto zamke (Slika 33.). Broj dana s nalazima dinarskog voluhara po lokalitetima varira od jednog do 39 ujedno te u ovisnosti o tome da li su zabilježeni tijekom dnevnog ili noćnog ciklusa dana (Slika 34.). Jednako se tako na Slici 35. može vidjeti koliki je udio tih nalaza u odnosu na ukupan broj dana postavljenih kamera. Skladište hrane je utvrđeno samo na jednom lokalitetu, Amfori.



Slika 33. Broj griženih biljaka po istraživanim lokalitetima u radijusima od 1 – 5 m.



Slika 34. Broj dana s nalazom po istraživanim lokalitetima (tamno sivo su označeni noćni nalazi, a svijetlo sivo dnevni nalazi).



Slika 35. Udio nalaza s obzirom na lovni napor po istraživanim lokalitetima (tamno sivo su označeni noćni nalazi, a svijetlosivo dnevni nalazi).

## **6.2. Rezultati osvajanja novog prostora različite kompleksnosti**

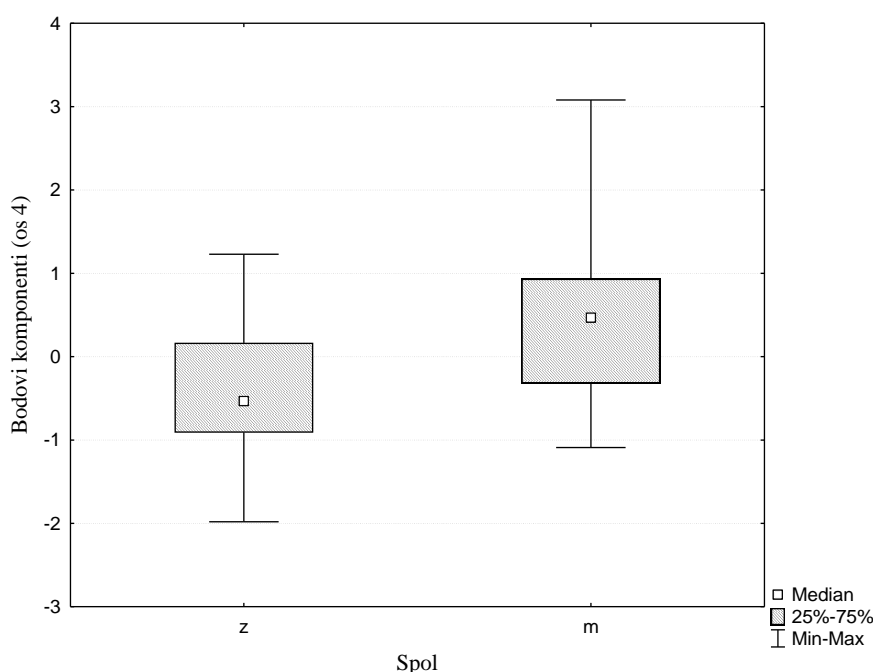
Od 14 dinarskih voluhara koji su sudjelovali u eksperimentu osvajanja prostora (10 u sezoni parenja i 4 van sezone parenja), 11 je ušlo u postav 1, 12 u postav 2, a svi su ušli u postav 3 (za opise postava 1, 2, 3 pogledati poglavlje 5.4.1.). Analizirano je 37 eksperimenata, odnosno sve životinje koje su ušle u eksperimentalni terarij u jednom od triju pokušaja su uključene u analize.

### **6.2.1. Utjecaj spola na ponašanje pri osvajanju prostora različite kompleksnosti**

Mann-Whitney U test nije pokazao razlike među spolovima u latenciji do prvog provirivanja, ulaska na bližu polovicu ili dalju polovicu ( $p > 0,05$ ). Provedena je analiza glavnih komponenata s frekvencijama ponašanja pri čemu su po Kaiser-Guttmanovom kriteriju zadržane tri osi koje zajedno objašnjavaju 69,8 % varijance. Izračunati su bodovi (eng. *scores*) komponenti i proveden je Mann-Whitney U test za svaku os međutim nisu nađene značajne razlike u odnosu na spolove. Provedena je analiza glavnih komponenata i s trajanjima ponašanja u istraživanju novog prostora različite kompleksnosti te su zadržane četiri osi koje objašnjavaju 83,8 % varijance (Tablica 13.). Dodatno Mann-Whitney U test je pokazao značajnu razliku između spolova pri analizi bodova komponenti samo za os 4 ( $U = 90$ ,  $p = 0,015$ ), a razlike su prikazane na Slici 36.

Tablica 13. Svojsstvene vrijednosti i varijanca te povezanost bihevioralnih varijabli s glavnim komponentama u PCA analizi razlika u trajanjima ponašanja u reakciji na prostor različite kompleksnosti u sezoni parenja (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1., T ispred varijable označava trajanje, a vrijednosti veće od 0,4 su označene podebljano).

	PC1	PC2	PC3	PC4
Svojsstvene vrijednosti	2,39	1,88	1,35	1,08
Kum.% Varijanca	29,9	53,4	70,3	83,8
T-Dalja polovica	<b>-0,475</b>	0,142	0,206	<b>-0,425</b>
T-Virenje	-0,132	<b>-0,436</b>	-0,004	<b>0,699</b>
T-Mreža	<b>0,547</b>	-0,121	0,163	-0,376
T-Propinjanje	-0,361	-0,183	<b>0,589</b>	0,059
T-B0	-0,110	<b>0,548</b>	<b>0,418</b>	0,198
T-Kretanje	<b>-0,525</b>	-0,109	-0,334	-0,224



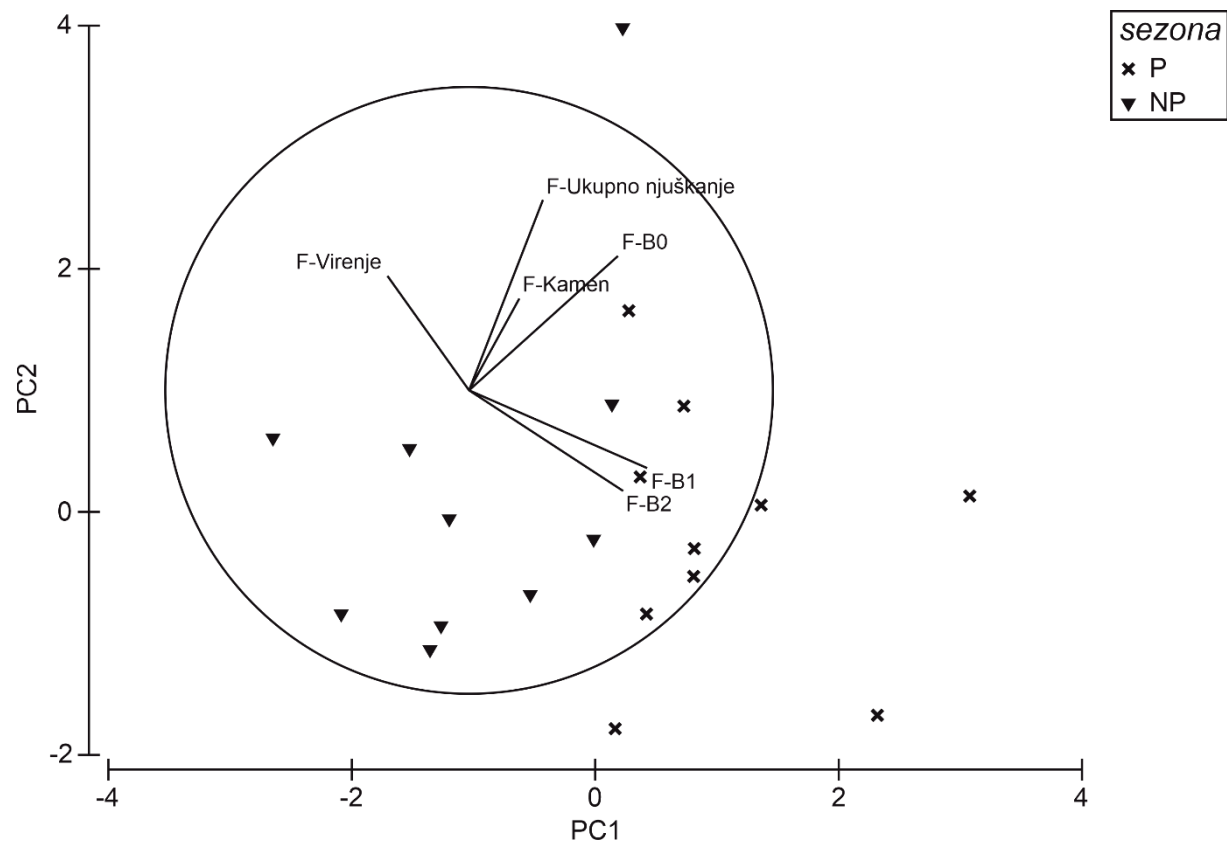
Slika 36. Razlike u odnosu na spolove za os 4 prilikom analize bodova PCA (z – ženske, m – mužjaci).

### 6.2.2. Utjecaj sezone na ponašanje pri osvajanju prostora različite kompleksnosti

S obzirom da su u zimskoj sezoni testirane samo ženke, analiza razlika među sezonama je provedena samo na ženkama. Provedena je analiza glavnih komponenata s frekvencijama ponašanja u različito kompleksnom novom okolišu (postav 1, 2, 3) pri čemu su po Kaiser-Guttmanovom kriteriju zadržane tri osi koje objašnjavaju 79,4 % varijance (Tablica 14.). Također je na grafu prikazano grupiranje po sezonama u odnosu na prve dvije osi što je vidljivo na Slici 37. Izračunati su bodovi komponenti i proveden je Mann-Whitney U test koji je pokazao da postoje značajne razlike za os 1 u odnosu na sezone ( $U = 1$ ,  $p < 0,001$ ) (Slika 38.). Najveće opterećenje povezano na os 1 su imale frekvencije brzina kretanja.

Kada uspoređujemo latencije do prvog ulaska u eksperimentalni terarij između sezona nisu pronađene značajne razlike ( $p > 0,05$ ).

Analiza glavnih komponenata je provedena i sa trajanjima ponašanja te su zadržane tri osi koji objašnjavaju 75,9 % varijance. Izračunati su bodovi komponenti i proveden je Mann-Whitney U test koji nije pokazao značajne razlike po sezonama ( $p > 0,05$ ). S druge strane, Mann-Whitney U test je pokazao značajno veći broj pokušaja prije ulaska životinja u eksperimentalni terarij izvan sezone parenja u odnosu na sezonu parenja ( $U = 73$ ,  $p = 0,034$ ).

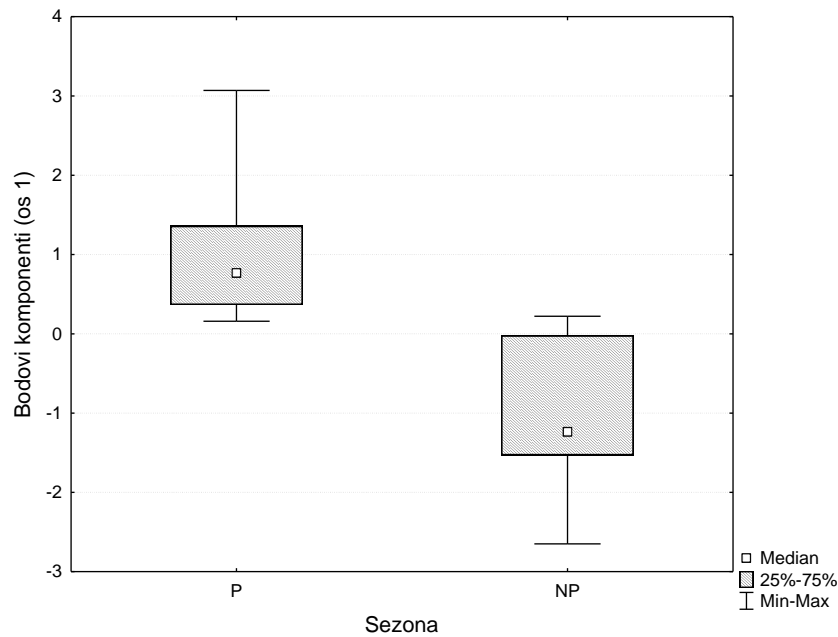


Slika 37. Prikaz PCA analize po sezonama (sezona parenja – P, van sezone parenja – NP) gdje su varijable frekvencije ponašanja ženki u reakciji na novi prostor različite kompleksnosti. Varijable koje doprinose najviše svakoj komponenti su pokazane s linijama koje govore o smjeru povezanosti (za karakterizaciju bihevioralnih varijabli pogledati Prilog 1. F ispred bihevioralnih varijabli označava frekvenciju).



Tablica 14. Svojstvene vrijednosti i varijanca te povezanost bihevioralnih varijabli s glavnim komponentama u PCA analizi sezonalnih razlika u frekvencijama ponašanja ženki u reakciji na prostor različite kompleksnosti (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1., F ispred varijable označava frekvenciju, a koeficijenti opterećenja s vrijednosti većom od 0,4 su označeni podebljano).

	PC1	PC2	PC3
Svojstvene vrijednosti	1,99	1,65	1,29
Kum.% varijance	32,1	58,6	79,4
F-Virenje	-0,269	0,377	<b>-0,573</b>
F-Kamen	0,121	0,303	<b>-0,624</b>
F-B0	<b>0,490</b>	<b>0,443</b>	0,346
F-B1	<b>0,586</b>	-0,256	-0,153
F-B2	<b>0,507</b>	-0,332	-0,336
F-Ukupno njuškanje	0,243	<b>0,628</b>	0,161



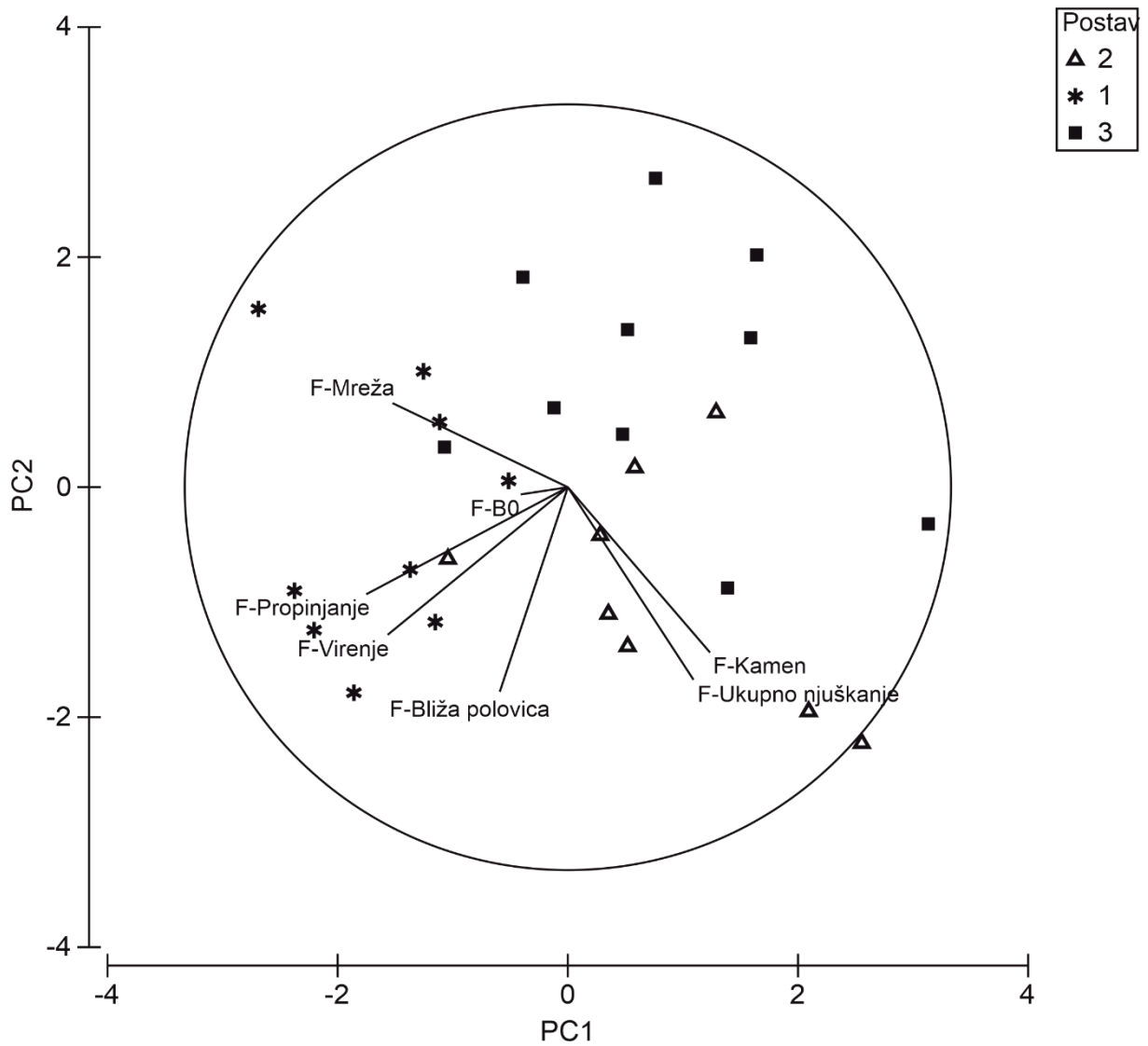
Slika 38. Prikaz razlika među bodovima komponenti PCA analize s obzirom na sezonu po osi 1 (P – sezona parenja, NP – van sezone parenja).

### 6.2.3. Utjecaj kompleksnosti prostora na osvajanje novog prostora

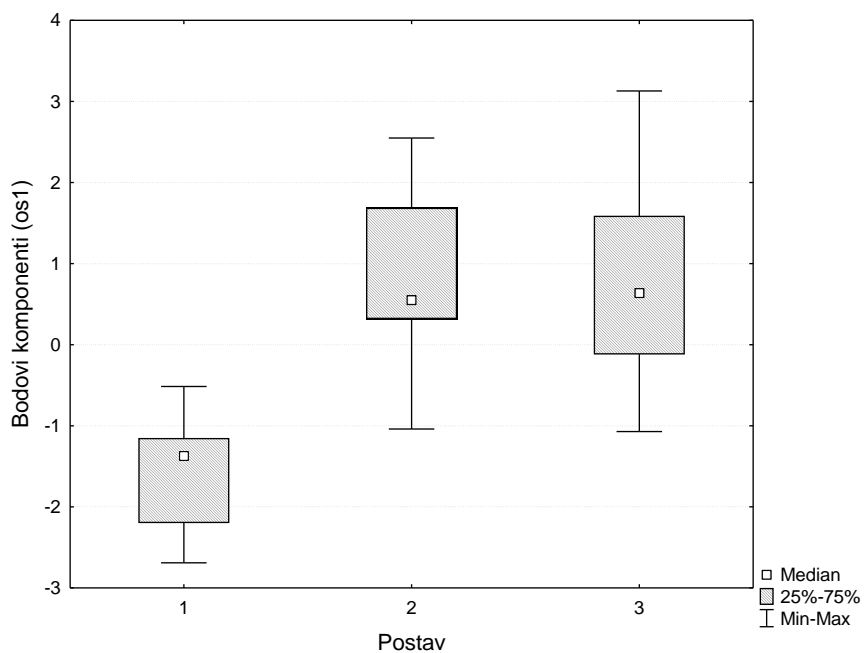
S obzirom da su nađene sezonalne, ali ne i razlike među spolovima u frekvencijama ponašanja za vrijeme istraživanja prostora različite kompleksnosti, provela sam analizu glavnih komponenata za oba spola u sezoni parenja pri čemu su po Kaiser-Guttmanovom kriteriju zadržane tri osi koje objašnjavaju 74,7 % varijance. Na grafu je vidljivo grupiranje Postava 1, 2 i 3 (Slika 39.). Frekvencije koje pokazuju značajno negativno ili pozitivno opterećenje na osi 1, 2 i 3 su pokazane u Tablici 15. Izračunati su bodovi komponenti i proveden je Kruskal-Wallis test koji je pokazao značajne razlike među postavima za sve tri osi (os 1  $H(2) = 16,513$ ,  $p = 0,003$ ; os 2  $H(2) = 9,184$ ,  $p = 0,01$ ; os 3  $H(2) = 6,339$ ,  $p = 0,42$ ) (Slika 40., 41. i 42.).

Tablica 15. Svojstvene vrijednosti i varijanca te povezanost bihevioralnih varijabli s glavnim komponentama u PCA analizi razlika u frekvencijama ponašanja u reakciji na prostor različite kompleksnosti u sezoni parenja (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1., F ispred varijable označava frekvenciju, a vrijednosti veće od 0,4 su označene podebljano).

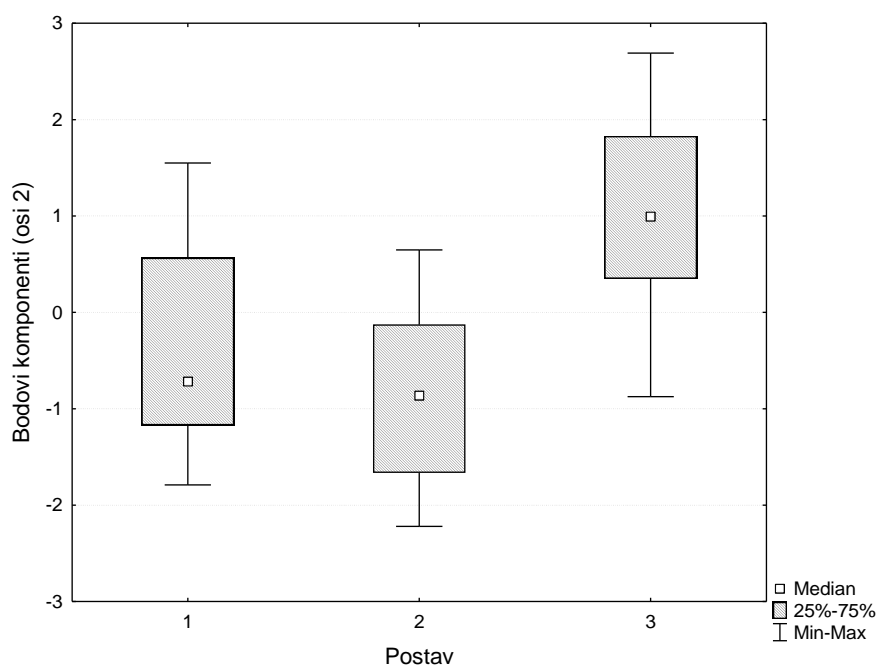
	PC1	PC2	PC3
Svojstvene vrijednosti	2,36	1,69	1,18
Kum.% varijance	33,6	57,8	74,7
F-Bliža polovica	-0,178	<b>-0,534</b>	<b>-0,400</b>
F-Virenje	<b>-0,470</b>	-0,385	0,005
F-Mreža	<b>-0,458</b>	0,220	0,024
F-Kamen	0,371	<b>-0,432</b>	0,242
F-Propinjanje	<b>-0,527</b>	-0,280	0,147
F-B0	-0,123	-0,019	<b>0,864</b>
F-Ukupno njuškanje	0,328	<b>-0,503</b>	0,111



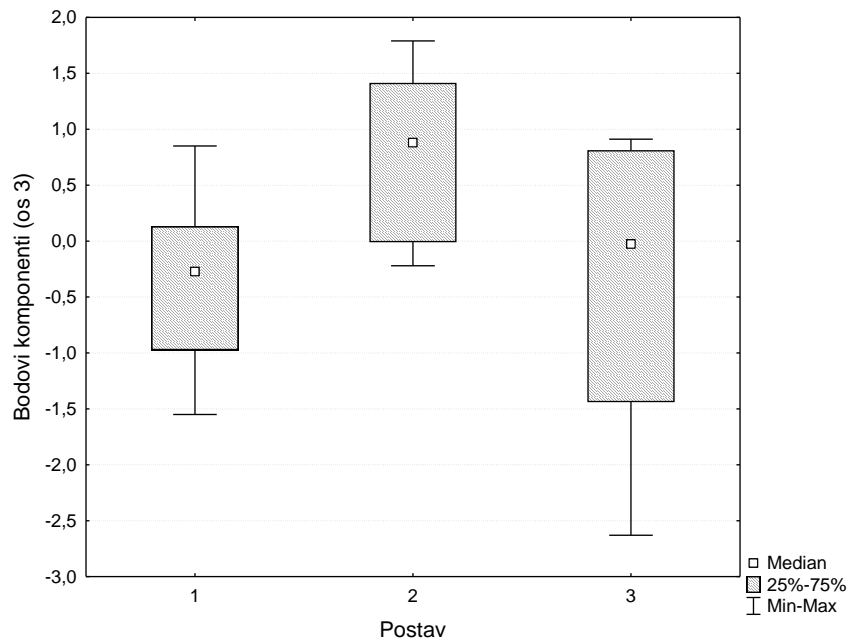
Slika 39. Prikaz PCA analize prilikom istraživanja prostora različite kompleksnosti Postava 1, 2 i 3 u sezoni parenja gdje su varijable frekvencije ponašanja. Varijable koje doprinose komponentama su prikazane s linijama i ukazuju na smjer veze i jačinu varijable (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1., F ispred varijable označava frekvenciju).



Slika 40. Prikaz razlika među bodovima komponenti PCA analize između postava 1, 2 i 3 po osi 1.



Slika 41. Prikaz razlika među bodovima komponenti PCA analize između postava 1, 2 i 3 po osi 2.

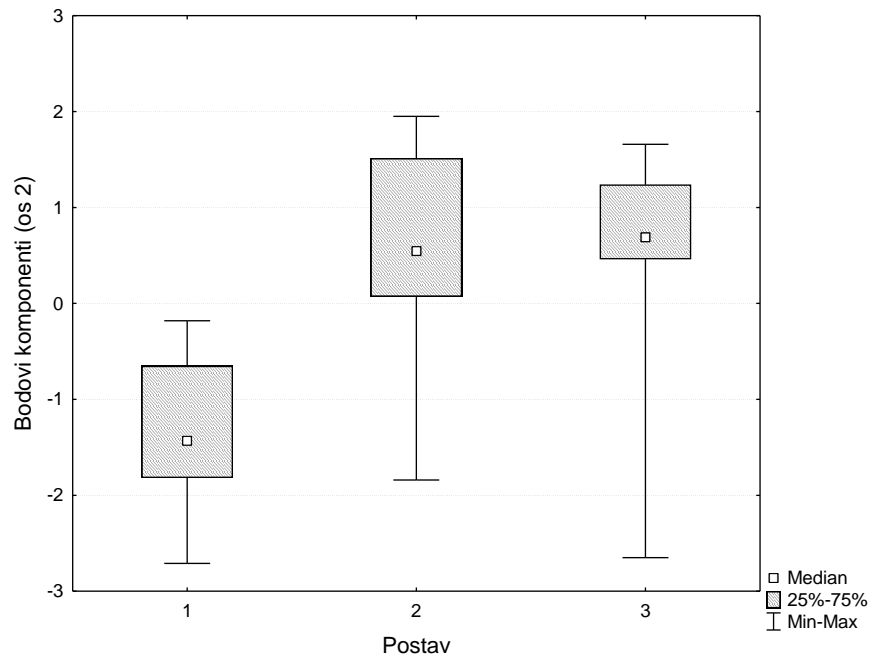


Slika 42. Prikaz razlika među bodovima komponenti PCA analize između postava 1, 2 i 3 po osi 3.

S obzirom da nije bilo bitnih razlika među spolovima i sezonama u trajanju ponašanja te sam razlike zanemarila u istraživanju prostora različite kompleksnosti (postav 1, 2 i 3) i odlučila napraviti PCA analizu s podacima obje sezone i spola. Po Kaiser-Guttmanovom kriteriju zadržane su tri osi koje su objasnile 74,4 % varijance. Dodatno su izračunati i testirani i bodovi komponenti s Kruskal-Wallis testom za sve tri osi, a razlike po postavima nađene jedino među bodovima komponenti za os 2 ( $H(2) = 16,437, p < 0,001$ ) s najvišim medijanom u postavu 2, zatim 3 i na kraju postavu 1 (Slika 43.). Vrijeme provedeno na kamenu ima najviše pozitivno opterećenje na os 2 dok vremena provedena na drugim vratima terarija i u virenju imaju najviša negativna opterećenje na tu istu os (Tablica 16.). Kruskal-Wallis test je pokazao da latencije ulaska u bližu polovicu, dalju polovicu i virenja nisu bile različite među postavima 1, 2 i 3 ( $p > 0,05$ ).

Tablica 16. Svojtstvene vrijednosti i varijanca te povezanost bihevioralnih varijabli s glavnim komponentama u PCA analizi razlika u trajanjima ponašanja u reakciji na prostor različite kompleksnosti u sezoni parenja (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje, a vrijednosti veće od 0,4 su označene podebljano).

	PC1	PC2	PC3
	2,57	1,76	1,62
Kum.% Varijance	32,1	54,1	74,4
T-Dalja polovica	<b>0,476</b>	0,218	-0,057
T-Virenje	0,044	<b>-0,458</b>	<b>0,496</b>
T-Mreža	<b>-0,486</b>	0,024	-0,278
T-Druga vrata	0,263	<b>-0,473</b>	-0,373
T-Kamen	0,212	<b>0,573</b>	-0,125
T-Propinjanje	<b>0,410</b>	-0,380	-0,099
T-B0	0,258	-0,023	<b>-0,574</b>
T-B1	<b>0,432</b>	0,213	<b>0,424</b>



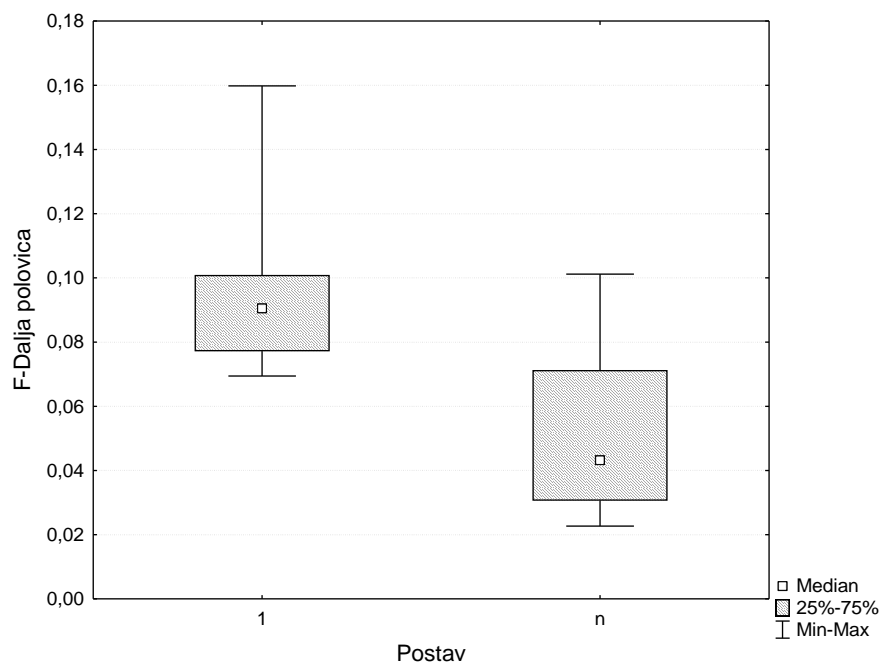
Slika 43. Prikaz razlika među bodovima komponenti PCA analize između postava 1, 2 i 3 po osi 2.



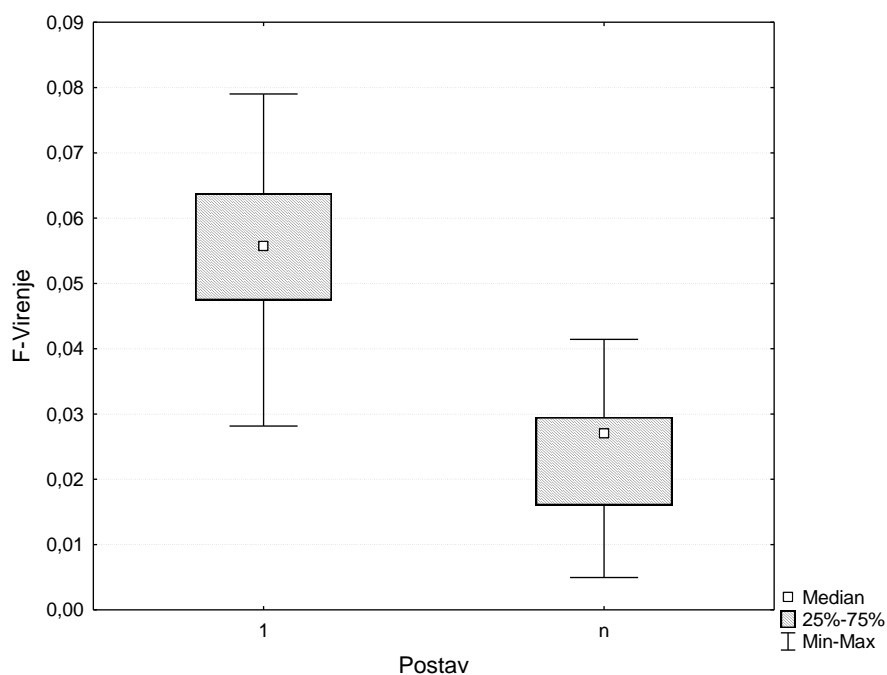
### 6.3. Rezultati postava novog predmeta na ponašanje

Od 14 dinarskih voluhara koji su bili uključeni u eksperiment samo 9 je ušlo u postav s novim predmetom (pogledati opis Postava n, poglavlje 5.4.2.). U analizi je kao kontrolni postav služilo 11 eksperimenata Postava 1. Broj životinja koje su ušle nije pokazao značajnu razliku u ovisnosti o postavu (Fisher's Exact test  $p > 0,05$ ). Reakcija na novi predmet je testirana neovisno o spolu i sezoni.

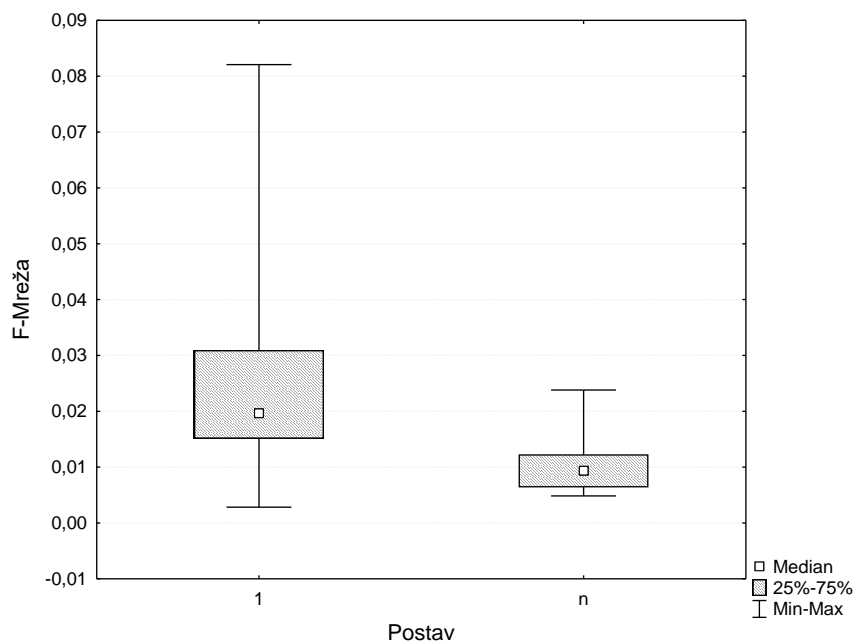
Pronašla sam značajne razlike među postavima uz pomoć Mann-Whitney U testa kod frekvencije ulaza u dalju polovicu ( $U = 20$ ,  $p = 0,03$ ), virenja ( $U = 4$ ,  $p < 0,001$ ), odlaska na mrežu ( $U = 17$ ,  $p = 0,013$ ) interakcije s kamenom u odnosu na novi predmet ( $U = 0$ ,  $p < 0,001$ ), sa svim medijanima nižim u Postavu n (Slike 44., 45., 46. i 47.). Nisam pronašla razlike niti kod frekvencija propinjanja, smrzavanja, timarenja, njuškanja i skoka (Mann-Whitney U test,  $p > 0,05$ ). Ponašanje kopanja se u trajanju nije značajno razlikovalo među postavima 1 i n ( $p > 0,05$ ). Nije se značajno razlikovalo niti vrijeme provedeno u propinjanju, kopanju, timarenju i kontaktu s novim predmetom u odnosu na kamen ( $p > 0,05$ ). Razlike u trajanju ponašanja su bile značajne u vremenu provedenom na bližoj polovici ( $U = 18$ ,  $p = 0,016$ ), u virenju ( $U = 23$ ,  $p = 0,046$ ), na mreži ( $U = 23$ ,  $p = 0,046$ ) i u njuškanju ( $U = 14$ ,  $p = 0,006$ ) sa svim medijanima nižim u postavu neofobije osim vremenu koje je provedeno na mreži kod kojeg je u postavu neofobije medijan bio viši (Slika 48., 49., 50. i 51.). Dodatno je potrebno napomenuti da je pet životinja prenijelo novi predmet u svoj terarij, da ga je jedna grickala, a da ga je jedna stavila u skladišta koja koriste za hranu.



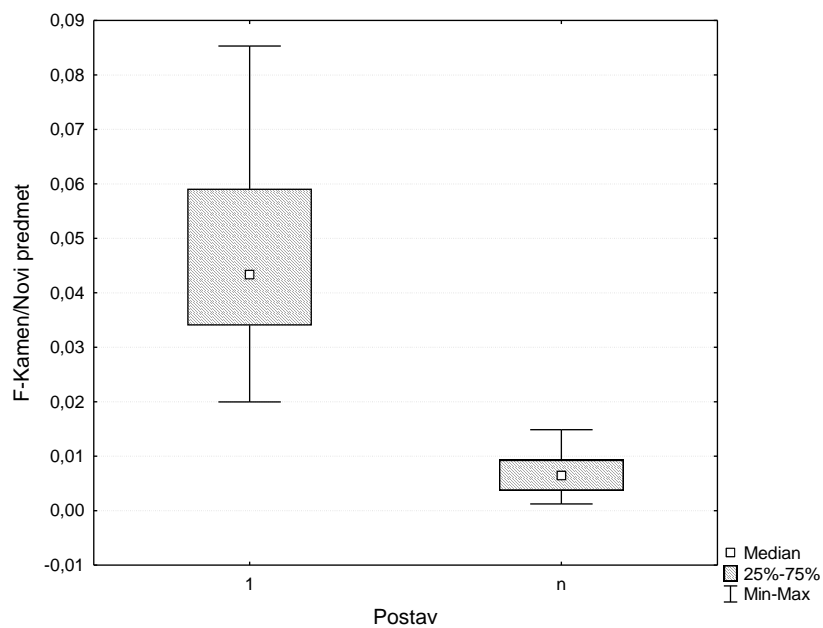
Slika 44. Frekvencija boravka na daljoj polovici u postavu 1 (1) i u postavu novog predmeta (n) (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju).



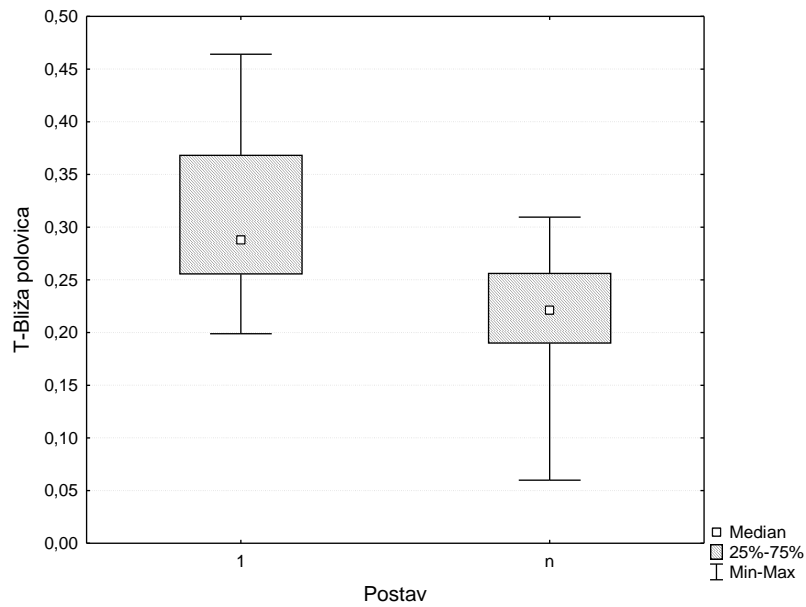
Slika 45. Frekvencija virenja u postavu 1 (1) i u postavu novog predmeta (n) (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju).



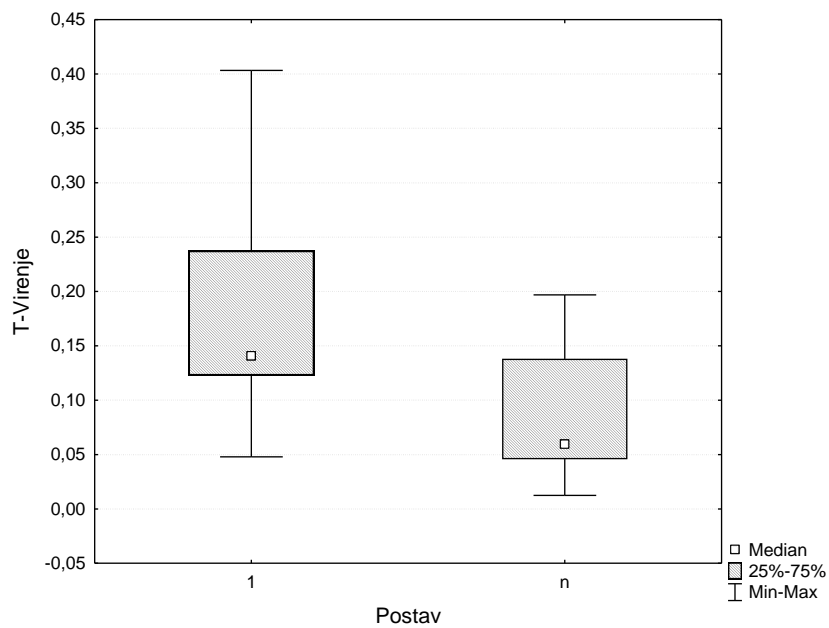
Slika 46. Frekvencija odlaska na mrežu terarija u postavu 1 (1) i u postavu novog predmeta (n) (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju).



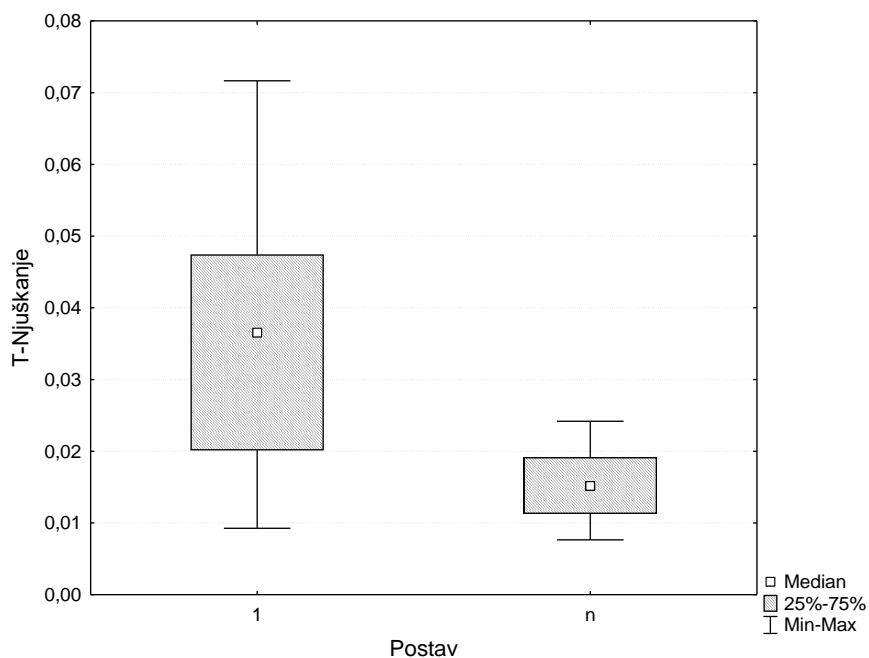
Slika 47. Frekvencija kontakta s kamenom u odnosu na novi predmet u postavu 1 (1) i u postavu novog predmeta (n) (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju).



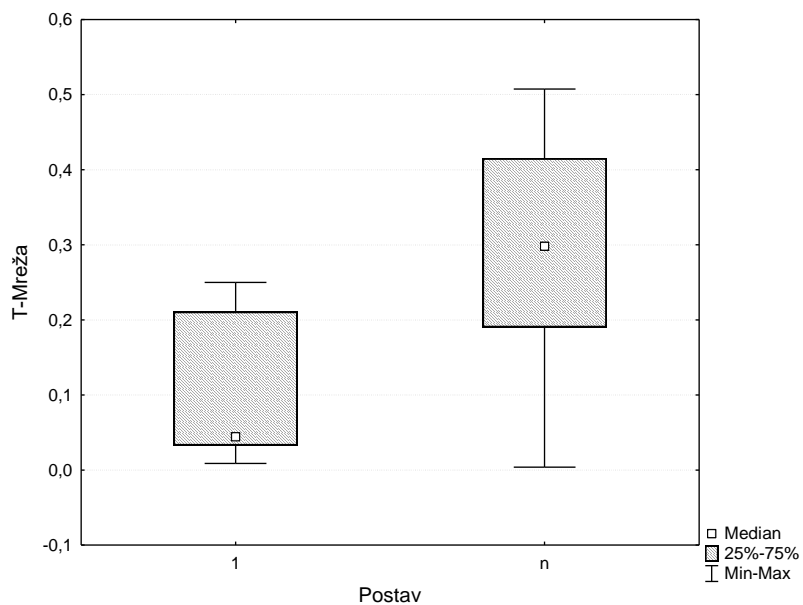
Slika 48. Trajanje boravka na bližoj polovici u postavu 1 (1) i u postavu novog predmeta (n) (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju).



Slika 49. Trajanje virenja u postavu 1 (1) i u postavu novog predmeta (n) (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje).



Slika 50. Trajanje njuškanja u postavu 1 (1) i u postavu novog predmeta (n) (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje).



Slika 51. Trajanje boravka na mreži u postavu 1 (1) i u postavu novog predmeta (n) (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje).

#### 6.4. Rezultati postava za istraživanje reakcije na miris iste, slične vrste i predatora

Prilikom istraživanja utjecaja mirisa 14 životinja je sudjelovalo u eksperimentu (pogledati opise postava 4a – d u poglavlju 5.4.3.) ukupno je provedeno 54 eksperimenta, ali njih 5 nije uvršteno u analizu s obzirom da životinje nisu ušle. U Tablici 17. su prikazane jedinice koje nisu ušle. Kao kontrolni postav poslužilo 12 eksperimenata postava 2 (pogledati opis postava 2 u poglavlju 5.4.1.). Tako su u analize uključeni postavi 4a – d i postav bez mirisa (postav 2). Rezultati od ostalih životinja su analizirani i prikazani u nastavku.

Tablica 17. Broj životinja koje nisu ušle na miris jedinki istog i različitog spola, jedinki slične vrste – miša te predatora (ŽŽ označava ženku koja nije ušla na miris ženke, MM mužjak na miris mužjaka, ŽM ženka na miris mužjaka, MŽ mužjak na miris ženke te M mužjaka, Ž ženku, posljednji red označava sezonu i to P sezonu parenja, NP van sezone parenja).

Postav	Miris iste vrste				Miris poskoka				Miris miša								
	1	2	2	-	1	1	2	-	1	1	2	-	1	1	2	-	
Broj životinja koje nisu ušle	ŽŽ	MM	ŽM	MŽ	M	Ž	M	Ž									
	1	-	1	1	-	2	-	-									
	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	
	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	

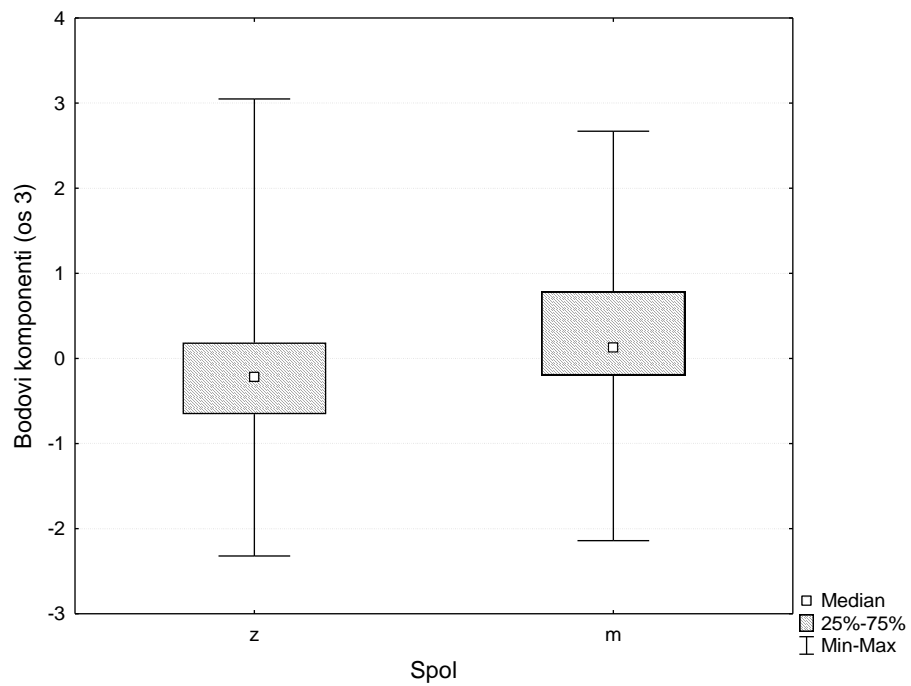
Van sezone parenja nije pronađena niti jedna oznaka dok su u sezoni parenja ženke označavale eksperimentalni terarij. Dok su u reakciji na novi prostor različite kompleksnosti samo dva puta nađene oznake urinom, u postavima s mirisima drugih jedinki iste i različitih vrsta su bile stalno prisutne. Kruskal-Wallis testom su pronađene značajne razlike u broju oznaka koje su životinje ostavile u novom prostoru ( $H(4) = 14,846$ ,  $p = 0,005$ ), s najvišim vrijednostima u postavu s mirisom predatora, zatim u postavu s mišem, pa tek onda s jedinkama iste vrste. Nisu nađene oznake koje prekrivaju već postojeće oznake.

#### 6.4.1. Utjecaj spola na ponašanje jedinki prilikom reakcije na miris iste, slične vrste i predatora

Provedena je analiza glavnih komponenata s frekvencijama ponašanja u postavima s prezentiranim mirisima drugih jedinki i po Kaiser-Guttmanovom kriteriju zadržane su tri osi koje objašnjavaju 74,8 % varijance (Tablica 18.). Izračunati su bodovi komponenti i proveden je Mann-Whitney U test za svaku os koji je pokazao značajne razlike među spolovima samo u osi 3 ( $U = 313$ ,  $p = 0,04$ ) (Slika 52.). Ista analiza provedena je s trajanjima ponašanja i po Kaiser-Guttmanovom kriteriju zadržane su ponovo tri osi koje objašnjavaju 80,4 % varijance (Tablica 19.). Izračunati su bodovi komponenti i proveden je Mann-Whitney U test za svaku os koji isto tako pokazuje razlike jedino u osi 3 (Mann-Whitney U test,  $U = 314$ ,  $p = 0,04$ ) (Slika 53.)

Tablica 18. Svojtvene vrijednosti i varijanca te povezanost bihevioralnih varijabli s glavnim komponentama u PCA analizi razlika u frekvencijama ponašanja u reakciji na postave s prezentiranim mirisima (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1 s dodatkom da F ispred varijable označava frekvenciju, a vrijednosti veće od 0,4 su označene podebljano).

	PC1	PC2	PC3
Svojtvene vrijednosti	3,13	1,84	1,01
Kum.% Varijance	39,2	62,1	74,8
F-DP	<b>-0,514</b>	-0,202	0,068
F-Virenje	-0,288	-0,120	<b>0,689</b>
F-Mreža	-0,106	<b>-0,574</b>	-0,218
F-Kamen	<b>-0,511</b>	-0,201	-0,003
F-B0	-0,330	<b>0,404</b>	-0,113
F-Kretanje	<b>-0,449</b>	0,004	-0,324
F-Njuškanje	-0,234	<b>0,488</b>	-0,366
F-Timarenje	-0,127	<b>0,417</b>	<b>0,471</b>

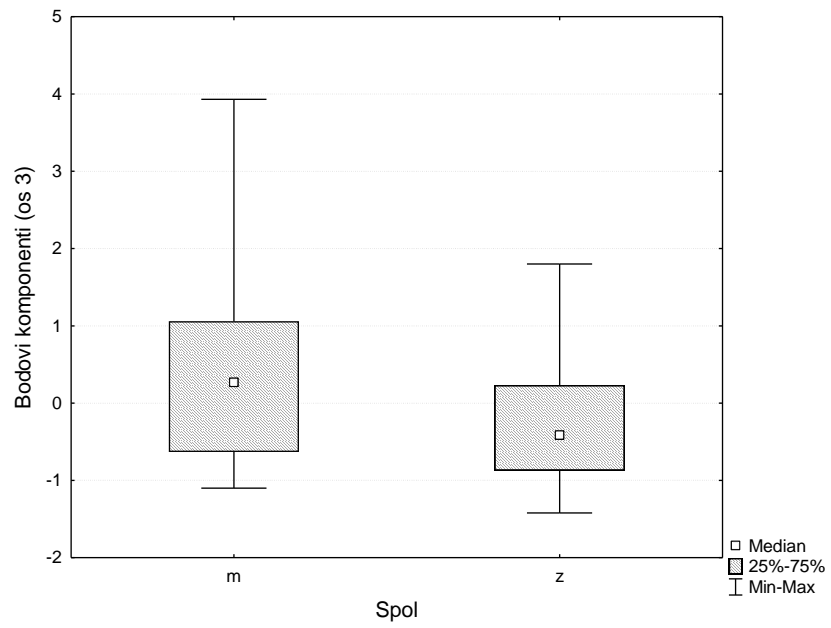


Slika 52. Prikaz razlika među bodovima komponenti PCA analize s obzirom na spolove po osi 3 (z – ženske, m – mušjaci).



Tablica 19. Svojstvene vrijednosti i varijanca te povezanost bihevioralnih varijabli s glavnim komponentama u PCA analizi razlika u trajanjima ponašanja u reakciji na postave s prezentiranim mirisima (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje, a vrijednosti veće od 0,4 su označene podebljano).

	PC1	PC2	PC3
Svojstvene vrijednosti	3,74	1,65	1,05
Kum.% Varijance	46,8	67,4	80,4
T-DP	<b>0,457</b>	-0,004	-0,220
T-Virenje	-0,006	-0,341	<b>0,653</b>
T-Mreža	<b>-0,479</b>	0,155	-0,245
T-Kamen	<b>0,417</b>	-0,258	-0,311
T-B0	0,330	<b>0,542</b>	0,184
T-Kretanje	<b>0,405</b>	-0,372	-0,179
T-Njuškanje	0,256	0,082	<b>0,548</b>
T-Timarenje	0,223	<b>0,595</b>	-0,053



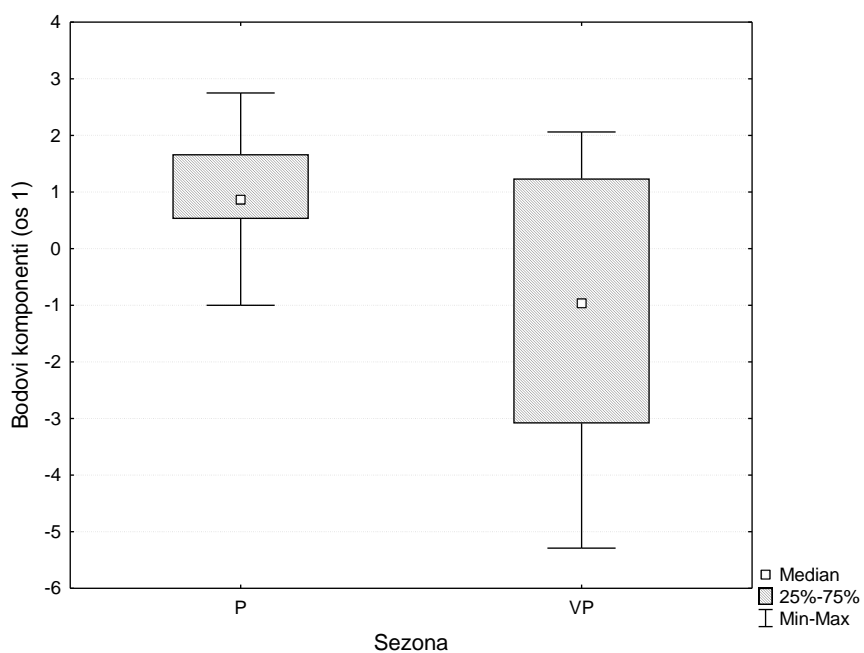
Slika 53. Prikaz razlike među bodovima komponenti PCA analize među spolovima po osi 3 (m – mušjaci, z – ženke).

#### 6.4.2. Utjecaj sezone na ponašanje jedinki prilikom reakcije na miris iste, slične vrste i predatora

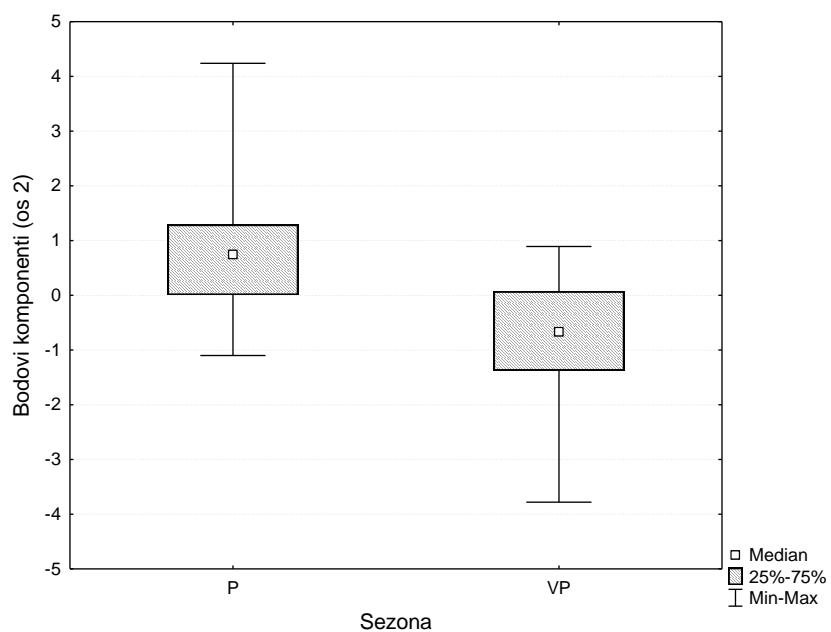
Analiza glavnih komponenata sa frekvencijama i trajanjima ponašanja u sezoni parenja u odnosu na van sezone parenja provedena je samo sa ženka s obzirom da van sezone parenja nisu istraživani mužjaci. U analizi razlika u frekvencijama po Kaiser-Guttmanovom kriteriju zadržane su dvije osi koje objašnjavaju 67,1 % varijance. Grafički prikaz ne pokazuje potpuno grupiranje po sezonama po prve dvije osi (Slika 56.). Povezanost bihevioralnih varijabli s glavnim komponentama je vidljiva u Tablici 20. S druge strane na izračunatim bodovima komponenti je proveden Mann-Whitney U test za svaku os te je nađena značajna razlika u obje osi 1 ( $U = 79, p = 0,014$ ) i 2 ( $U = 56, p = 0,001$ ) (Slike 54. i 55.).

Tablica 20. Svojevne vrijednosti i varijanca te povezanost bihevioralnih varijabli s glavnim komponentama u PCA analizi razlika u frekvencijama ponašanja u reakciji na postave s prezentiranim mirisima (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1., F ispred varijable označava frekvenciju).

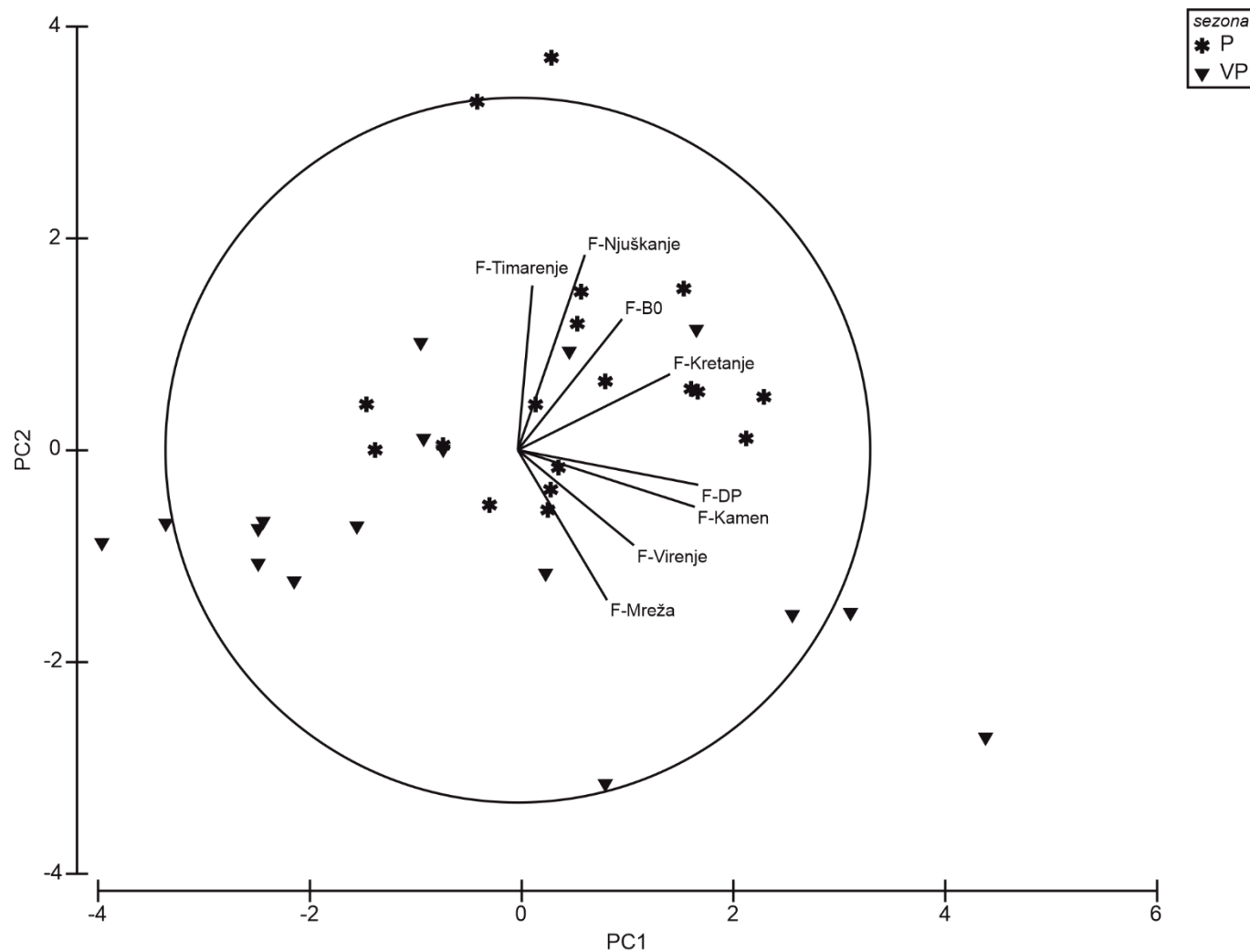
	PC1	PC2
Svojevne vrijednosti	3,46	1,91
Kum.% varijance	43,2	67,1
F-Dalja polovica	<b>0,512</b>	-0,099
F-Virenje	0,330	-0,270
F-Mreža	0,253	<b>-0,426</b>
F-Kamen	<b>0,502</b>	-0,161
F-B0	0,296	0,372
F-Kretanje	<b>0,432</b>	0,216
F-Njuškanje	0,191	<b>0,554</b>
F-Timarenje	0,041	<b>0,467</b>



Slika 54. Prikaz razlika među bodovima komponenti PCA analize po sezonama po osi 1 (P – sezona parenja, VP – van sezone parenja)



Slika 55. Prikaz razlika među bodovima komponenti PCA analize po sezonama po osi 2 (P – sezona parenja, VP – van sezone parenja)

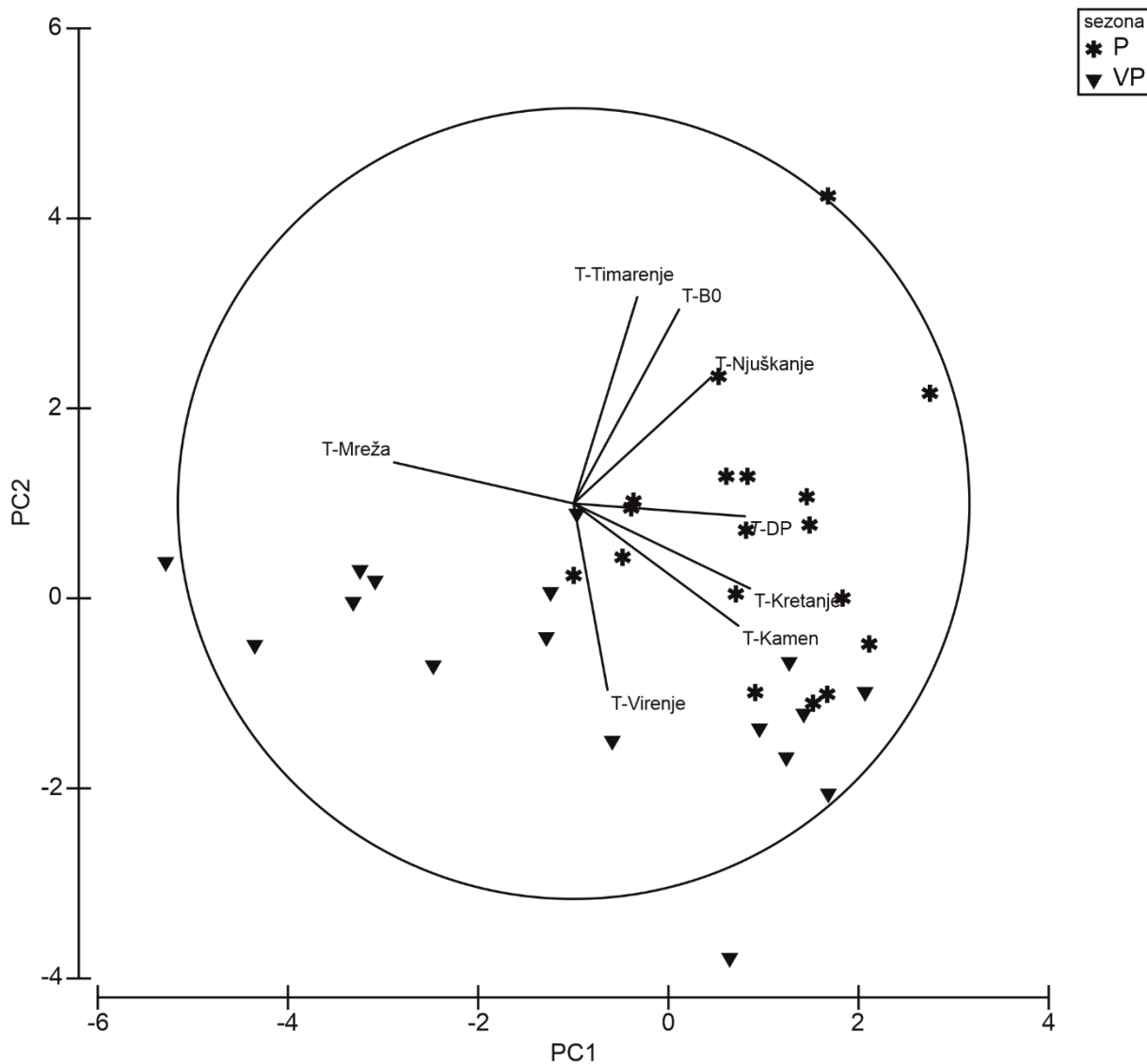


Slika 56. Prikaz PCA analize prilikom istraživanja reakcija na miris u sezoni parenja i van sezone parenja gdje su varijable frekvencije ponašanja. Varijable koje doprinose komponentama su prikazane s linijama i ukazuju na smjer veze i jačinu varijable (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1., F ispred varijable označava frekvenciju, postavi su sezona parenja (P) i van sezone parenja (VP)).

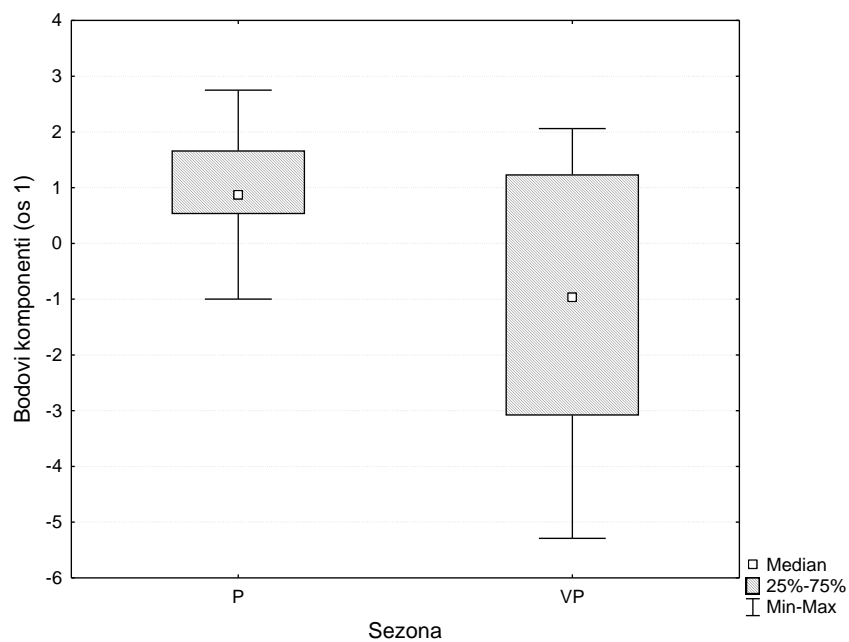
Analiza glavnih komponenata s trajanjima ponašanja pri čemu su po Kaiser-Guttmanovom kriteriju zadržane dvije osi koje zajednički objašnjavaju 75 % varijance pokazuje djelomično odvajanje na prikazu (Slika 57.) po osima 1 i 2 (Tablica 21.). Usporedba razlika (Mann-Whitney U test) između bodova komponenti po grupama daje statističku značajnost u odnosu na sezone za os 1 ( $U = 79$ ,  $p = 0,014$ ) i 2 ( $U = 56$ ,  $p = 0,001$ ) (Slike 58. i 59.).

Tablica 21. Svojstvene vrijednosti i varijanca te povezanost bihevioralnih varijabli s glavnim komponentama u PCA analizi razlika u trajanjima ponašanja u reakciji na postavbe s prezentiranim mirisima (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje, a vrijednosti veće od 0,4 su označene podebljano).

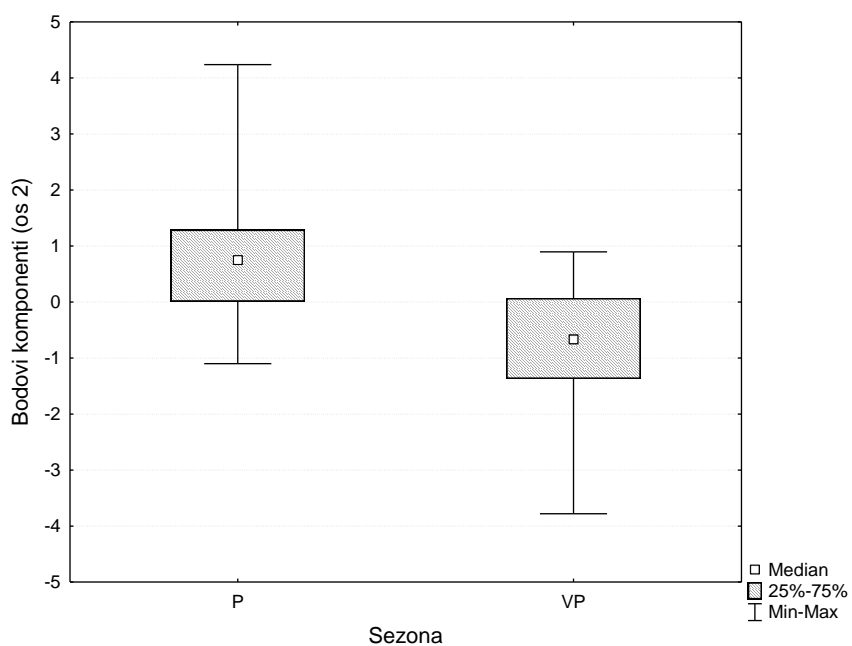
	PC1	PC2
Svojstvene vrijednosti	3,95	2,05
Kum. % varijance	49,4	75,0
T-DP	<b>0,435</b>	-0,032
T-Virenje	0,086	<b>-0,474</b>
T-Mreža	<b>-0,456</b>	0,105
T-Kamen	<b>0,418</b>	-0,310
T-B0	0,268	<b>0,493</b>
T-Kretanje	<b>0,448</b>	-0,216
T-Njuškanje	0,350	0,321
T-Timarenje	0,161	<b>0,524</b>



Slika 57. Prikaz PCA analize prilikom istraživanja reakcija na miris u sezoni parenja i van sezone parenja gdje su varijable trajanja ponašanja. Varijable koje doprinose komponentama su prikazane s linijama i ukazuju na smjer veze i jačinu varijable (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje, postavi su sezona parenja (P) i van sezone parenja (VP)).



Slika 58. Prikaz razlike u bodovima komponenti PCA analize po sezonama za os 1 (P – sezona parenja, VP – van sezone parenja).



Slika 59. Prikaz razlike u bodovima komponenti PCA analize po sezonama za os 2 (P – sezona parenja, VP – van sezone parenja).



### **6.4.3. Utjecaj postava odnosno prisutnog mirisa iste, slične vrste i predatora na ponašanje**

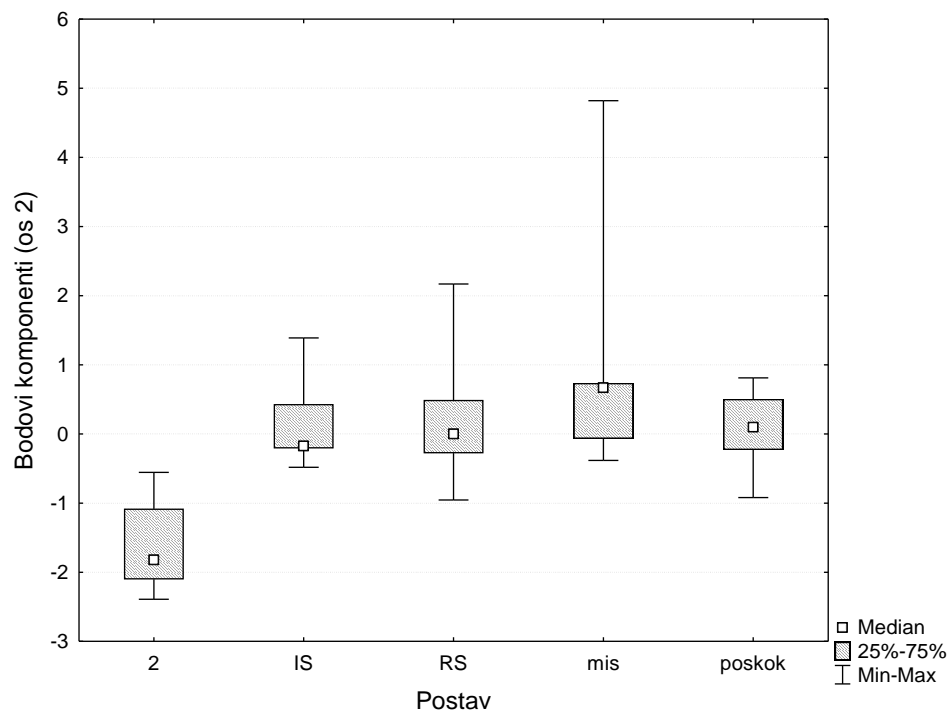
S obzirom na zanemarive razlike među spolovima, a veće razlike među sezonama prilikom istraživanja razlika među postavima uzeta su u obzir oba spola, ali samo u sezoni parenja.

Analiza glavnih komponenata je rađena na frekvencijama ponašanja prilikom reakcije na postave s mirisima u novom prostoru. Po Kaiser-Guttmanovom kriteriju zadržane su 3 osi koje zajednički objašnjavaju 72,2 % varijance. Kruskal-Wallis test je pokazao da nema značajnih razlika između bodova komponenti po sve tri osi u odnosu na postave ( $p > 0,05$ ).

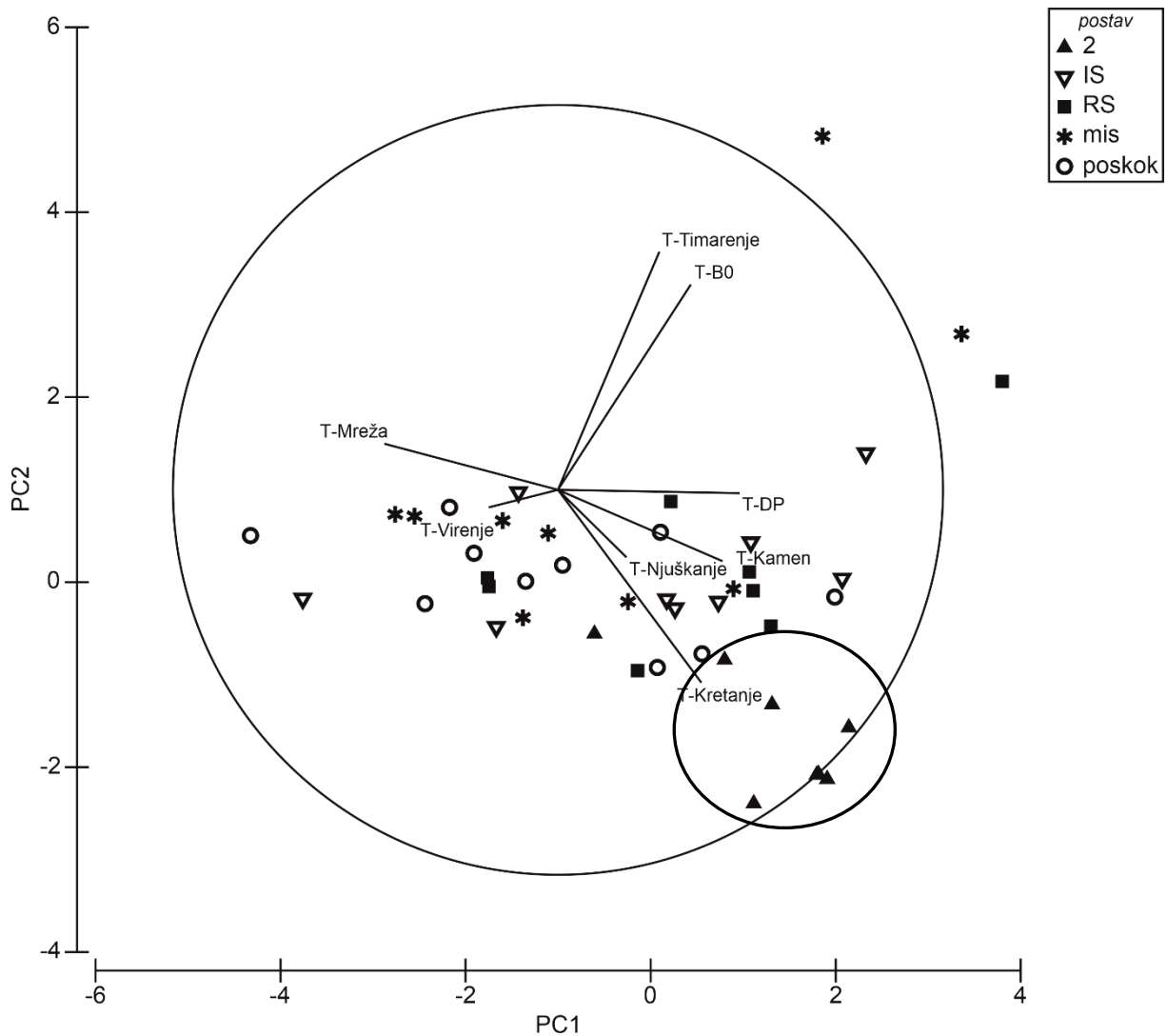
Analizirala sam i trajanja ponašanja prilikom reakcije na mirise u sezoni parenja. Provedena je analiza glavnih komponenata po postavima te su po Kaiser Guttmanovom kriteriju zadržane tri osi koje zajednički objašnjavaju 77,5 % varijance (Tablica 22.). Izračunati su bodovi (skorovi) komponenti i na njima je proveden Kruskal-Wallis test za sve tri osi, koji je pokazao razliku među postavima u osi 2 ( $H(4) = 19,794$ ,  $p < 0,001$ ) (Slika 60.). Ujedno se na grafičkom prikazu vidi grupiranje postava 2 (Slika 61.). Najdulji period koji je životinja provela u eksperimentalnom terariju je bio postav mirisa suprotnog spola (postav 4b).

Tablica 22. Svojsstvene vrijednosti i varijanca te povezanost bihevioralnih varijabli s glavnim komponentama u PCA analizi razlika u trajanjima ponašanja u reakciji na postave s prezentiranim mirisima (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje, a vrijednosti veće od 0,4 su označene podebljano).

	PC1	PC2	PC3
Svojsstvene vrijednosti	3,47	1,62	1,11
Kum.% Varijance	43,4	63,6	77,5
T-DaljaPolovica	<b>0,472</b>	-0,009	0,071
T-Virenje	-0,180	-0,046	<b>0,616</b>
T-Mreža	<b>-0,451</b>	0,120	-0,179
T-Kamen	<b>0,427</b>	-0,185	0,353
T-B0	0,345	<b>0,534</b>	-0,130
T-Kretanje	0,372	<b>-0,501</b>	-0,037
T-Njuškanje	0,178	-0,175	<b>-0,658</b>
T-Timarenje	0,263	<b>0,619</b>	0,082

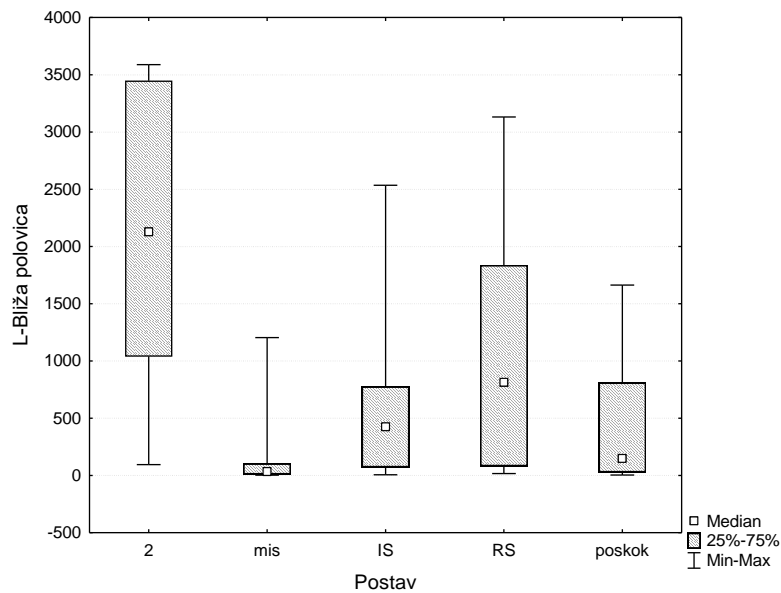


Slika 60. Prikaz razlika u bodovima komponenti po postavima (2 – postav 2 (kontrolni postav), IS (ista vrsta, isti spol), RS (ista vrsta, različiti spol), mis (različita vrsta – miš), poskok – predator poskok) PCA analiza po osi 2.



Slika 61. Prikaz PCA analize trajanja ponašanja između postava različitih mirisa (Postav 4 a – d) (2 postav bez mirisa (kontrolni postav), IS – postav mirisa istog spola iste vrste, RS - postav mirisa različitog spola iste vrste, mis – postav mirisa slične vrste, poskok – postav mirisa predatora poskoka) gdje su varijable trajanja ponašanja. Varijable koje doprinose komponentama su prikazane s linijama i ukazuju na smjer veze i jačinu varijable (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje). Na slici je elipsom zaokružen postav 2.

Dodatno, latencije ulaska u bližu polovicu ( $H(4) = 19,961$ ,  $p < 0,001$ ), dalju polovicu ( $H(4) = 19,8$ ,  $p < 0,001$ ) i virenja ( $H(4) = 19,546$ ,  $p < 0,001$ ) su bile značajno različite i kraće u svim postavima s mirisima (iste vrste, mužjaka slične vrste, miša i predatora – poskoka) u odnosu na postav bez mirisa Postav 2. Na Slici 62. je prikazana latencija do ulaska u terariju odnosno u bližu polovicu.



Slika 62. Razlika u latencijama ulaska u bližu polovicu za različite postavbe mirisa uključujući kontrolni postav – postav 2, mis – slična vrsta – miš; IS – isti spol ista vrsta; RS – različiti spol ista vrsta, poskok – predator (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. L ispred varijable označava latenciju).

## 6.5. Rezultati postava za istraživanje reakcije na prisutnost iste, slične vrste i svlaka predatora

U eksperimentu je sudjelovalo 14 životinja (6 mužjaka i 8 ženki) kroz postave za istraživanje reakcije na prisutnost iste ili različitih vrsta (pogledati opise postava 6 a – d u poglavlju 5.4.5.). Broj eksperimenata je prikazan u Tablici 23., a broj životinja koje nisu ušle u eksperimente u Tablici 24. Iako više ženki nego mužjaka nije ušlo u eksperimentalne postave, razlika nije bila značajna (Fisher's Exact test  $p > 0,05$ ).

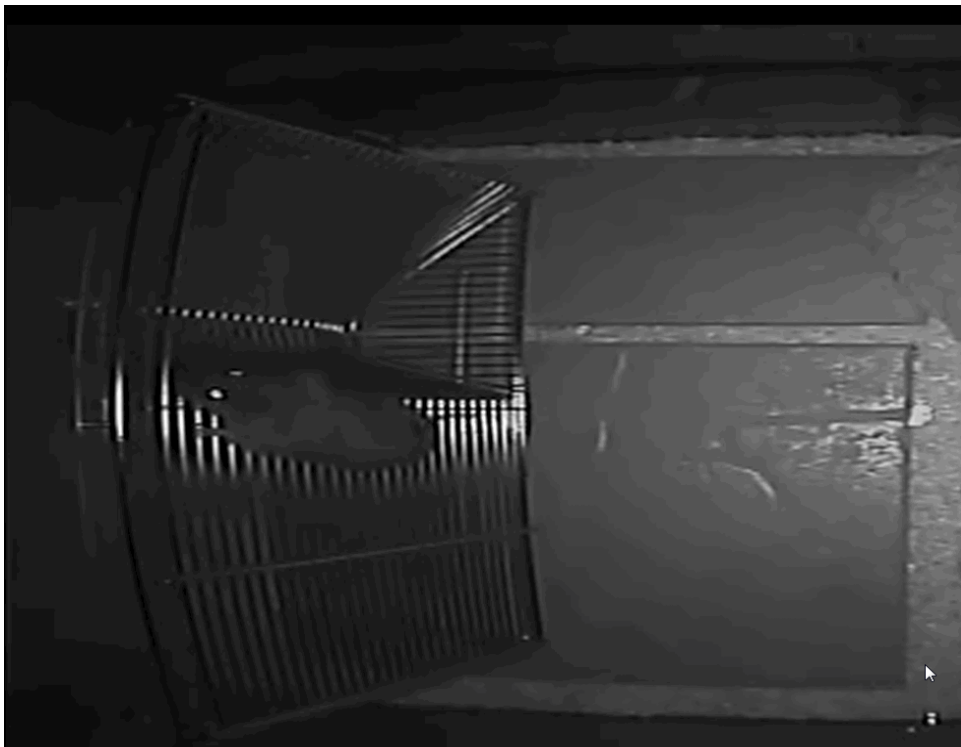
Tablica 23. Broj eksperimenata u kojima životinje nisu ušle u eksperiment u odnosu na ukupan broj eksperimenata u istraživanju reakcije na prisutnost iste, slične vrste i svlaka predatora.

<b>Prethodno prezentiran miris/ broj eksperimenata</b>	<b>Jedinkama nije prethodno prezentiran miris</b>	<b>Jedinkama je prethodno prezentiran miris</b>
Broj eksperimenata	22	55
Broj eksperimenata u kojima životinje nisu ušle u eksperiment	10	11

Tablica 24. Broj životinja koje nisu ušle na prezentaciju jedinki istog i različitog spola, jedinki slične vrste – miša te svlaka predatora (ŽŽ označava ženku koja nije ušla na prezentaciju ženke, MM mužjak na prezentaciju mužjaka, ŽM ženka na prezentaciju mužjaka, MŽ mužjak na prezentaciju ženke te M mužjaka, Ž ženku).

<b>Postav</b>	<b>Isti spol</b>				<b>Različiti spol</b>				<b>Poskok</b>				<b>Miš</b>			
Broj životinja koje nisu ušle	8				4				5				4			
	ŽŽ	MM	ŽM	MŽ	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž		
	5	3	3	1	2	3	1	3	1	3	1	3	1	3		
	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP		
	2	3	3	-	1	2	1	-	2	-	2	1	1	-	1	2

Životinje su različito označavale teritorij s time da je maksimalan broj oznaka urinom bio 81 (mužjak u reakciji na prisustvo miša bez prethodne prezentacije mirisa te jedinke), a od svih jedinki koje su ušle u eksperiment, točnije njih 56, 28 puta nije pronađeno da su označile teritorij niti jednom oznakom. Od životinja koje nisu ušle u eksperimentalni terarij (Tablica 23.) van sezone parenja nije ušlo 8 jedinki, a u sezoni parenja 13, ali se razlike nisu pokazale značajnima (Fisher's Exact test  $p > 0,05$ ).



Slika 63. Životinja u pokušaju kontakta s jedinkom iste vrste prezentiranom u kavezu.

S druge strane, za slučajeve kada je jedinka ušla u eksperimentalni terarij, medijan latencije do prvog ulaska bio je 49,8 s, a najkraće vrijeme do ulaska jedna sekunda (ženka na isti spol van sezone parenja u slučaju prethodne prezentacije mirisa) te do prvog provirivanja 0,2 s (ženka na mužjaka van sezone parenja u slučaju prethodne prezentacije mirisa). Minimalno vrijeme provedeno u terariju je 9,2 s i to ženka na ženku u sezoni parenja, maksimalno 581 s također ženka na ženku u sezoni parenja, a medijan ukupnog trajanja boravka u terariju 360 s što je iznosilo više od pola ukupnog vremena trajanja eksperimenta. Pokušaj kontakta s jedinkom iste vrste je prikazan na Slici 63.

### 6.5.1. Utjecaj spola na ponašanje prilikom reakcije na prisutnost iste, različite vrste i svlaka predatora

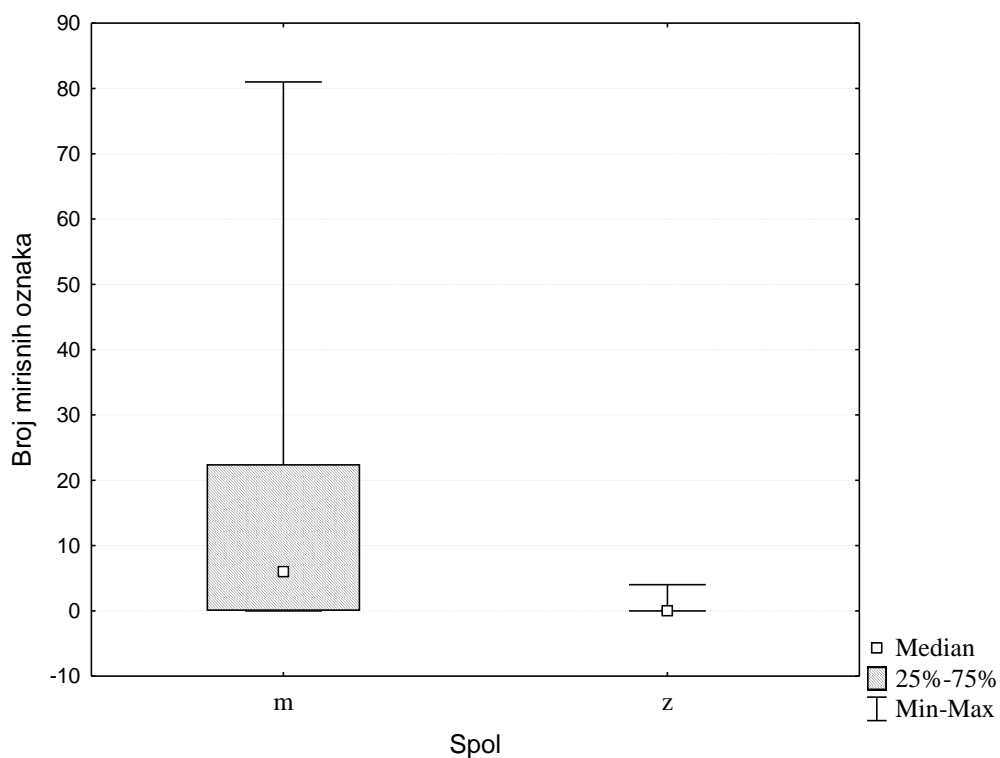
Analiza glavnih komponenata je provedena na frekvencijama ponašanja za obje sezone pri čemu bi po Kaiser-Guttmanovom kriteriju trebala biti zadržana prva os, no s obzirom na vrijednost varijance zadržane su prve dvije osi koje zajednički opisuju 76,7 % varijance (Tablica 25.). Mann-Whitney U test nije pokazao značajne razlike u bodovima komponenti za ni jednu od osi u odnosu na spol ( $p > 0,05$ ).

Tablica 25. Svojstvene vrijednosti i varijanca te varijable PCA analize frekvencija ponašanja u sezoni parenja (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju, podebljano su označene vrijednosti veće od 0,4).

	PC1	PC2
Svojstvene vrijednosti	5,24	0,89
Kum.% Varijance	65,5	76,7
F-DP	-0,214	<b>-0,422</b>
F-Virenje	-0,073	-0,237
F-B0	<b>-0,389</b>	-0,103
F-Kretanje	-0,330	-0,296
F-Skok na terarij	-0,320	<b>-0,580</b>
F-Diranje životinje	<b>-0,511</b>	0,329
F-Agresivni kontakt	-0,347	0,359
F-Njuškanje životinje	<b>-0,452</b>	0,306

Mann-Whitney U test proveden je pronašao značajnu razliku u oznakama koje više ostavljaju mužjaci ( $U = 66$ ,  $p < 0,001$ ) (Slika 64.).





Slika 64. Prikaz broja mirisnih oznaka urinom u ovisnosti o spolu (m – mušjaci, z – ženke).

U analizi glavnih komponenata s trajanjima ponašanja prve zadržane su četiri osi, po Kaiser-Guttmanovom kriteriju, koje opisuju kumulativno 90,2 % varijance (Tablica 26.). Mann-Whitney U test nije pokazao značajne razlike ( $p > 0,05$ ) u odnosu na spol po bodovima komponenti ni za jednu od te četiri osi.

Tablica 26. Svojsvene vrijednosti i varijanca te varijable u PCA analizi trajanja ponašanja u obje sezone (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje, podebljano su označene vrijednosti veće od 0,4).

	PC1	PC2	PC3	PC4
Svojsvene vrijednosti	10,6	2,62	1,75	1,13
Kum.% Varijance	59,4	74,1	83,9	90,2
T-DP	<b>-0,442</b>	0,280	-0,120	-0,210
T-Virenje	-0,049	-0,180	-0,216	<b>0,784</b>
T-B0	-0,398	0,135	0,109	-0,346
T-Kretanje	-0,274	0,165	-0,184	0,164
T-Skok na terarij	-0,357	<b>0,632</b>	0,005	0,350
T-Diranje životinje	<b>-0,432</b>	<b>-0,446</b>	-0,300	0,032
T-Agresivni kontakt	-0,329	-0,258	<b>0,867</b>	0,212
T-Njuškanje životinje	<b>-0,382</b>	<b>-0,423</b>	-0,228	-0,016

### 6.5.2. Utjecaj sezone na ponašanje prilikom reakcije na prisutnost iste, slične vrste i svlaka predatora

Analiza glavnih komponenata između sezona u kojoj su uzete u obzir samo ženke u interakcijama s istim spolom, različitim spolom, prezentiranim mišem te svlakom poskoka provedena je s frekvencijama ponašanja, a dvije osi, odabrane po Kaiser-Guttmanovom kriteriju, opisuju 75,9 % varijance (Tablica 27.). Dodatno je rezultat provjeren Mann-Whitney U testom koji nije pronašao značajne razlike među bodovima komponenti u odnosu na sezone ( $p > 0,05$ ).

Tablica 27. Svojstvene vrijednosti i varijanca te varijable PCA analize sa frekvencijama ponašanja između sezona u kojoj su uzete u obzir samo ženke u interakcijama s istom vrstom (istog i različitog spola), prezentiranim mišem te svlakom poskoka (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju, podebljano su označene vrijednosti iznad 0,4).

	PC1	PC2
Svojstvene vrijednosti	4,8	1,13
Kum.% Varijance	61,4	75,9
F-DP	-0,184	0,374
F-Virenje	-0,055	0,305
F-B0	-0,391	0,120
F-Kretanje	-0,283	0,258
F-Skok na terarij	-0,318	<b>0,536</b>
F-Diranje životinje	<b>-0,524</b>	-0,115
F-Agresivni kontakt	<b>-0,400</b>	<b>-0,595</b>
F-Njuškanje životinje	<b>-0,441</b>	-0,176

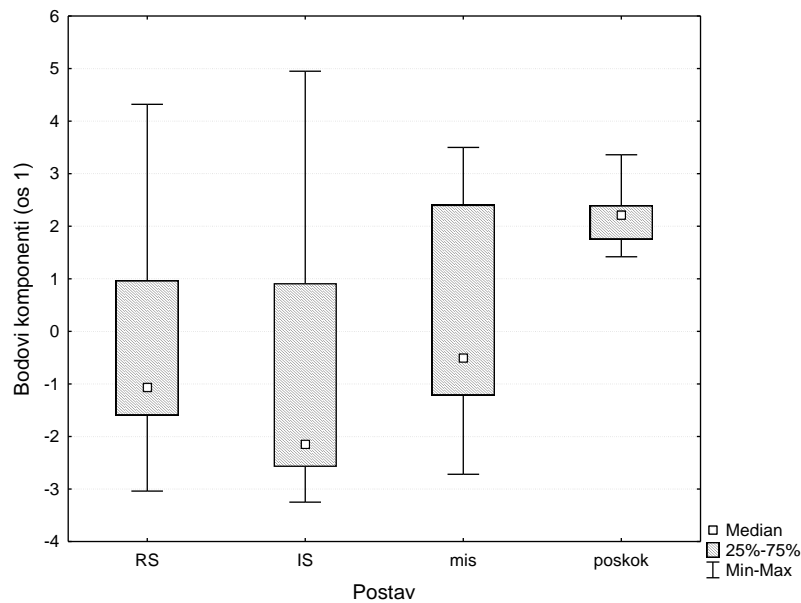
Odrađena je analiza glavnih komponenata sa trajanjima ponašanja u kojoj su uzete u obzir samo ženke u interakcijama s istom vrstom, prezentiranim mišem te svlakom poskoka te prve četiri osi (po Kaiser-Guttmanovom kriteriju) opisuju kumulativno 90,6 % varijance (Tablica 28.). Ujedno je dobiven rezultat provjeren Mann-Whitney U testom i nisu pronađene značajne razlike među sezonama u bodovima komponenti ( $p > 0,05$ ).

Tablica 28. Svojsstvene vrijednosti i varijanca te varijable PCA analize sa trajanjima ponašanja između sezona na ženkama u interakciji s istom vrstom (istog i različitog spola), prezentiranim mišem te svlakom poskoka (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje, podebljano su označene vrijednosti veće od 0,4).

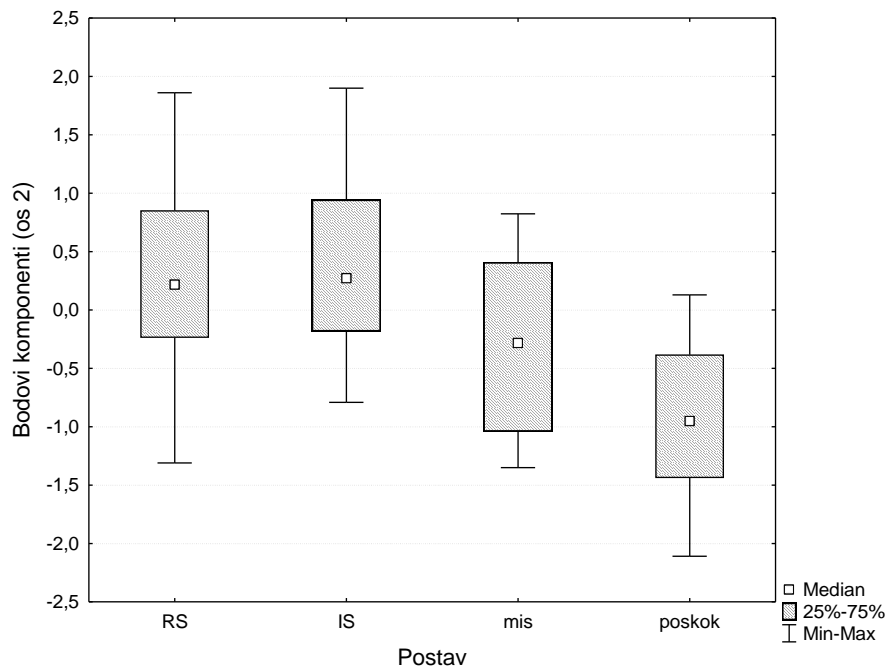
	PC1	PC2	PC3	PC4
Svojsstvene vrijednosti	10	3,21	1,98	1,17
Kum.% Varijance	55,4	73,2	84,2	90,6
T-DP	<b>-0,422</b>	0,218	-0,106	-0,120
T-Virenje	-0,035	-0,109	-0,059	<b>0,881</b>
T-B0	<b>-0,415</b>	0,180	0,163	-0,222
T-Kretanje	-0,236	0,128	-0,130	0,192
T-Skok na terarij	-0,370	<b>0,668</b>	-0,104	0,160
T-Diranje životinje	<b>-0,429</b>	<b>-0,419</b>	-0,395	0,131
T-Agresivni kontakt	-0,389	-0,271	<b>0,828</b>	0,109
T-Njuškanje životinje	-0,348	<b>-0,443</b>	-0,300	-0,261

### 6.5.3. Utjecaj postava odnosno prezentirane jedinke iste, slične vrste i svlaka predatora na ponašanje

S obzirom na to da analiza glavnih komponenata nije pokazala razlike u frekvencijama i trajanjima ponašanja između spolova i sezona, analiza razlika među postavima je rađena uključujući oba spola i sezone. Jedini postav koji se izdvojio po frekvencijama pojedinih ponašanja je postav gdje je prezentiran poskok (postav 6 d) (Slika 67.). Kao što je već rečeno u poglavlju 6.5.1. prve dvije osi kumulativno opisuju 76,7 % varijance, dok su svojstvene vrijednosti i varijance prikazane u Tablici 25. Kruskal-Wallis test je pokazao značajne razlike po bodovima komponenti za os 1 ( $H(3) = 11,717$ ,  $p = 0,01$ ). Slika 65. i os 2 ( $H(3) = 14,129$ ,  $p = 0,003$ ) Slika 66.

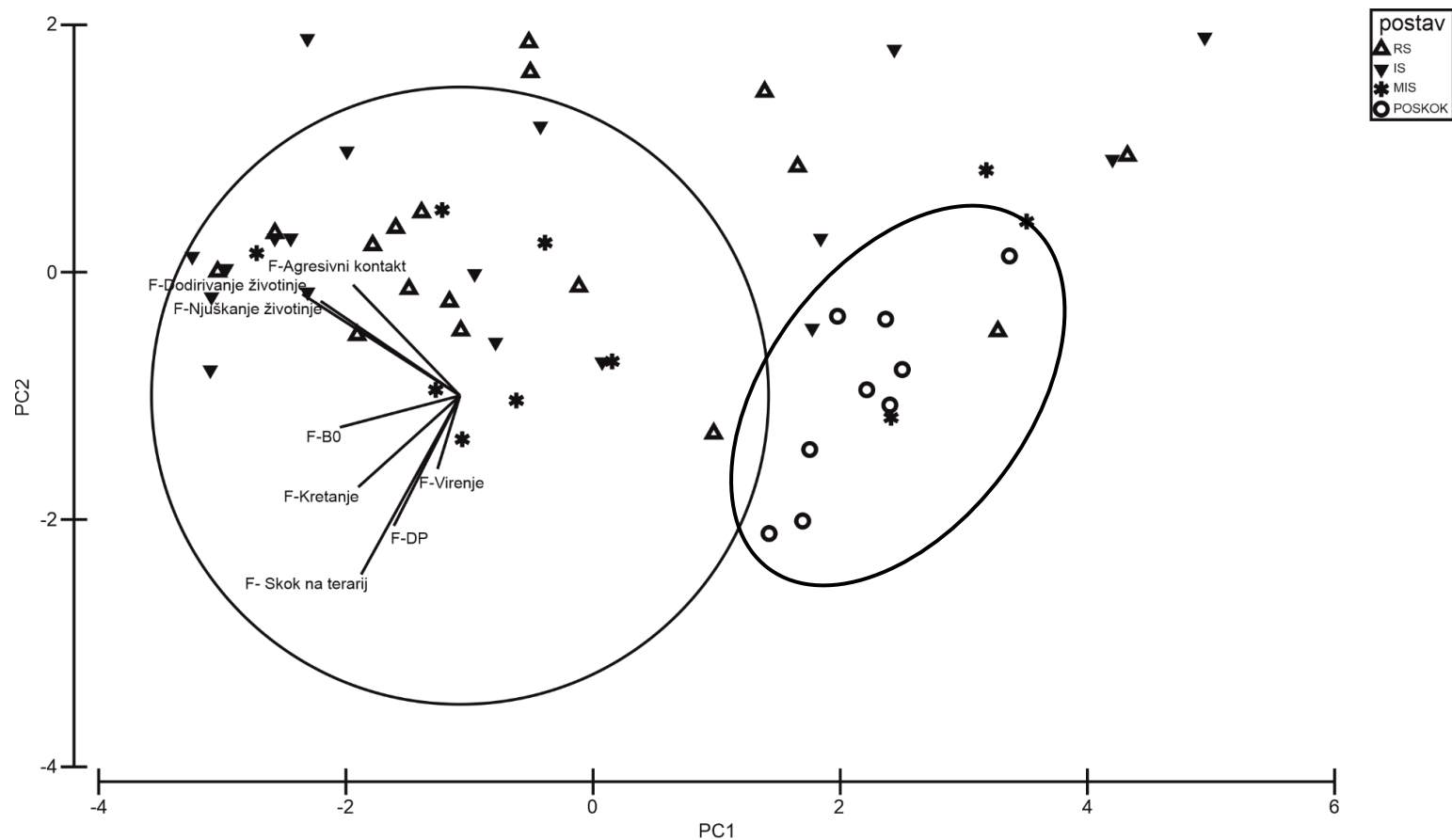


Slika 65. Prikaz razlike među bodovima komponenti PCA analize po postavima na osi 1 (RS prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, mis – prezentiran je miš, poskok – prezentiran je poskok).

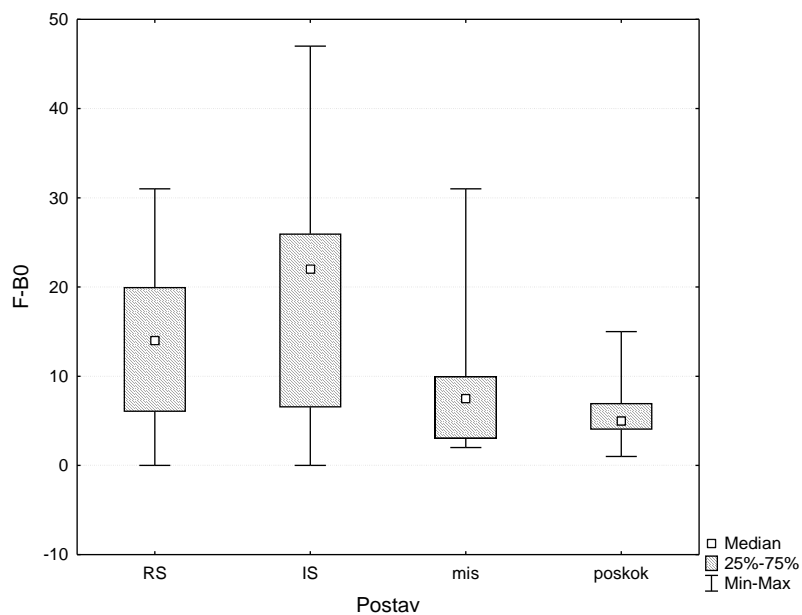


Slika 66. Prikaz razlike među bodovima komponenti PCA analize po postavima na osi 2 (RS prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, mis – prezentiran je miš, poskok – prezentiran je poskok).

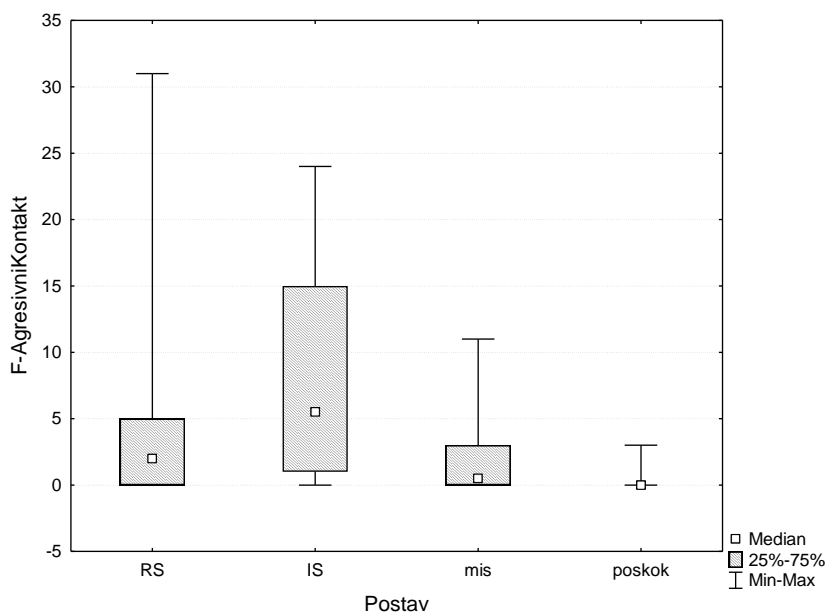
Kako bi se istražilo da li se značajno izdvaja postav sa svlakom predatora, ujedno je dobiven rezultat provjeren na frekvencijama pojedinačnih ponašanja Kruskal-Wallis testom koji je pronašao značajnu razliku između postava. Razlike su u frekvenciji mirovanja B0 ( $H(3) = 8,761, p = 0,032$ ) (Slika 68.), agresivnog kontakta odnosno ponašanja ( $H(3) = 11,79, p = ,008$ ) (Slika 69.) i njuškanja druge jedinke ( $H(3) = 17,796, p <,001$ ) (Slika 70.). Razlike prestaju biti značajne kada se isključe podaci postava sa svlakom poskoka. Dodatno, frekvencija dodirivanja životinje kod prezentacije poskoka je nula, a ostale se značajno ne razlikuju ( $p > 0,05$ ) (Slika 71.).



Slika 67. Prikaz PCA analize na frekvencijama ponašanja u postavima prezentacije iste i različitih vrsta. Varijable koje doprinose svakoj komponenti su prikazane linijama koje ukazuju na smjer i jačinu odnosa (RS prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, MIS – prezentiran je miš, POSKOK prezentiran je poskok. Za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju). Na slici su elipsom zaokruženi postavi poskoka.

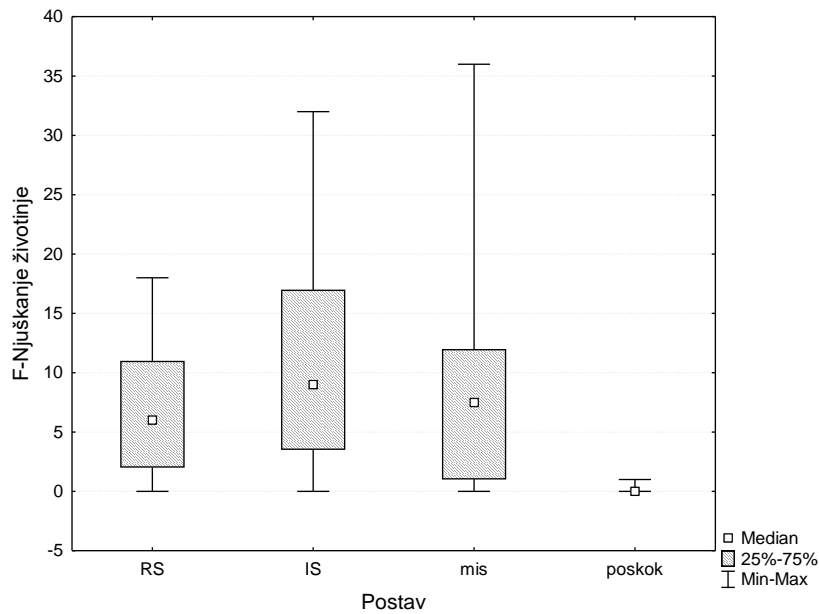


Slika 68. Razlike među postavima u frekvenciji mirovanja (RS – prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS – prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, poskok – prezentiran je poskok, mis – prezentiran je miš. Za karakterizaciju varijable pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju).

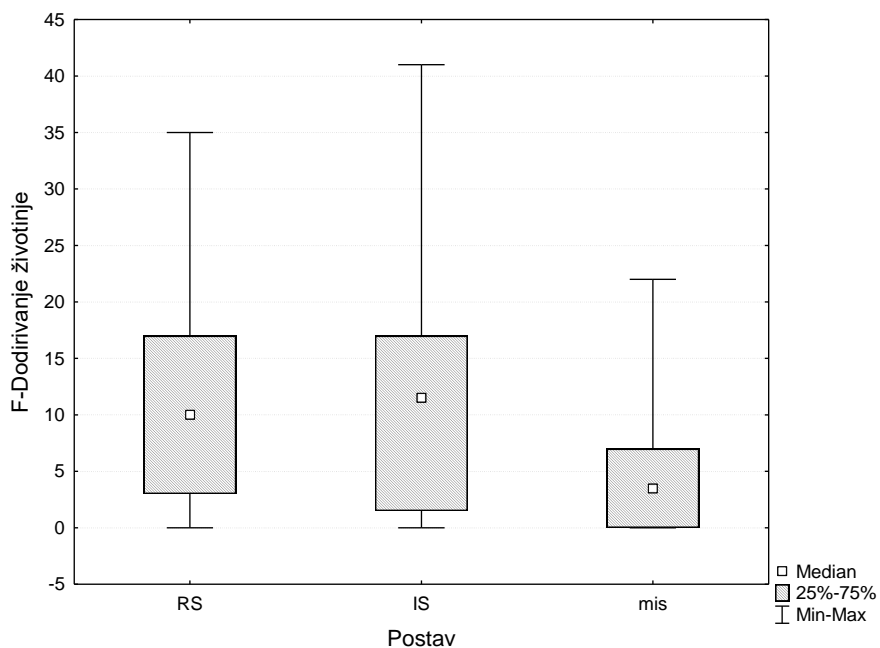


Slika 69. Razlike među postavima u frekvenciji agresivnog kontakta (RS – prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS – prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, poskok – prezentiran je poskok, mis – prezentiran je miš. Za karakterizaciju varijable pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju).



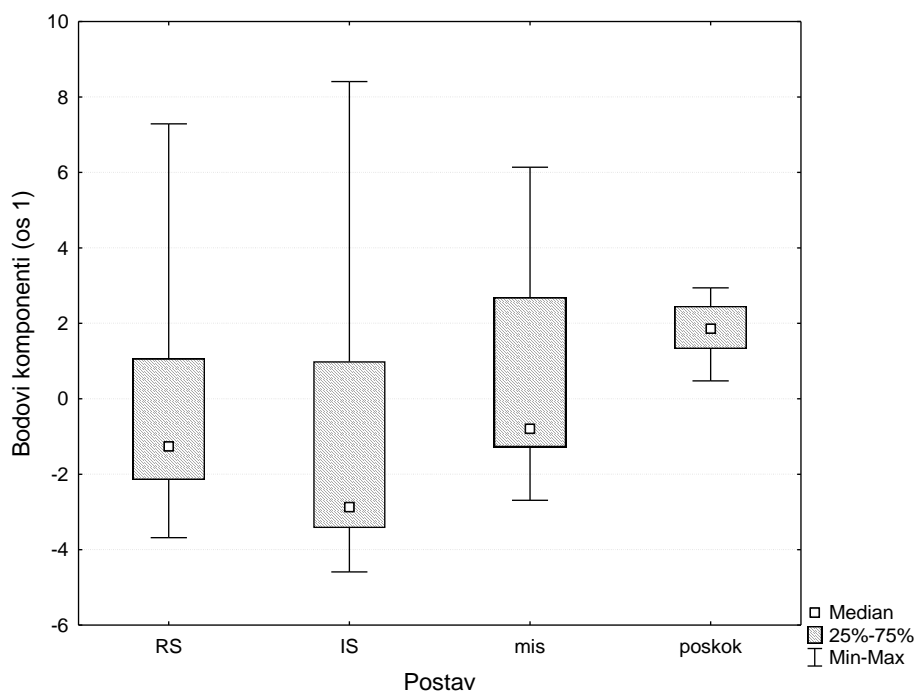


Slika 70. Razlike među postavima u frekvenciji njuškanja prezentirane jedinke (RS prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, mis – prezentiran je miš, poskok prezentiran je poskok. Za karakterizaciju varijable pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju).

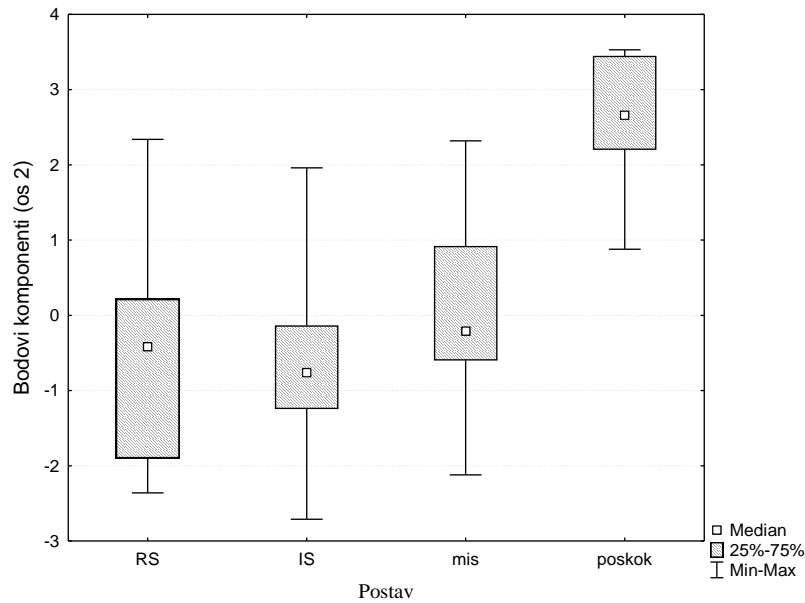


Slika 71. Razlike među postavima u frekvenciji dodirivanja druge jedinke (RS – prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS – prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, mis – prezentiran je miš. Za karakterizaciju varijable pogledati Prilog 1. F ispred varijable označava frekvenciju).

Kao što je već navedeno u poglavlju 6.5.1. u analizi glavnih komponenata na trajanjima ponašanja zadržane su prve četiri osi koje opisuju kumulativno 90,2 % varijance (Tablica 26.). Izračunati su bodovi komponenti i proveden je Kruskal-Wallis test koji je pronašao značajne razlike za os 1 ( $H(3) = 9,926$ ,  $p = 0,02$ ) i 2 ( $H(3) = 20,624$ ,  $p = 0,001$ ) (Slike 72. i 73.). Na grafu nije vidljivo grupiranje među postavima, ali se postav u kojem je prezentiran poskok ipak djelomično izdvaja od ostalih postava (Slika 74.).

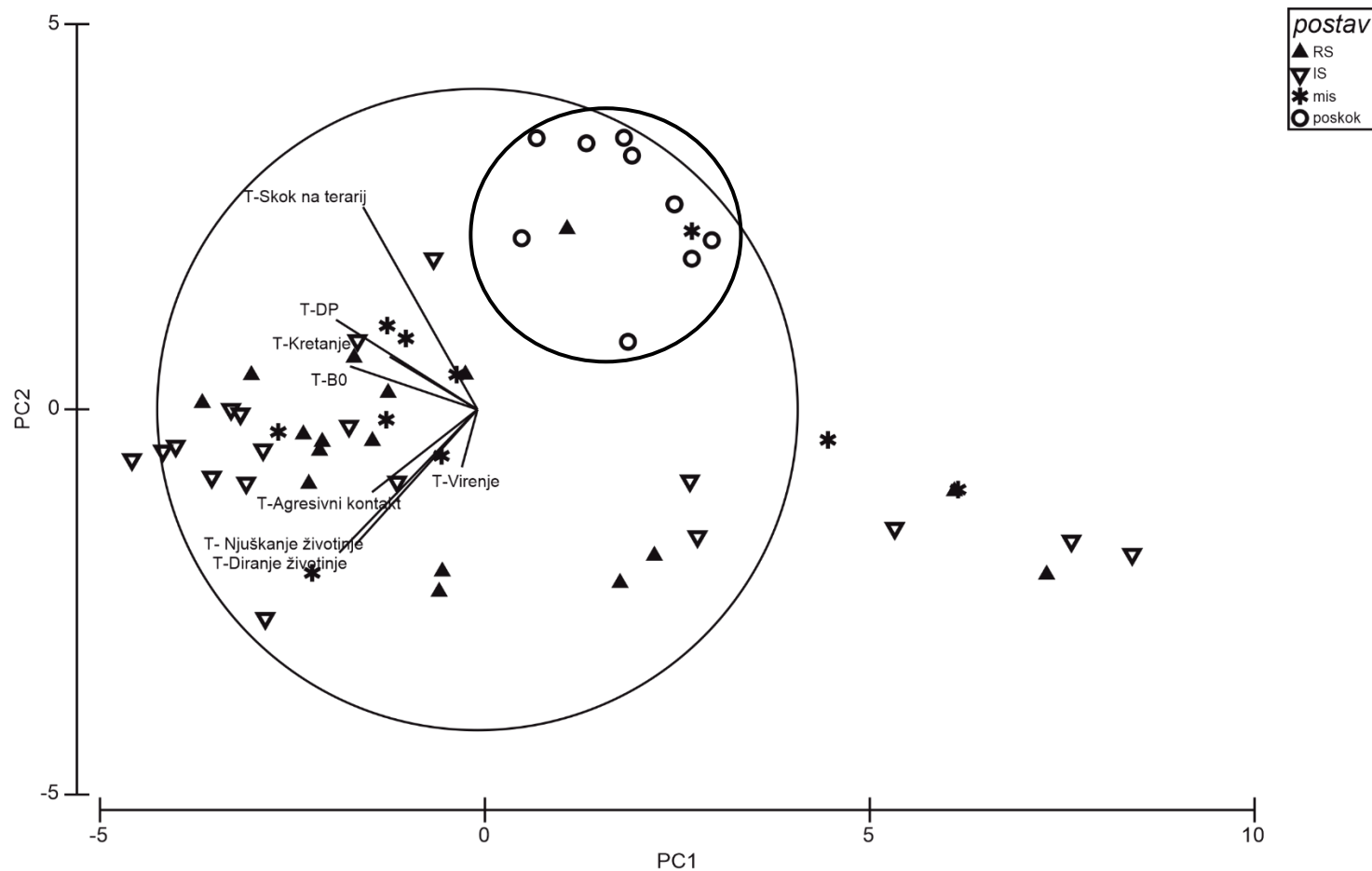


Slika 72. Prikaz razlike među bodovima komponenti PCA analize trajanja ponašanja po postavima na osi 1 (RS prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, mis – prezentiran je miš, poskok prezentiran je poskok).

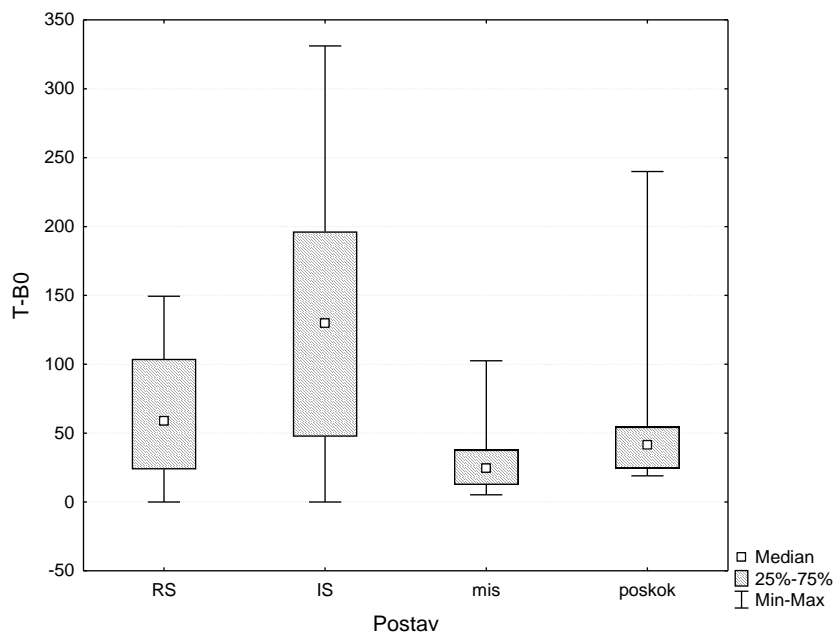


Slika 73. Prikaz razlike među bodovima komponenti PCA analize trajanja ponašanja po postavima na osi 2 (RS prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, mis – prezentiran je miš, poskok prezentiran je poskok).

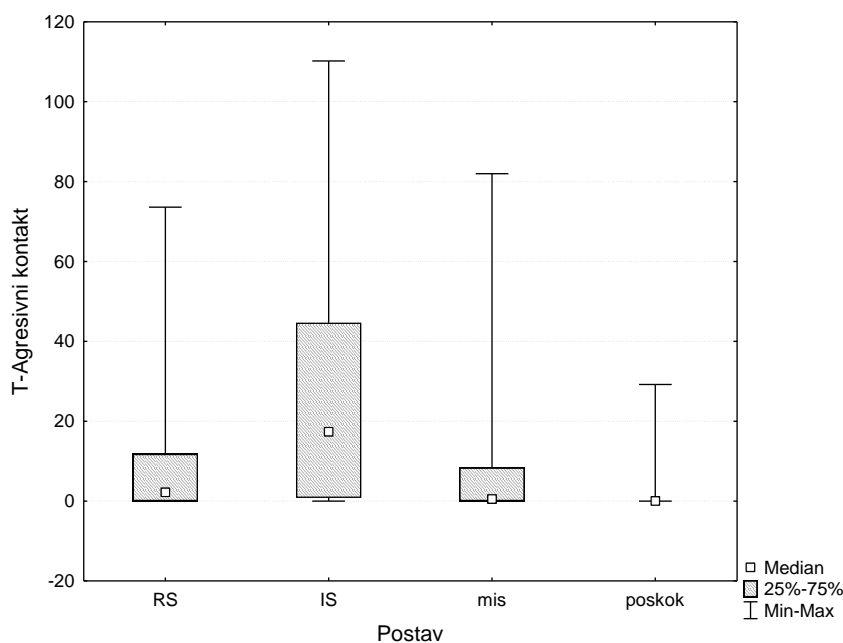
Kako bi se provjerilo da li postav poskoka značajno odvaja postave ujedno je dobiven rezultat provjeren na pojedinačnim ponašanjima Kruskal-Wallis testom koji je pronašao značajnu razliku po postavima i to u vremenu provedenom u mirovanju ( $H(3) = 9,612$ ,  $p = 0,022$ ) (Slika 75.), agresivnom kontaktu ( $H(3) = 10,37$ ,  $p = 0,016$ ) (Slika 76.), njuškanju životinje ( $H(3) = 17,42$ ,  $p < 0,001$ ) (Slika 77.) i dodirivanju jedinke ( $H(3) = 17,398$ ,  $p = 0,007$ ). Značajnu razliku čini ponašanje u postavu sa svlakom poskoka s obzirom na to da uklanjanjem tog postava razlike ostaju samo na vremenu provedenom u mirovanju B0 ( $H(3) = 8,88$ ,  $p = 0,012$ ).



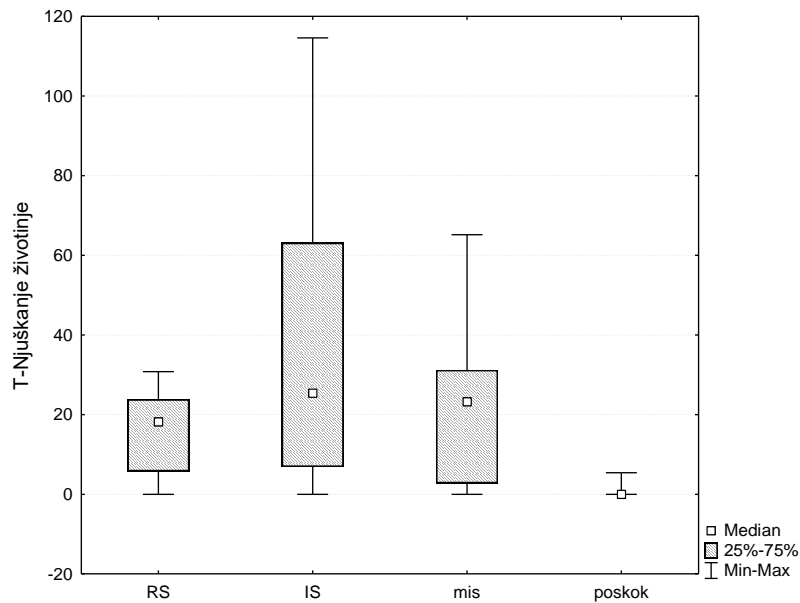
Slika 74. Prikaz PCA analize na trajanjima ponašanja u postavima prezentacije iste vrste i različitih vrsta. Varijable koje doprinose svakoj komponenti prikazane su linijama koje ukazuju na smjer i jačinu odnosa (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje. RS prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, mis – prezentiran je miš, poskok prezentiran je poskok). Manjim krugom su zaokruženi postavi poskoka.



Slika 75. Razlike među postavima u vremenu mirovanja (RS – prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS – prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, mis – prezentiran je miš, poskok – prezentiran je poskok). (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje).



Slika 76. Razlike među postavima u vremenu agresivnog kontakta (RS – prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS – prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, mis – prezentiran je miš, poskok – prezentiran je poskok) (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje).



Slika 77. Razlike među postavima u trajanju njuškanja prezentirane jedinke (RS – prezentirana je jedinka različitog spola od jedinke u eksperimentu, IS – prezentirana je jedinka istog spola kao i jedinka u eksperimentu, mis – prezentiran je miš, poskok – prezentiran je poskok) (za karakterizaciju varijabli pogledati Prilog 1. T ispred varijable označava trajanje).

Latencije do prvog provirivanja, prvog ulaska i prvog prelaska na drugu polovicu se značajno ne razlikuju između spolova, sezona i postava ( $p > 0,05$ ).

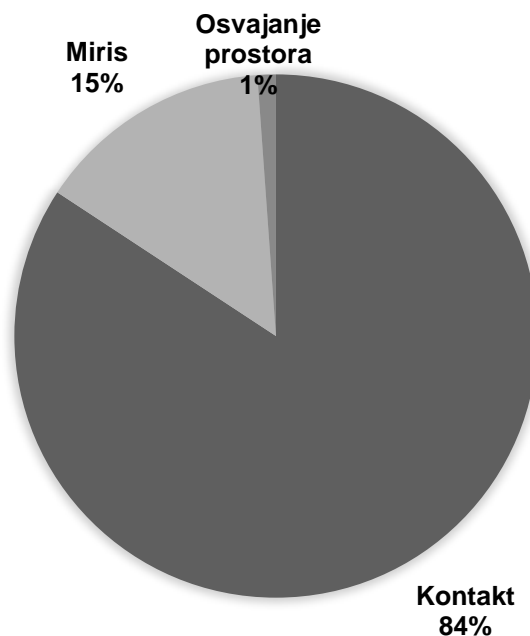
#### 6.5.4. Utjecaj prethodno prezentiranog mirisa na ponašanje u postavu iste, slične vrste i svlaka predatora

Na isti način je analizom glavnih komponenata frekvencija ponašanja (Tablica 25.) gdje prve dvije osi opisuju kumulativno 76,7 % varijance i trajanja ponašanja gdje prve četiri osi opisuju kumulativno 90,2 % varijance (Tablica 26.), provjereno je razlikuje li se ponašanje u ovisnosti o tome je li prethodno ili nije prezentiran miris životinje s kojom je uslijedio kontakt. Izračunati bodovi komponenti se ne razlikuju značajno za frekvencije i trajanja ponašanja u ovisnosti o tome je li prezentiran miris ili nije (Mann-Whitney U test,  $p > 0,05$ ).

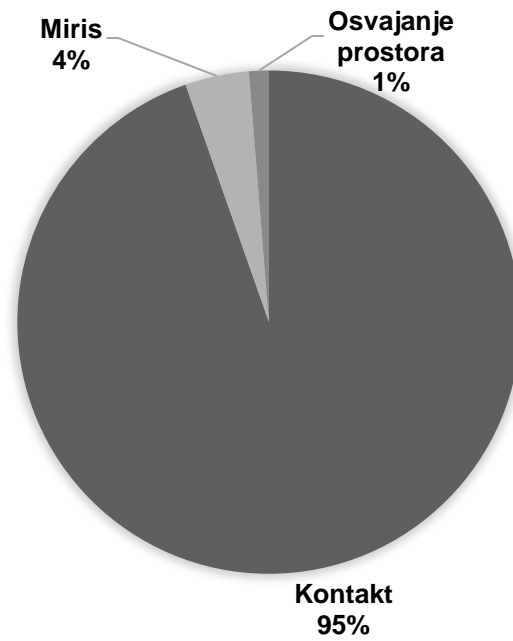
## 6.6. Rezultati – glasanja dinarskog voluhara i ponašanje

Najveći broj glasanja koja su se mogla pridružiti pojedinim mjerenim ponašanjima snimljen je u postavima s prezentiranim jedinkama iste i različite vrste. Kada se istražuje udio glasanja u ukupnom glasanju, no i kada se istražuje udio glasanja u odnosu na trajanje analizirane snimke, potrebno je napomenuti da su zabilježena glasanja obje jedinke koje su u kontaktu i da su ponašanja potencijalno povezana s glasanjem obje jedinke. Nakon toga slijede glasanja u postavima s mirisima, i zadnje prilikom osvajanja novog prostora. S obzirom da je znatno veći broj odnosno trajanje snimaka analizirano u postavima s mirisima veći udio glasanja u ukupnom glasanju u postavima s mirisima iste, različite vrste potencijalnog kompetitora kao i predatora se može pripisati i tome (Slika 78.) dok je situacija drugačija kada se istražuje udio glasanja u odnosu na ukupno trajanje analiziranih snimki (Slika 79.).

Glavnina glasanja može se povezati s ponašanjima pokušaja interakcije ili s interakcijom s prezentiranom jedinkom (njuškanje, diranje životinje, na mreži od terarija u kojem se nalazi jedinka) (Tablica 29.) i kretanju po daljoj polovici terarija (polovici u kojoj je prezentirana jedinka). Tumačenje ponašanja iz svih tablica poglavlja je u Prilogu 1.



Slika 78. Udio glasanja koje je povezano s ponašanjima po postavima u odnosu na ukupno glasanje koje je povezano s ponašanjima (postav s prezentiranom jedinkama, postav s prezentiranim mirisima, osvajanje prostora – istraživanje novog prostora).



Slika 79. Udio glasanja koje je povezano s ponašanjima po postavima u odnosu na ukupno trajanje analiziranih snimki koje je povezano s ponašanjima (postav s prezentiranim jedinkama, postav s prezentiranim mirisom, osvajanje prostora – istraživanje novog prostora).



Tablica 29. Glasanja po ponašanjima u pojednostavljenom postavu (posložena prema rastućoj količini glasanja po pojedinom ponašanju).

<b>Ponašanja u pojednostavljenom postavu</b>	<b>Udio glasanja u odnosu na ukupno glasanje</b>
<b>Postav s prezentiranim jedinkama (ukupno)</b>	<b>0,843</b>
Terarij kontakt	0,002
Virenje	0,002
Bliža polovica kretanje (B 1 i 2)	0,008
Van terarija	0,01
Smrzavanje	0,024
Dalja polovica (nevidljiv)	0,028
Njuškanje mreže	0,035
Timarenje	0,039
Dalja polovica mirovanje (B0)	0,05
Skok na terarij	0,055
Njuškanje životinje	0,076
Diranje životinje	0,095
Mreža	0,159
Dalja polovica kretanje (B 1 i 2)	0,261
<b>Postav s prezentiranim mirisom (ukupno)</b>	<b>0,146</b>
Dalja polovica mirovanje (B0)	0,002
Njuškanje kamena	0,002
Propinjanje na kamen	0,002
Propinjanje na staklo	0,002
Bliža polovica kretanje (B 1 i 2)	0,003
Skok	0,003
Kamen s mirisom	0,005
Njuškanje podloge	0,006
Kamen	0,007
Njuškanje kamena	0,007
Virenje	0,014
Dalja polovica kretanje (B 1 i 2)	0,017
Van terarija	0,028

<b>Ponašanja u pojednostavljenom postavu</b>	<b>Udio glasanja u odnosu na ukupno glasanje</b>
Mreža	0,049
<b>Postav osvajanje prostora (ukupno)</b>	<b>0,011</b>
Van terarija	0,011
<b>Ukupno</b>	<b>1</b>

Kada se istražuje vrijeme provedeno u glasanju u ovisnosti o načinu kretanja i prostoru životinje su se ponovo daleko više glasale u daljoj polovici terarija, i više pri kretanju nego pri mirovanju. Ujedno se dio glasanja događalo kada sama životinja nije bila u terariju (Tablica 30.).

Tablica 30. Vrijeme provedeno u glasanju u ovisnosti o načinu kretanja i prostoru za sve istraživane postave zajedno.

<b>Mjereni parametri</b>	<b>Udio glasanja u ukupnom glasanju</b>
<b>Bliža polovica (ukupno)</b>	<b>0,04</b>
Mirovanje (B0)	0,02
Kretanje (B1)	0,02
<b>Dalja polovica (ukupno)</b>	<b>0,84</b>
Mirovanje (B0)	0,16
Kretanje (B1)	0,57
Kretanje (B2)	0,08
Dalja polovica (nevidljiv)	0,03
<b>Mreža</b>	<b>0,05</b>
<b>Van terarija</b>	<b>0,05</b>
<b>Virenje</b>	<b>0,02</b>
<b>Ukupno</b>	<b>1</b>

U postavu gdje je prezentirana životinja najviše zabilježenih glasanja je za vrijeme kretanja u dijelu terarija u kojem je i prezentirana životinja te prilikom kontakta (diranje, njuškanje životinje) ili pokušaja kontakta sa prezentiranom životinjom (mreža bez životinje, skok na terarij). Dodatno je zabilježeno da se glasaju i prilikom smrzavanja i timarenja. U postavima s mirisom najviše glasanja zabilježeno je za vrijeme kad su na mreži ili van terarija (Tablica 31.).

Tablica 31. Udio ponašanja povezanih s glasanjem po tipu postava.

<b>Ponašanje</b>	<b>Postav s prezentiranim jedinkama</b>	<b>Postav s prezentiranim mirisima</b>	<b>Osvajanje prostora</b>
Skok na terarij	0,055	-	-
Van terarija	0,010	0,028	0,011
Virenje	0,002	0,014	-
Bliža polovica kretanje (B1 i B2)	0,008	0,003	-
Dalja polovica kretanje (B1 i B2)	0,261	0,017	-
Dalja polovica mirovanje (B0)	0,050	0,002	-
Diranje životinje	0,095	-	-
Mreža bez životinje	0,159	-	-
Timarenje	0,039	-	-
Smrzavanje	0,024	-	-
Njuškanje mreže	0,035	-	-
Terarij bez životinje	0,002	-	-
Njuškanje životinje	0,076	-	-
Dalja polovica (nevidljiv)	0,028	-	-
Kamen	-	0,007	-
Propinjanje na kamen	-	0,002	-
Mreža	-	0,049	-
Propinjanje na staklo	-	0,002	-
Skok	-	0,003	-
Njuškanje kamena	-	0,007	-
Njuškanje podloge	-	0,006	-
Njuškanje kamena s mirisom	-	0,002	-
Kamen s mirisom	-	0,005	-

U postavima s prezentacijom mirisa najviše glasanja zabilježeno je u postavu mužjak na miris mužjaka (Slika 80.) i to prilikom penjanja po mrežici te kretanju po daljoj polovici terarija. Dio zabilježenih glasanja u tom je postavu bio i iz matičnog terarija kao i prilikom provirivanja u eksperimentalni terarij. Većina glasanja ženke u dodiru s mirisom miša također je zabilježena prilikom penjanja po mreži terarija, van terarija i prilikom virenja van i u eksperimentalni terarij. U postavu mužjaka u interakciji s mirisom ženke iste vrste zabilježena su glasanja samo prilikom njuškanja i boravka na kamenu (Tablica 32.).

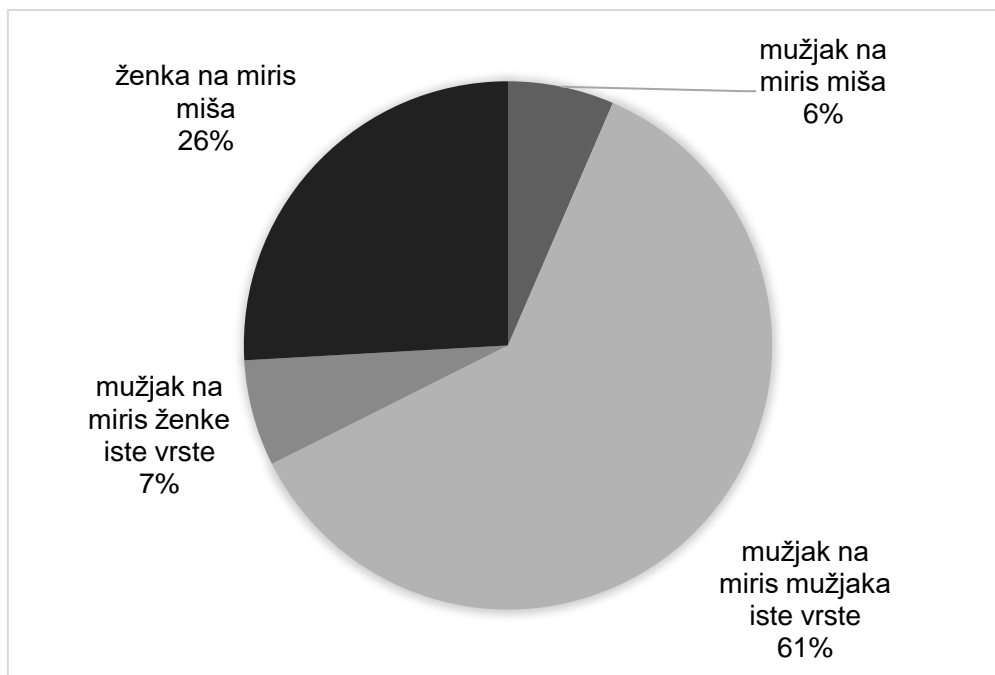
Tablica 32. Udio glasanja u ukupnom glasanju po ponašanjima u ovisnosti o prezentiranom mirisu.

<b>Ponašanja/prezentirani miris</b>	<b>mužjak na miris miša</b>	<b>mužjak na miris mužjaka iste vrste</b>	<b>mužjak na miris ženke iste vrste</b>	<b>ženka na miris miša</b>	<b>ukupno</b>
Bliža polovica kretanje (B1 i B2)	-	0,016	-	0,003	0,018
Dalja polovica kretanje (B1 i B2)	-	0,101	-	0,013	0,114
Dalja polovica mirovanje (B0)	-	0,010	-	-	0,010
Kamen	-	0,003	0,034	0,013	0,049
Kamen s mirisom	-	0,034	-	-	0,034
Kamen propinjanje	-	0,005	-	0,010	0,016
Njuškanje kamena s mirisom	-	0,010	-	-	0,010
Njuškanje kamena	-	0,018	0,031	-	0,049
Njuškanje podloge	-	0,023	-	0,021	0,044
Mreža	-	0,225	-	0,109	0,33
Propinjanje na staklo	-	0,016	-	-	0,016
Skok	-	0,018	-	0,003	0,021
Smrzavanje	-	-	-	-	-
Timarenje	-	-	-	-	-
Van terarija	0,065	0,080	-	0,047	0,192
Virenje	-	0,052	-	0,041	0,093
Ukupno	0,065	0,611	0,065	0,259	1

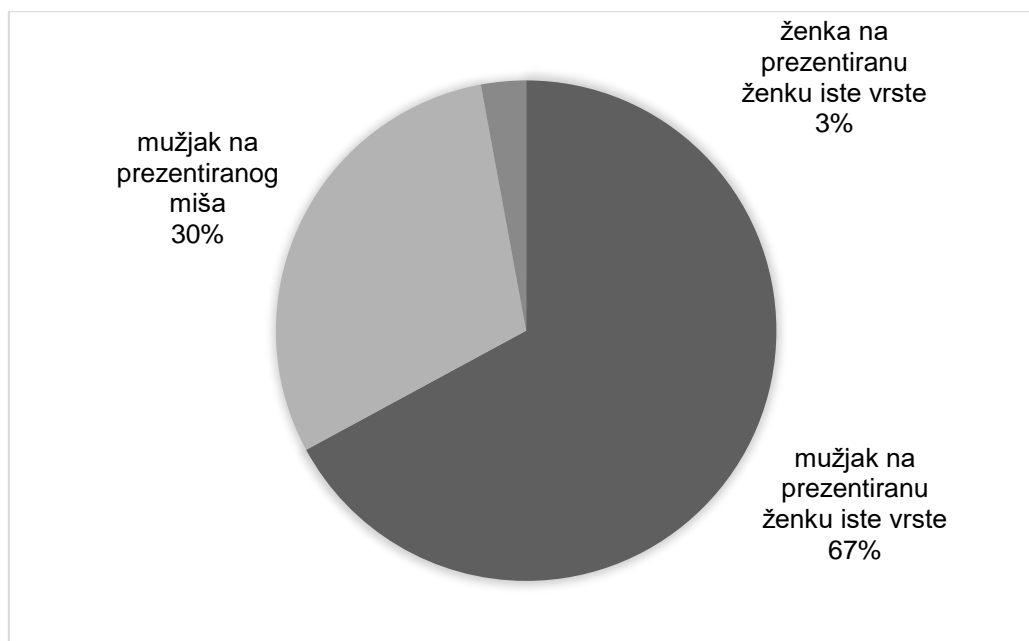
Životinje su se najviše glasale u kontaktu mužjaka i ženki što možemo vidjeti po udjelima u odnosu na ukupno glasanje u svim tipovima kontakta (Slika 81.) gdje je ponašanje povezano s pojedinim ultrazvučnim glasanjem. Velik broj glasanja zabilježen je i tijekom kontakta mužjaka dinarskog voluhara i miša te ženke s ženkom (Tablica 33.).

Tablica 33. Udio glasanja u ukupnom glasanju po ponašanjima u postavima s prezentiranim jedinkama.

<b>Ponašanje/postav – prezentirana jedinka</b>	<b>mužjak na prezentiranu ženku iste vrste</b>	<b>mužjak na prezentiranog miša</b>	<b>ženka na prezentiranu ženku iste vrste</b>	<b>ukupno</b>
Bliža polovica kretanje (B1 i B2)	0,009	-	-	0,009
Dalja polovica kretanje (B1 i B2)	0,199	0,104	0,006	0,310
Dalja polovica mirovanje (B0)	0,060	-	-	0,060
Dalja polovica (nevidljiv)	0,007	0,027	-	0,033
Diranje životinje	0,099	0,013	-	0,113
Mreža bez životinje	0,106	0,068	0,014	0,188
Njuškanje mreže	0,035	0,007	-	-
Njuškanje podloge	-	-	-	-
Njuškanje životinje	0,037	0,044	0,009	0,090
Mreža	-	-	-	-
Propinjanje na staklo	-	-	-	-
Skok	-	-	-	-
Skok na terarij	0,029	0,036	-	0,065
Smrzavanje	0,028	-	-	0,028
Terarij kontakt	0,002	-	-	0,002
Timarenje	0,046	-	-	0,046
Van terarija	0,012	-	-	0,012
Virenje	0,003	-	-	0,003
<b>Ukupno</b>	<b>0,671</b>	<b>0,300</b>	<b>0,029</b>	<b>1,000</b>



Slika 80. Udio glasanja povezanih s ponašanjima po postavima s prezentiranim mirisima.



Slika 81. Udio glasanja povezanih s ponašanjima po postavima s prezentiranim jedinkama.

## 6.7. Rezultati analize izbora hrane i načina skladištenja

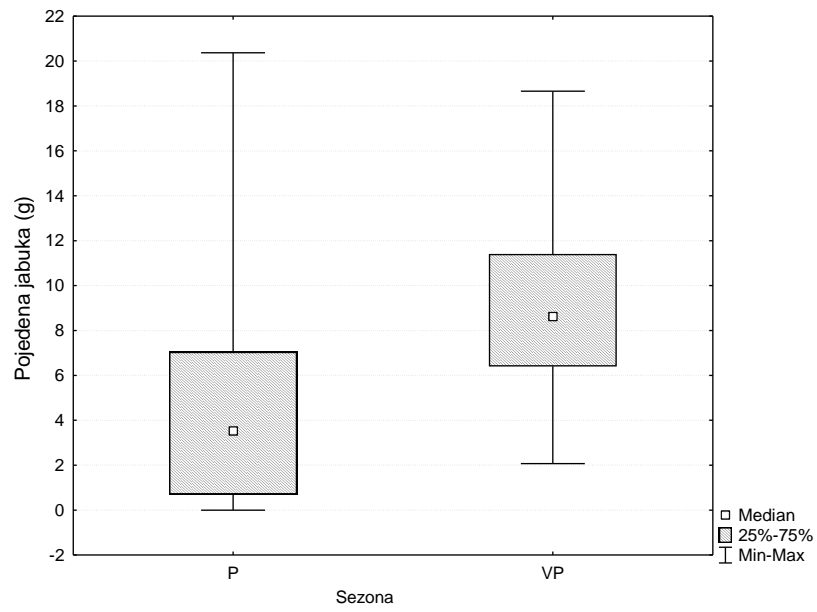
Broj životinja u eksperimentima izbora hrane i načina skladištenja bio je 14 (pogledati opise postava 7 i 8, poglavlje 5.4.5.). Provedena su i analizirana 54 eksperimenta s obzirom da su sve životinje ušle u eksperimentalni terarij. Broj eksperimenata po postavu je prikazan u Tablici 34. Prilikom analize podataka zanemaren je utjecaj spola, ali je uzet u obzir utjecaj sezone.

Tablica 34. Broj eksperimenata u postavima istovrsne hrane u kojima je uskladištena sva jabuka i raznovrsne hrane u kojima je uskladišten sva ponuđena hrana (radič i jabuka).

<b>Postav</b>	<b>Broj eksperimenata u kojima je uskladišten sav radič</b>	<b>Broj eksperimenata gdje je uskladištena sva jabuka</b>	<b>Ukupan broj eksperimenata</b>
Raznovrsna hrana	4	12	14
Istovrsna hrana	-	31	40
			54

Jedinke su u postavu s raznovrsnom hranom odnosno kada je bilo ponuđeno dvije vrste hrane (hrana 1 – jabuka i hrana 2 – radič) bile ukupno 14 puta od kojih su samo 4 puta uskladištile sav ponuđeni radič. Ujedno je u tom istom postavu jabuka ostala neusklađena samo 2 puta i to manje količine (16,1 g i 22,6 g). U postavu s istovrsnom hranom odnosno samo jabukom postavljenom bliže (hrana 1) i dalje (hrana 2) jedinke su bile 40 puta, a većinom su uskladištile su svu ponuđenu jabuku (Tablica 35.). Niti jedna jedinka nije odabrala ponuđena skladišta u eksperimentalnim terarijima kako bi uskladištila hranu, iako su povremeno ulazile u njih. Hranu su uskladištile u skladištima u matičnom terariju i to već postojećim (unutarnjim) i novim. Jedino unutarnje novo skladište bilo je ispod kamena, a ostala su bila na otvorenom. U raznovrsnom postavu životinje nisu skladištile jednu vrstu hrane u skladištima nego su u istom skladištu skladištile i jabuku i radič, zajedno sa ostalom hranom koju su dobile tijekom dana. Životinje nisu uvijek jele hranu koja im je ponuđena. Maksimalna količina pojedene radiča je bila 22,68 g s medijanom 8,71 g. Maksimalna kao i medijan pojedene jabuke su bili niži te su značajno manje jeli jabuke u sezoni parenja u odnosu na van sezone parenja (Tablica 36., Slika 82.) (Mann-Whitney U test  $U = 138,5$ ,  $p = 0,001$ ), dok se te vrijednosti za radič značajno ne razlikuju (Mann-Whitney U test  $p > 0,05$ ).





Slika 82. Razlike u pojedenoj jabuci u ovisnosti o sezoni parenja.

Tablica 35. Pregled količine pojedene, ostavljene ili uskladištene hrane po postavima u obje sezone.

<b>Postav</b>	<b>Mjereni parametar</b>	<b>Median</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
Raznovrsni postav	Ostavljeno radiča (g)	67,75	0	89,07
	Ostavljeno jabuke (g)	0	0	22,6
Istovrsni postav	Ostavljeno jabuke (g)	0	0	155,46
	Ukupno uskladištena jabuka (g)	183,1	34,03	191,31
Raznovrsni postav	Ukupno uskladištena jabuka (g)	88,8	54,36	94,68
	Ukupno uskladišten radič (g)	9,13	0	88,07
Istovrsni postav	Pojedena jabuka (g)	3,94	0	20,37
Raznovrsni postav	Pojedena jabuka (g)	4,13	0	18,66
	Pojeden radič (g)	8,71	0	22,68
	Pojedeno ukupno (g)	6,5	0	36,16
Oba postava	Broj skladišta (ukupni)	4	2	9
Raznovrsni postav	Broj skladišta (ukupni)	2	2	9
Istovrsni postav	Broj skladišta (ukupni)	4	2	9
Oba postava	Vanjska skladišta bliže izlazu (VBI) broj	0	0	5
Raznovrsni postav		1	0	2
Istovrsni postav		0	0	5
Oba postava	Vanjska skladišta dalje od izlaza (VDI) broj	2	0	4
Raznovrsni postav		2,5	0	4
Istovrsni postav		2	0	4
Oba postava	Unutarnja skladišta bliže izlazu (UBI) broj	1	0	1
Raznovrsni postav		1	0	1
Istovrsni postav		1	0	1
Oba postava	Unutarnja skladišta dalje od izlaza (UDI) broj	1	0	2
Raznovrsni postav		1	0	2
Istovrsni postav		1	0	2

Tablica 36. Količina pojedene hrane po sezonama i po tipu hrane.

<b>Tip pojedene hrane</b>	<b>Obje sezone medijan (min – max) (g)</b>	<b>Sezona parenja medijan (min – max) (g)</b>	<b>Van sezone parenja medijan (min – max) (g)</b>
Radič	<b>8,705</b> (0 22,68)	<b>4,935</b> (0 14,8)	<b>14,75</b> (5,51 22,68)
Jabuka	<b>4,27</b> (0 20,37)	<b>3,53</b> (0 20,37)	<b>8,625</b> (2,07 18,66)
Ukupno pojedena hrane	<b>6,92</b> (0 36,16)	<b>4,085</b> (0 27,57)	<b>10,41</b> (2,07 36,16)

Nisu pronađene razlike u količini uskladištene jabuke niti u ukupnom broju skladišta, no niti u ukupnom broju oznaka u ovisnosti o tome da li je prostor prethodno označen mirisom (Mann-Whitney U test  $p > 0,05$ ).

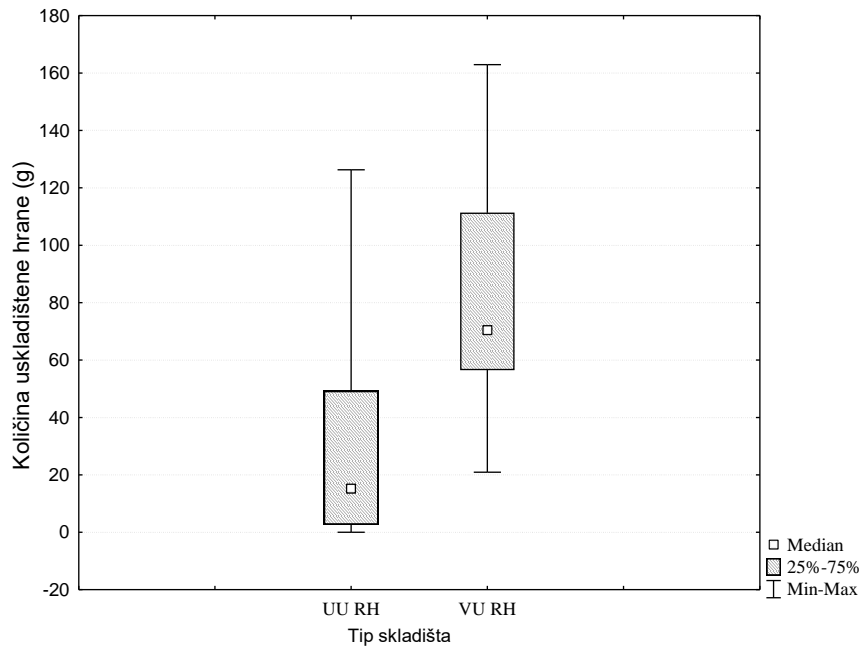
### **6.7.1. Razlike u skladištenju istovrsne i raznovrsne hrane u ovisnosti o tipu i lokaciji skladišta**

Razlike u skladištenju u ovisnosti o tipu i lokaciji skladišta su analizirane posebno u postavu istovrsne, a posebno raznovrsne hrane. Prilikom analiziranja razlika u skladištenju zanemaren je potencijalan utjecaj spola s obzirom da se nije očekivala reakcija u skladištenju u odnosu na spol. Prvo su analizirane razlike u skladištenju u obje sezone zajedno, a zatim u sezoni parenja i van sezone parenja.

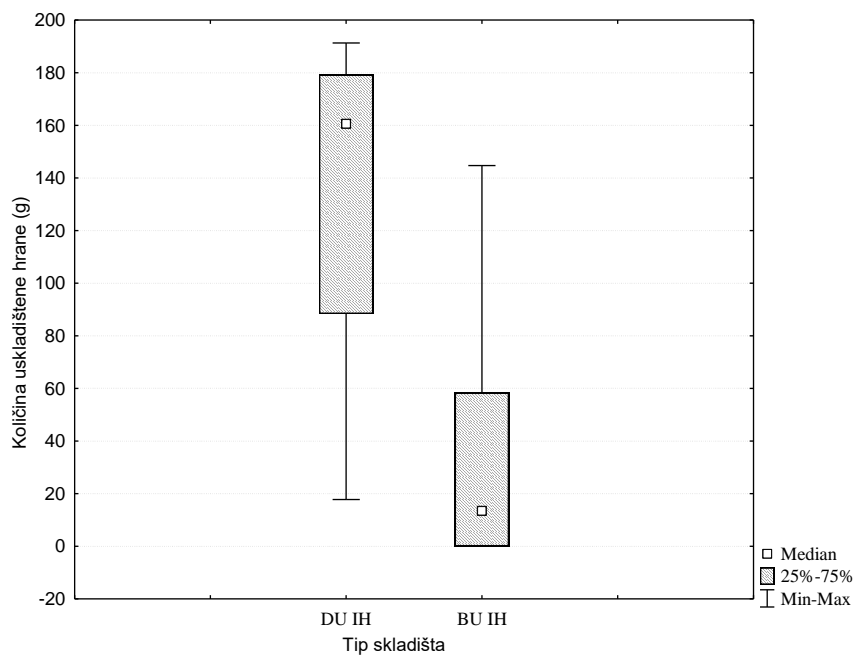
#### **6.7.1.1. Razlike u skladištenju u ovisnosti o tipu i lokaciji skladišta u obje sezone zajedno**

Ukupan broj skladišta se ne razlikuje između sezona niti u postavima istovrsne niti raznovrsne hrane (Mann-Whitney U test  $p > 0,05$ ).

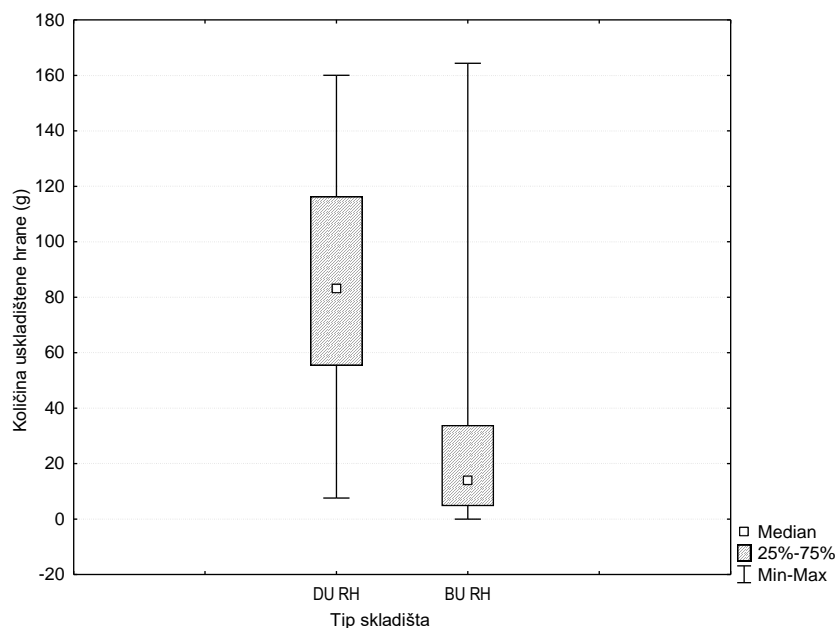
Ukupna težina uskladištene hrane u vanjskim u odnosu na unutarnja skladišta hrane u istovrsnom postavu u obje sezone se ne razlikuje značajno (T-test;  $p > 0,05$ ). Za razliku od toga u postavu raznovrsne hrane se razlikuje značajno (T-test;  $t(26) = -3,116$ ,  $p = 0,004$ ) (Slika 83.). S druge strane se ukupno uskladištena hrana u istovrsnom (T-test;  $t(78) = 9,522$ ,  $p < 0,001$ ) (Slika 84.) i raznovrsnom postavu (T-test;  $t(26) = 2,945$ ,  $p = 0,006$ ) u daljoj u odnosu na bližu polovicu terarija značajno razlikuje (Slika 85.).



Slika 83. Prikaz razlika u ukupno uskladištenoj hrani (jabuka i radič (g)) u unutarnjim skladištima raznovrsne hrane (UU RH) i vanjskim skladištima raznovrsne hrane (VU RH) u odnosu na izlaz u eksperimentalni terarij u obje sezone.



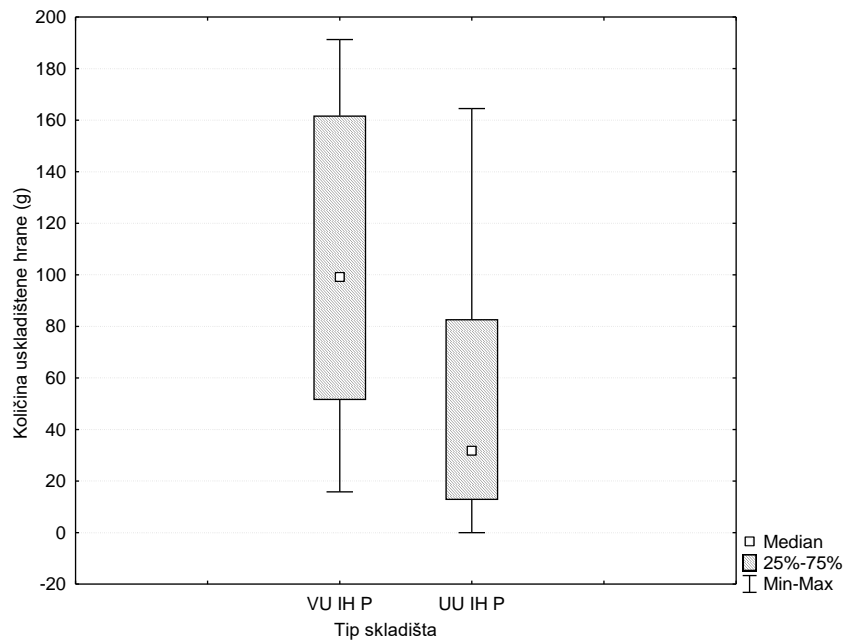
Slika 84. Prikaz razlika u ukupno uskladištenoj hrani (jabuka (g)) u daljim skladištima istovrsne hrane (DU IH) i bližim skladištima istovrsne hrane (BU IH) u odnosu na izlaz u eksperimentalni terarij u obje sezone



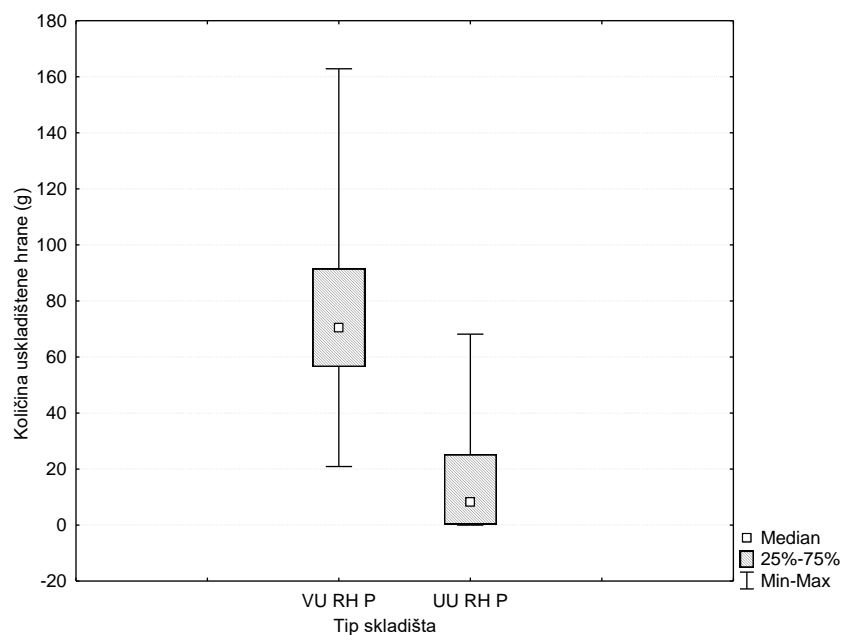
Slika 85. Prikaz razlika u ukupno uskladištenoj hrani (jabuka i radič (g)) u daljim skladištima raznovrsne hrane (DU RH) i bližim skladištima raznovrsne hrane (BU RH) u odnosu na izlaz u eksperimentalni terarij u obje sezone

#### 6.7.1.2. Razlike u skladištenju u ovisnosti o tipu i lokaciji skladišta u sezoni parenja

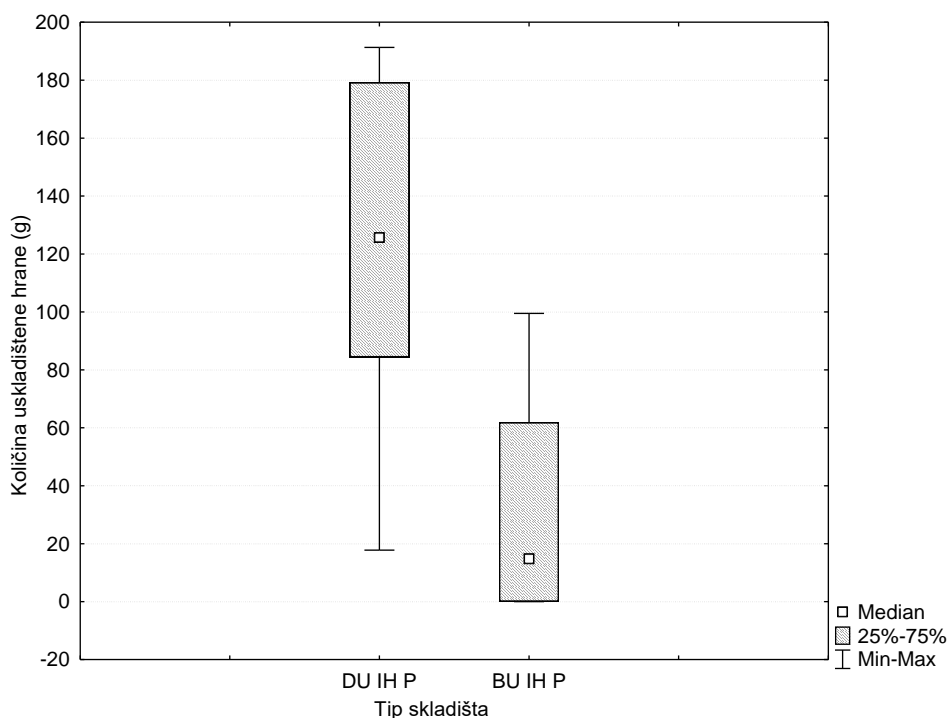
Ukupna težina uskladištene hrane između vanjskih i unutarnjih skladišta u istovrsnom (T-test,  $t(54) = 3,724$ ,  $p < 0,001$ ) (Slika 86.) i raznovrsnom postavu (T-test,  $t(18) = 4,025$ ,  $p < 0,001$ ) u sezoni parenja se razlikuje značajno (Slika 87.). Ukupno uskladištena hrana u daljoj u odnosu na bližu polovicu terarija se značajno razlikuje u postavu istovrsne hrane (T-test;  $t(54) = 7,58$ ,  $p < 0,001$ ) (Slika 88.), kao i postavu raznovrsne hrane u sezoni parenja (T-test;  $t(18) = 4,221$ ,  $p = 0,001$ ) (Slika 89.).



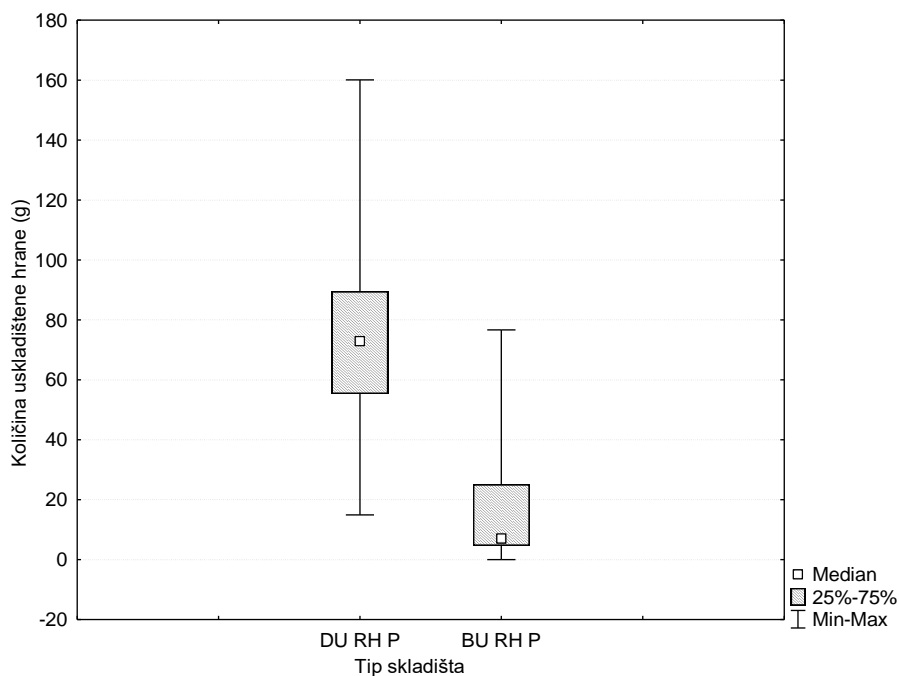
Slika 86. Prikaz razlika u ukupno uskladištenoj hrani (jabuka (g)) u vanjskim skladištima u istovrsnom postavu u sezoni parenja (VU IF P) u odnosu na unutarnja skladišta u istovrsnom postavu u sezoni parenja (UU IH P).



Slika 87. Prikaz razlika u ukupno uskladištenoj hrani (radič i jabuka (g)) u vanjskim skladištima u raznovrsnom postavu u sezoni parenja (VU RH P) u odnosu na unutarnja skladišta u raznovrsnom postavu u sezoni parenja (UU RH P).



Slika 88. Prikaz razlika u ukupno uskladištenoj hrani (jabuka (g)) u daljim skladištima postava istovrsne hrane u sezoni parenja (DU IH P) i bližim skladištima postava istovrsne hrane u sezoni parenja (BU IH P) u odnosu na izlaz u eksperimentalni terarij.

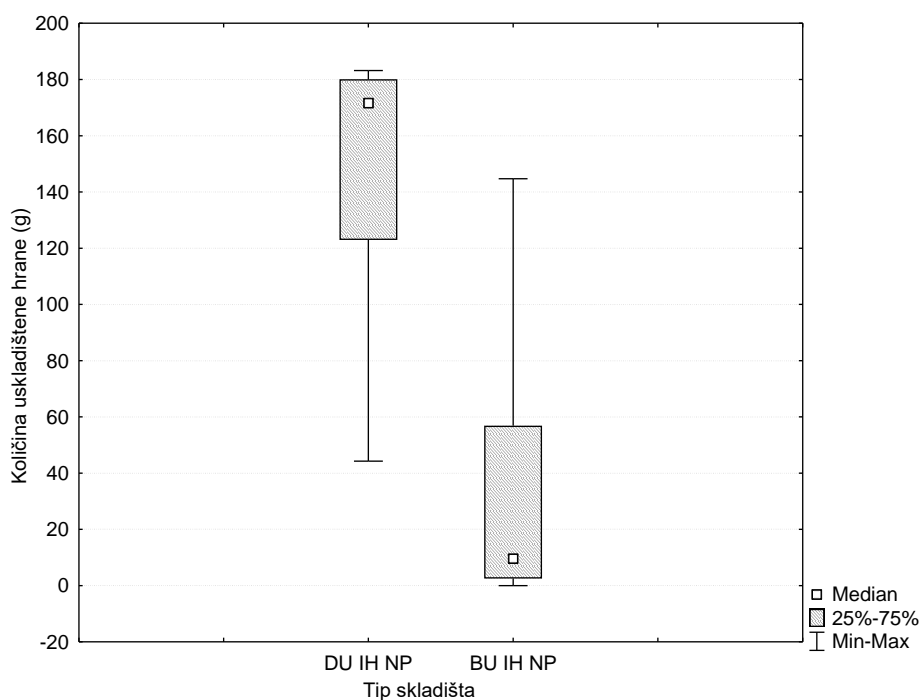


Slika 89. Prikaz razlika u ukupno uskladištenoj hrani (radič i jabuka (g)) u daljim skladištima postava raznovrsne hrane u sezoni parenja (DU RH P) u odnosu na bliža skladišta postava raznovrsne hrane u sezoni parenja (BU RH P) u odnosu na izlaz u eksperimentalni terarij.



### 6.7.1.3. Razlike u skladištenju u ovisnosti o tipu i lokaciji skladišta van sezone parenja

Ukupno uskladištena hrana u istovrsnom postavu u daljoj u odnosu na bližu polovicu terarija značajno se razlikuje (T-test;  $t(22) = 5,788$ ,  $p < 0,001$ ) (Slika 90.). Ukupno uskladištena hrana u raznovrsnom postavu u daljoj u odnosu na bližu polovicu terarija se značajno ne razlikuje (T-test;  $p > 0,05$ ). Dodatno, ukupna težina uskladištene hrane u istovrsnom niti u raznovrsnom postavu u vanjskim u odnosu na unutarinja skladišta van sezone parenja značajno se ne razlikuje (T-test;  $p > 0,05$ ).



Slika 90. Prikaz razlika u ukupno uskladištenoj hrani (jabuka (g)) u daljim skladištima u istovrsnom postavu van sezone parenja (DU IH VP) u odnosu na bliža skladišta u istovrsnom postavu van sezone parenja (BU IH VP) u odnosu na izlaz u eksperimentalni terarij.

## 7. RASPRAVA

### 7.1. Karakterizacija lokaliteta u prirodi na kojima je provedeno istraživanje

Karakteristike staništa koje su se u prijašnjim istraživanjima pokazale ključnima za prisutnost vrste (Petrov i Todorović 1982; Antolović i sur. 2006) su se pokazale značajnima i u okviru ovog istraživanja. Ovakav rezultat je u skladu sa očekivanim s obzirom da su prilikom istraživanja dinarskog voluhara za postavljanje kamera ciljano traženi lokaliteti pogodni za ovu vrstu (Selanec i Budinski 2014). Ipak treba napomenuti da na onim lokalitetima na kojima tijekom ovog istraživanja vrsta nije nađena, ne može se isključiti da generalno nije prisutna s obzirom na ograničenja i neujednačenost u analiziranom broju dana. Nađene su razlike među lokalitetima u ovisnosti o tome da li su u blizini nađene rupe, prilazi i grižene biljke. Kao ključna karakteristika staništa dinarskog voluhara se većinom spominje prisutnost dubokih škrapa (Petrov i Todorović 1982; Kryštufek i Bužan 2008). Iako su na svim lokalitetima prisutni ulazi u podzemlje i dio škrapa na kojima se vidi dno, samo jednu grupu lokaliteta (Sokolove Staje 1 i 2, Bartulovići 1 i 2 i Gornja Brela 2) povezuje i izdvaja karakteristika dominantnih dubokih škrapa na kojima se ne vidi dno u radijusu od 5 i 50 m. To je prva od tri glavne grupe koje su izdvojene u analizi. Druga grupa lokaliteta se grupirala po karakteristikama uravnanja terena na 5 i 50 m, travama te zeljastim biljkama višim od 15 cm (Sv. Jure, Lađane, Marasi 2, Vošac). Djelomično su s tim karakteristikama povezani lokaliteti Župa i Amfora, no na grafu su smješteni između lokaliteta s uravnanjima, travama i zeljastim biljkama i onih s dominantnom prisutnosti dubokih škrapa. S obzirom da vrsta u prehrani koristi velik broj zeljastih biljaka, a u izgradnji gnijezda primarno trave (Petrov i Todorović 1982; Katanović 2013), dostupnost takvog tipa hrane je bitna no možda ne i eliminacijski faktor s obzirom da vrsta nije specijalizirana na samo tu skupinu biljaka nego se može hraniti i grmolikim i drvenastim biljkama (Petrov i Todorović 1982; Rezo 2014; Katanović 2013). Dodatno je dostupnost hrane bitna s obzirom da je životinja aktivna cijele godine (Petrov i Todorović 1982) iako u tom smislu treba uzeti u obzir i da cijele godine skladišti hranu (Petrov i Todorović 1982), čak i na ledu (Antolović i sur. 2006). Treća grupa lokaliteta se grupirala s obzirom na veći nagib terena i puno stijenja u radijusu od 5 i 50 m (Bast 1 i 2, Gornja Brela, Stanić, Topnički Put, Staza, Milići). Hrpe kamenja i stijene se također spominju u literaturi kao karakteristika staništa bitna za prisutnost vrste, no ne i kao ključna karakteristika (Petrov i Todorović 1982).

Lokaliteti na kojima u okviru ove analize nisu pronađeni dinarski voluhari nisu se izdvojili po nekim karakteristikama. Ipak, u grupi lokaliteta s uravnanjima terena, travama i višim zeljastim biljkama nema niti jednog lokaliteta bez nalaza, a ima najviše lokaliteta s velikim brojem pojedinačnih nalaza. S obzirom da je broj griženih biljaka bio velik na lokalitetima na kojima u okviru ovog rada nisu pronađeni dinarski voluhari, oni mogu potencijalno biti trag neke druge vrste malih sisavaca. Ujedno je ono što je okarakterizirano kao prisutnost rupa i prolaza ponekad bilo i na lokalitetima bez nalaza, no u većini na lokalitetima s najvećim brojem nalaza.

Iz gore navedenog se može pretpostaviti da, iako su karakteristike staništa na kojima se nalaze dinarski voluhari predvidive i sukladne dosadašnjoj literaturi (Petrov i Todorović 1982; Antolović i sur. 2006), može ih se nadopuniti s karakteristikama kao što je prisutnost uravnanja terena s travama i zeljastim biljkama koja se i izdvajaju većim brojem nalaza i potencijalno bi mogla utjecati na brojnost vrste koja ovim istraživanjem nije mogla biti utvrđena. Dnevne nalaze bi se moglo povezati s blizinom gnijezda s obzirom na podatke o aktivnosti vrste (Kryštufek i sur. 2010) kao i preliminarna istraživanja provedena u ovom radu. Većina istraživanih lokaliteta na kojima je pronađena vrsta ima dnevne nalaze, no na nekima, primjerice na lokalitetu Vošac predstavljaju više od polovice pronađenih nalaza. Iz preliminarnih istraživanja aktivnosti u zatočeništvu vidljivo je da su životinje aktivne tijekom cijelog dana, no i da ima više nalaza po zalasku sunca što je identično podacima o ulovu iz prirode (Kryštufek i sur. 2010) kao i nedavnim istraživanjima povezanim uz postavljene kamere u divljini (Lisičić i sur. u objavi).

Iako je u radu prikazan broj, odnosno svi dnevni i noćni nalazi, kao i udio tih nalaza u odnosu na lovni napor, to nam ne govori puno o brojnosti vrste na lokalitetima s obzirom da se u analizi snimki ne mogu razlikovati životinje pa je pojedina životinja mogla biti zabilježena više od jednom. Grupiranje lokaliteta ujedno govori o tome što istraživači prepoznaju kao staništa za vrstu s obzirom na prijašnja istraživanja i literaturne podatke (Petrov i Todorović 1982). Ono što bi se dodatno trebalo istražiti je prisutnost u odnosu na širi spektar karakteristika staništa, brojnost i kako su karakteristike staništa povezane s prisutnosti odnosno brojnosti.

Zaključno, sukladno literaturi, najviše je nalaza dinarskih voluhara bilo noću i to oko lokaliteta koji imaju dosta izvora hrane za dinarskog voluhara – trava i zeljastih biljaka (Petrov i Todorović 1982) te su bez dominantnog pokrova drveća. Rezultati ovog istraživanja također potvrđuju da je važna karakteristika staništa dinarskog voluhara prisutnost dubokih škrapa i stijena, no ne nužno kao jedina dominantna karakteristika staništa.

## **7.2. Razlike među spolovima**

Razlike među spolovima su istraživane u postavima: osvajanje odnosno istraživanje prostora različite kompleksnosti, reakcija na mirise i prisutnost iste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora. Prijašnja istraživanja ne govore o razlikama među spolovima kod dinarskog voluhara tako da se rezultati dobiveni ovim radom ne mogu usporediti s dosadašnjim podacima o vrsti. Dodatno je bitno napomenuti da su mužjaci zbog ograničene veličine uzorka, istraživani samo u sezoni parenja tako da bi daljnja istraživanja trebala uključiti i mužjake van sezone parenja.

### **7.2.1. Utjecaj spola na osvajanje prostora različite kompleksnosti**

Istraživanja dinarskog voluhara su pokazala da su u slučaju osvajanja teritorija različite kompleksnosti izostale razlike po spolu prilikom analize frekvencija ponašanja i većine trajanja ponašanja osim vremena provedenog u virenju koje je više kod mužjaka uz veći boravak ženki na daljoj polovici. Dodatno se prilikom osvajanja novog prostora različite kompleksnosti, latencije do prvog provirivanja, ulaska na bližu ili dalju polovicu nisu značajno razlikovale među spolovima. Izostanak razlika u ponašanju među spolovima je dobiven i kod istraživanja miševa (Lodewijckx 1984a). Kod istraživanja malih sisavaca ponekad se pokazuju razlike u aktivnostima između mužjaka i ženki, s tim da su većinom mužjaci aktivniji (Eccard i Herde 2013; Lynn i Brown 2009; Pisula i Siegel 2005). U drugim istraživanjima gdje se istraživalo ponašanje jedinki prije spolne zrelosti su se ženke pokazale aktivnijima (Lynn i Brown 2009). Razlike u istraživačkoj aktivnosti općenito između mužjaka i ženki mogu biti povezane s teritorijalnim ponašanjima koja su povezana sa socijalnosti (Ims 1987). Dodatno se u literaturi spominje da dostupnost hrane utječe na teritorijalnost malih sisavaca, odnosno u slučaju da je hrana lako dostupna teritorijalni su mužjaci, a u slučaju da hrane ima malo teritorijalne su ženke, a da su rijetko jednako teritorijalna oba spola (Ostfeld 1990). Kod dinarskih voluhara dostupnost određenih tipova hrane varira kroz sezone, ali vrsta konzumira širok spektar hrane (Petrov i Todorović 1982), koja je točkasto rasprostranjena zbog karakteristika staništa (Luque-Larena i sur. 2004). Kod kompetitora dinarskog voluhara *C. nivalis* su ženke teritorijalne, a teritoriji mužjaka kao i između spolova se preklapaju (Luque-Larena i sur. 2004).

### **7.2.2. Utjecaj spola na ponašanje jedinki prilikom reakcije na mirise iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora**

Istraživanjem se nisu pokazale velike razlike u odnosu na spol s obzirom na reakciju na prezentirane mirise iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora ni predatora. Male razlike koje jesu pronađene su u setu ponašanja: frekvencija virenja i timarenja te trajanju virenja u kombinaciji sa trajanjem njuškanja više povezanim s mužjacima. Njuškanje se može kao i kod miševa povezati s istraživačkim ponašanjem (Lodewijckx 1984a), a u kontekstu povećane frekvencije timarenja povezati s potrebom širenja vlastitog mirisa (Ferkin i Leonard 2010). Dodatno, među jedinkama koje nisu ušle na mirise viši je broj ženki (na miris istog spola, različitog spola i dva puta na miris poskoka) dok u sve postavbe sa prezentiranim mirisima nije ušao samo jedan mužjak. Taj rezultat bi mogao govoriti o kompetitivnosti mužjaka (Gosling i Roberts 2001; Ferkin 2015) ili znatiželji i potrebi da se istraže mirisi (Byrne 2013). Potreba da se istraže mirisi je povezana s manjkom agresivnosti odnosno teritorijalnosti kod voluharica (Ferkin i Seamon 1987). S obzirom da u postavu bez mirisa životinje nisu velik broj puta stavile oznake, a u ovim postavima jesu, mjerila sam i razlike među oznakama. Tako su nađene razlike u ponašanju povezanom uz označavanje, točnije mužjaci su značajno više označavali od ženki što je slično kao kod drugih vrsta malih sisavaca kod kojih se povezuje s teritorijalnosti i kompetitivnosti mužjaka (Gosling i Roberts 2001; Hurst 1990c).

### **7.2.3. Utjecaj spola na ponašanje jedinki prilikom reakcije na prisutnost jedinki iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora**

U eksperimentima sa socijalnim kontaktom među spolovima se pokazala razlika u označavanju eksperimentalnog terarija. Tako su u kontaktu s jedinkom iste ili druge vrste mužjaci značajno više označavali od ženki što je slično kao i u nekim drugim istraživanjima malih sisavaca gdje se spominje koje sve informacije ženke dobivaju iz oznaka kao i označavanje mužjaka kao znak kompetitivnosti (Gosling i Roberts 2001). Iako veći broj ženki nije ušao u eksperiment ta se razlika nije pokazala značajnom. Oklijevanje ženki u odnosu na mužjake bi moglo govoriti o većoj sklonosti socijalnom kontaktu kod mužjaka kao što je pronađeno i kod juvenilnih miševa

(Cox i Rissmana 2011). S tim se podatkom mogu povezati i već spomenuti nalazi kod drugih vrsta koji su pokazali veću aktivnost mužjaka (Eccard i Herde 2013; Pisula i Siegel 2005).

### **7.3. Razlike među sezonama**

Razlike među sezonama sam istraživala u postavima: osvajanje prostora različite kompleksnosti, reakcija na mirise i prisutnost iste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora te izbora i skladištenja hrane. Prijašnja istraživanja ne obrađuju sezonalne razlike u aktivnosti vrste, ali govore o tome da je vrsta aktivna tijekom cijele godine (Petrov i Todorović 1982) i da je reproduktivno aktivna u određenom dijelu godine (Kryštufek i sur. 2010) što može dovesti do sezonalnih razlika u ponašanju kao i kod drugih vrsta malih sisavaca (Barret i Peles 1999). Ovim istraživanjem su pokrivena razlike među sezonama kod ženki s obzirom na to da mužjaci zbog malog broja životinja nisu istraživani van sezone parenja. Dodatno, su sezonalne razlike među ženkama istraživane i nađene kod voluharica (Hoset i sur. 2007; Ondrasek i sur. 2015). U dodatnim istraživanjima bilo potrebno uključiti i mužjake, pogotovo s obzirom da su primjerice kod miševa razlike u istraživačkoj aktivnosti nađene samo kod mužjaka (Lodewijckx 1984b).

#### **7.3.1. Utjecaj sezone na osvajanje prostora različite kompleksnosti**

Nađene su razlike među sezonama u manjem broju ponavljanja eksperimenata prije ulaska životinja u eksperimentalni terarij različite kompleksnosti (postav 1, 2 i 3). Taj rezultat upućuje na to da će se životinje prije upustiti u istraživačka ponašanja u sezoni parenja nego van sezone parenja što bi moglo biti povezano sa sezonalnim razlikama u upotrebi prostora (Hoset i sur. 2007). Pokazivanje odvažnosti u eksperimentima tijekom sezone parenja može biti povezano s većom odvažnosti i sklonosti za preuzimanje rizika u prirodi prilikom potrage za novim teritorijima ili potencijalnim partnerima za razmnožavanje kao što je to slučaj kod drugih voluharica (Eccard i Herde 2013). Set ponašanja vezanih uz promjene u brzini kretanja, točnije frekvencije bržeg (B2), sporijeg (B1) kretanja i mirovanja (B0), pokazuju veće opterećenje na os 1 odnosno značajno su više u sezoni parenja. Ta češća promjena brzine kretanja iz sporog u brzo i obrnuto te promjena iz mirovanja u kretanje bi mogla indicirati veću aktivnost što se

može usporediti s mnogim drugim mali sisavcima koji pokazuju veću aktivnost na proljeće i ljeto u odnosu na zimu (Lodewijckx 1984b; Eccard i Herde 2013). Dodatno bi te promjene u aktivnosti mogle biti povezane sa sezonalnim uzorcima kretanja (Hoset i sur. 2007). S druge strane sezonalne razlike u kontekstu istraživanja prostora različite kompleksnosti nisu nađene među trajanjima ponašanja uključujući ukupno vrijeme provedeno u istraživačkom terariju niti u latencijama do ulaska u eksperimentalni terarij kada se životinje odluče ući što umanjuje nalaze koji potvrđuju razlike među sezonama. Razlike u aktivnostima koje su nađene među sezonama su pronađene i kod drugih malih sisavaca, iako su više vidljive kod mužjaka nego kod ženki (Eccard i Herde 2013).

### **7.3.2. Utjecaj sezone na ponašanje prilikom reakcije na mirise iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora**

Razlike među sezonama su pronađene u frekvencijama i trajanjima ponašanja u postavima s mirisima. U postavima s mirisima iste i drugih vrsta u sezoni parenja životinje više označavaju. Označavanje prostora, no i broj oznaka koje životinje postavljaju su bitne komponente dominacije i zadržavanja teritorija malih sisavaca (Ferkin 2015; Hurst i Rich 1999; Gosling i sur. 2000; Hurst 1990 a,b,c). Ženke dinarskih voluhara su više označavale u sezoni parenja. Viši broj oznaka u sezoni parenja se može usporediti s Hurst-ovim (1990b) istraživanjem koji je pronašao da ženke miševa označavaju više da bi oglasile svoj status i da su spremne za razmnožavanje što bi moglo biti slučaj i s dinarskim voluharom. Neka istraživanja su pokazala da sezonske razlike u istraživanju mirisa mogu biti povezane sa socijalnosti (Ferkin i Seamon 1987) kao što je izbjegavanje mirisnih oznaka kod *C. nivalis* tijekom zimskih perioda (Luque-Larena i sur. 2002b). U analizi glavnih komponenata set ponašanja uključujući: frekvencije kretanja, boravka na daljoj polovici i na kamenu više određuju sezonu parenja. Frekvencije njuškanja i timarenja su, u kombinaciji, ponovo više odredile sezonu parenja dok je, suprotno tome, frekvencija boravka na mreži više povezana s ponašanjem van sezone parenja. Set trajanja ponašanja boravak na kamenu, u kretanju i na daljoj polovici je više povezan sa sezonom parenja, a van sezone parenja životinja više boravi na mreži terarija. Dodatno setovi trajanja ponašanja kao što je timarenje i mirovanje se više povezuju sa sezonom parenja, a van sezone parenja je više virenja. Njuškanje je element istraživanja prostora kod glodavaca (Lodewijckx 1984b), a u kombinaciji s timarenjem se može dodatno povezati s većom vjerojatnosti rasprostranjivanja svog mirisa (Ferkin i Leonard 2010) što bi životinjama u sezoni

parenja moglo biti relevantnije nego van sezone parenja. Sveukupno bi set povezan uz ponašanja u sezoni parenja mogao potencijalno označavati da se „mirnija” istraživačka ponašanja dešavaju u toj sezoni, pogotovo s obzirom da je životinja više u daljoj polovici eksperimentalnog terarija. Veći nemir ili oklijevanje u kontaktu s mirisom prilikom istraživanja prostora s mirisima van sezone parenja bismo mogli usporediti sa sličnim ponašanjem kompetitora dinarskog voluhara, *C. nivalis* (Luque-Larena i sur. 2002a).

### **7.3.3. Utjecaj sezone na ponašanje prilikom reakcije na prisutnost jedinki iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora**

Suprotno rezultatima prilikom istraživanja novog prostora te prilikom prezentacije mirisa gdje su nađene neke razlike u reakciji među životinjama, prilikom istraživanja reakcije na prisutnost iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora nisu pronađene sezonske razlike. Analiza frekvencija i trajanja ponašanja ženki između sezona pri socijalnom kontaktu ne pokazuje razlike. Izostanak razlike među sezonama bi se trebao dodatno istražiti s obzirom na to da kod brojnih drugih sličnih vrsta razlike postoje, a mogao bi biti povezan sa socijalnosti vrste ili razlikama među spolovima (Ferkin i Seamon 1987; Ostfeld 1985; Ostfeld 1990). Tako snježna voluharica pokazuje znakove agresije tijekom zimskih perioda, kod istospolnih susreta i ženki i mužjaka, što govori dosta o ponašanju vrste tijekom zimskih perioda (Luque-Larena i sur. 2002b). Dodatno neke vrste voluharica pokazuju sezonalne razlike u toleranciji prema jedinkama iste vrste (Brooks i Webster 1981). S obzirom na mali uzorak i na to da su istraživane samo razlike između sezona kod ženki, sezonalne razlike u reakciji na prisutnost jedinki iste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora bi kod dinarskog voluhara trebalo dodatno istražiti.

### **7.3.4. Sezonske razlike u izboru hrane i skladištenju**

Prijašnja istraživanja dinarskih voluhara spominju, uz aktivnost tijekom cijele godine, i skladištenje tijekom zime s obzirom da su pronađena skladišta hrane na ledu (Antolović i sur. 2006). Tijekom ovog istraživanja pronađene su sezonalne razlike u količini konzumirane hrane odnosno značajno više su jeli jabuku van sezone parenja. To je suprotno do sada



zabilježenim podacima o ukupnoj količini hrane koju dinarski voluhar jede u zatočeništvu zimi no možda se dio razlika može pripisati ponuđenom tipu hrane (Katanović 2013). Kod poljskih voluharica su razlike u hranjenju povezane sa trajanjem dana (Król i sur. 2005). Očekivala sam pronaći sezonske razlike u pristupu skladištenju s obzirom da postoje kod drugih vrsta uključujući mnoge vrste malih sisavaca (Merritt 2010), ali i ptica, primjerice djetlića (Doherty 1996), ali se ukupni broj skladišta među sezonama nije značajno razlikovao. Van sezone parenja su se smanjile razlike uskladištene hrane ovisno o tipu skladišta (vanjskim u odnosu na unutarnja u oba postava, daljim u odnosu na bliža kod postava raznovrsne hrane nisu se pokazale značajnima).

#### **7.4. Utjecaj postava različite kompleksnosti na istraživačko ponašanje**

Barret i Peles (1999) su naglasili da je za bolje razumijevanje kretanja malih sisavaca, uz poznavanje kako percipiraju cijelo stanište, ujedno potrebno obratiti pažnju na to kako struktura mikrostaništa utječe na kretanje i da je to relevantno za specijaliste kao što je *Dinaromys bogdanovi* (Kryštufek i Bužan 2008). Dinarski voluhar se u literaturi spominje kao izraziti specijalist s obzirom na karakteristike staništa (Antolović i sur. 2006; Petrov i Todorović 1982) no bez obzira na to nije bilo istraživanja koja govore o tome kako zapravo na njega utječu promjene u strukturi ili otvoren prostor. Bitno je prepoznati ključne karakteristike mikrostaništa za pojedinu vrstu (Luque-Larena i Lopez 2007) i većina istraživača spominje prisutnost rupa i proreza u stijenama kao ključnu karakteristiku staništa za dinarskog voluhara (Petrov i Todorović 1982; Kryštufek i Bužan 2008).

Istraživačko ponašanje možemo okarakterizirati kao ono koje nema očitu svrhu ili razlog (Barnett i Cowan 1976) i zbog toga je bilo zanimljivo vidjeti da prilikom istraživačkog ponašanja voluhari mijenjaju ponašanje čak i na tako malom prostoru kao što je eksperimentalni terarij. U otvorenom postavu jedinke određuje set ponašanja koja se mogu povezati uz nemir (virenje, propinjanje, boravak na mreži). Ta ponašanja se mogu povezati i s oklijevanjem na ulazak u takav postav kao što je to slučaj kod nekih vrsta miševa (Birke i sur. 1985). Nemir u otvorenijim prostorima se može povezati s ponašanjima i drugih malih sisavaca koji izbjegavaju otvoreni prostor zbog rizika od predacije i preferiraju ostati u zaklonu (Gray i sur. 2000; Jensen i sur. 2003). Tako se najveće razlike u ponašanju dinarskih voluhara mogu uočiti između

potpuno otvorenog postava i postava s mogućnosti zaklona što zapravo ide u prilog tome da je ključna karakteristika staništa voluhara kompleksnost (Kryštufek i Bužan 2008). Činjenica da voluhari mijenjaju kretanje se može usporediti sa sličnim nalazima kod štakora (Genaro i Schmidek 2000; Uster i sur. 1976). Set ponašanja koji također značajno odvaja postave s najvišim vrijednostima u najkompleksnijem postavu (postav 3) je: frekvencija ulaska u bližu polovicu, frekvencija boravka na kamenu kao i ukupnog njuškanja koje se mogu povezati s generalnim, mirnijim, istraživačkim ponašanjem. Frekvencija njuškanja je važna kod mjerenja razlika među postavima različite kompleksnosti, a njuškanje je element istraživanja prostora kod glodavaca (Lodewijckx 1984b). Još neka istraživanja su pokazala da glodavci pokazuju preferenciju prema složenijem okolišu, mijenjaju ponašanje i istražuju više (Genaro i Schmidek 2000; Gray i sur. 2000). Ulazak u bližu polovicu govori o tome da se jedinke odvažuju istraživati novo ponuđeni prostor te je, uz frekvenciju mirovanja, najviše povezana s kompleksnim prostorom.

Dodatno treba imati na umu da vrijeme koje životinja provede u istraživačkoj aktivnosti može biti specifična karakteristika vrste (Frynta 1994; Klejbor i Turlejski 2012), ali i posljedica rizika kojima su životinje izložene (Barret i Peles 1999; Edut i Eilam 2003). Neke su vrste sklonije rizičnijem ponašanju prilikom istraživanja novog prostora, a druge više pokazuju defenzivna ponašanja (Klejbor i Turlejski 2012). Trajanja ponašanja su također odvojila postave, iako ne toliko značajno kao frekvencije. S druge strane nisu pronađene značajne razlike između latencija do ulaska u postave različite kompleksnosti kao što je to pronađeno kod štakora (Genaro i Schmidek 2000).

## 7.5. Utjecaj novog predmeta na ponašanje

Pretpostavka s kojom se krenulo u istraživanje reakcija na prisutnost novog, nepoznatog predmeta je da su dinarski voluhari neofobni i da zato slabo ulaze u zamke u prirodi (osobno priopćenje Duje Lisičić), a i dobiveni su s time kompatibilni preliminarni rezultati pri izradi etograma u zatočeništvu (Malenica 2011). Više od polovice životinja nije ušlo u postav s nepoznatim predmetom što je velik broj iako se razlika nije pokazala značajnom. Dodatno, pronađene su značajne razlike u većem broju frekvencija ulaska u dalju polovicu terarija te trajanju boravka na bližoj polovici, kada uspoređujemo otvoreni - kontrolni postav i postav prezentacije novog predmeta (medijan viši u kontrolnom postavu). Ujedno su pronađene razlike u frekvencijama i trajanju vremena provedenog na mreži, u virenju, vremenu provedenom u njuškanju (svi medijani su viši u kontrolnom postavu osim vremena provedenog na mreži). To govori o višoj razini aktivnosti kada novi predmet nije prisutan, a suprotno je nalazima kod hrčaka kod kojih je novi predmet potakao na aktivnost (Halle i Stenseth 2000). Niži nivo aktivnosti u kombinaciji s višim vremenom na mreži terarija bi moglo biti izbjegavanje novog predmeta kao što je slučaj i sa drugim vrstama malih sisavaca prilikom reakcije na nepoznato odnosno moglo bi biti povezano s neofobijom kao što je to slučaj kod štakora (Barnett 1958; Barnett i Cowan 1976). Nije se značajno razlikovalo vrijeme, ali se značajno razlikovala frekvencija kontakta s kamenom u odnosu na novi predmet. Dodatno se mora napomenuti da su ovi rezultati u skladu s tezom da su specijalisti konzervativniji prilikom reakcije na novi predmet (Greenberg 2003).

Kopanje nije bilo zabilježeno na etogramu koji je proveden ranije u zatočeništvu (Malenica 2011), a zabilježeno je u postavu 1 i postavu s novim predmetom, iako se niti vrijeme niti frekvencija kopanja nije razlikovala između ta dva postava. Kopanje bi moglo biti povezano s nemirom u otvorenom postavu i postavu s novim predmetom iako nije moguće nedvosmisleno odrediti da li je to ponašanje stres reakcija kao što je to već zabilježeno u prijašnjim istraživanjima (Hart i sur. 2009). Dodatno se ponašanje kopanja povezuje s izradom skloništa odnosno gnijezda (Webster i sur. 1981). Frekvencija timarenja se pokazala kao značajna varijabla u istraživanjima na štakorima gdje je bila visoka vrijednost timarenja prilikom kontakta s novim predmetom (Jolles i sur. 1979) što kod dinarskog voluhara nije razlikovalo postavu. Dodatno nije bilo razlike kod frekvencija i vremena propinjanja i njuškanja koje je povezano s istraživačkim ponašanjem kod miševa (Lodewijckx 1984b) te frekvencija smrzavanja koje se često povezuju sa stresom (Stoddart 1980).

Za kraj treba dodati da je i u suprotnosti s nalazima koji ukazuju na neofobiju (Malenica 2011), pet životinja prenijelo novi predmet u matični terarij, što bi mogla usporediti sa istraživanjima štakora koji ukazuju na pozitivan odgovor na niski intenzitet novine i slabo stresnu promjenu (Pisula i Siegel 2005) kao i znatiželju (Byrne 2013). Jedna životinja ga je i uskladištila i grickala što nije neobično s obzirom da životinje provjeravaju da li je novi predmet potencijalno dobar resurs (Mattke-Hoffman 2001).

Potencijalno se reakcija voluhara može povezati i s time da novi stimuli bude istovremeno znatiželju i strah, a istraživanje ishod borbe između izbjegavanja i prilaska novom (Russell 1973). Dodatno bi reakcija na novi predmet mogla biti jedna od karakteristika vrste no i reducirana kao posljedica prilagodbe na zatočeništvo (Pisula i sur. 2012; Stryjek i sur. 2012) s obzirom da reakcija na novi predmet ovisi i o prethodnom iskustvu životinje (Greenberg i Mettke-Hofman 2001). Zaključno, prisutnost novog, nepoznatog predmeta značajno utječe na ponašanje dinarskog voluhara.

#### **7.6. Utjecaj mirisa iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora na ponašanje**

Utjecaj mirisa iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora kao i predatora na ponašanje istražila sam na mužjacima i ženjkama s obzirom na pronađene male razlike u ponašanju među spolovima, no samo u sezoni parenja kako bi se uklonio utjecaj sezone na rezultate. Do sada ne postoje objavljeni radovi s podacima o tome kako dinarski voluhar reagira na prisustvo mirisa. Jedino što je tek uvjetno povezano s tim su istraživanja koja govore o brojnosti odnosno teritorijalnosti vrsta prilikom ulova i ponovnog ulova životinja u prirodi (Kryštufek i sur. 2010). U ovom istraživanju pronađene su relativno male razlike između reakcija na različite mirise (miris iste vrste, slične vrste i predatora). Ujedno nisu nađene razlike u frekvencijama ponašanja što je u suprotnosti onom što je za puno vrsta malih sisavaca pronađeno u literaturi (Ferkin i Johnston 1995; Ferkin 2015; Parsons i Bondrup-Nielsen 1996). S druge strane prisutnost mirisa značajno je smanjila latenciju do virenja, ulaska u bližu i dalju polovicu terarija u odnosu na kontrolni postav bez mirisa što bi moglo ukazivati na znatiželju i potrebu da se istraže mirisi (Byrne 2013), s obzirom da mirisi onom tko ih istražuje daju točnu poruku o pošiljatelju (Ferkin 2015). Istraživanja voluharica pokazuju da je privučenost mirisom većinom oznaka manjka agresivnosti prema onom tko je označio taj teritorij i obrnuto (Ferkin i Seamon 1987;

Ferkin 1988; Ferkin i Rutka 1990). Istraživanje na mužjacima snježne voluharice ukazuje na njihovu preferenciju prema označenom teritoriju, ali istraživanje je provedeno samo na mužjacima i to na prisutnost signala iste vrste (Luque-Larena i sur. 2002d), s druge strane druga istraživanja te iste vrste su pokazala izbjegavanje mirisnih oznaka zimi (Luque-Larena i sur. 2002b). Najkraća latencija do ulaska u eksperimentalni terarij, s druge strane u našem istraživanju je bila na miris predatora i sličnog pripadnika različite vrste. Činjenica da glodavci nisu odgovorili adekvatno na prisutnost mirisa predatora je objašnjena u jednom istraživanju nedosljednim pritiskom na plijen uslijed privremene prisutnosti predatora (Spencer i sur. 2014), ali je u drugima povezana s višim uspjehom predatora u lovu na tu vrstu koja ne reagira na miris (Jedrzejewski i sur. 1993). Istraživanje na vombatima je pokazalo da kao reakciju na feces jedinki iste vrste istog i različitog spola smanjuju aktivnost, a više prilaze fecesu predatora, vjerojatno da prikupe više informacija ili potvrde prisutnost (Descovich i sur. 2012). Dodatno susreti s različitim vrstama mogu biti i rizičniji od susreta s istom vrstom (Edut i Eilam 2003; Eilam i sur. 1999). Kod dinarskog voluhara se značajno razlikuje set ponašanja uključujući trajanje kretanja, trajanje mirovanja (B0) i timarenje. Tako se više mirovanja uz timarenje kao set ponašanja više povezuje s postavima s mirisima, a s postavom 2 trajanje kretanja. Razlike između medijana su vidljive između postava 2 i postava s mirisom dok su između pojedinih postava s mirisom male. Prisutnost timarenja kao reakcija na mirise nije neuobičajena s obzirom da se u nekim istraživanjima povezala s reakcijom na miris i pretpostavka je da utječe na lakšu detekciju onog koji se timari (Ferkin i Leonard 2010).

Dodatno, dinarski voluhar je ostavljao oznake samo u postavima s mirisima i to više u sezoni parenja. Nisu pronađene oznake koje direktno prekrivaju oznake postavljene za potrebe eksperimenta, ali su nađene oznake u blizini. Ponašanje vezano uz označavanje je interesantno ako imamo na umu da je označavanje prethodno označenog teritorija kao i prekrivanje tuđeg mirisa svojim kompetitivno ponašanje (Johnston i sur. 1999; Ferkin 1999; Hurst i Rich 1999). Miševi stavljaju oznake za održavanje odnosa sa istom vrstom, ali prestaju označavati u slučaju da osjete prisutnost predatora (Arakawa i sur. 2008) što je različito od onog što je pronađeno kod dinarskih voluhara, koji su najveći broj oznaka ostavili u postavu s mirisom predatora, a kompatibilno s još nekim vrstama voluhara koje ne smanjuju označavanje u prisutnosti predatora (Wolff 2004).

Nisu nađene značajne razlike u ukupnom vremenu provedenom u eksperimentu, ali je najdulji period koji je životinja boravila u eksperimentalnom terariju bio u postavu s mirisom suprotnog spola u sezoni parenja što nije čudno uzimajući u obzir sva istraživanja koja objašnjavaju

važnost oznaka, posebice u sezoni parenja (Hurst 1990 a, b, c; Hurst i Rich 1999). S obzirom da promjena kompleksnosti utječe na odgovor jedinki na prisutnost predatora (Edut i Eilam 2003), bilo bi zanimljivo dalje istražiti kako bi utjecala na ponašanje dinarskog voluhara i to bi mogao biti predmet daljnjih istraživanja.

### **7.7. Utjecaj prisutnosti jedinka iste vrste, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora na ponašanje**

Velik broj životinja nije ušao u eksperimentalni terarij što bi se moglo pripisati odbijanju interakcije i riziku od prisustva jedinke koja im je prezentirana (Edut i Eilam 2003; Eilam i sur. 1999). Najveći broj životinja nije ušao na jedinku istog spola i to najviše mužjaka na mužjake, a nakon toga na predatora, što se može objasniti rizičnosti kontakta s tim jedinkama, odnosno ponašanjem sličnom izbjegavanju (Gosling i sur. 1995), dok s druge strane podjednaki broj nije ušao na sličnu vrstu i drugi spol. Odabir ili izbjegavanje kontakta u odnosu na spol bi moglo nešto govoriti o socijalnosti vrste (Lobo i sur. 2010), no po podacima je teško nešto zaključiti. Taj se rezultat ne može povezati niti s prethodno prezentiranim mirisom s obzirom da je samo polovici tih životinja prethodno prezentiran miris što bi moglo ukazati da dinarski voluhari ne reagiraju na prethodnu prezentaciju mirisa ujednačeno za razliku od snježne voluharice (Luque-Larena i sur. 2001). Tako se kod istraživanja snježne voluharice, također provedenih u zatočeništvu, pokazalo da mužjaci različito reagiraju na označena područja, da ih privlače mirisne oznake te da su manje agresivni u susretu s vlasnikom teritorija ukoliko su ranije imali priliku istražiti oznake (Luque-Larena i sur. 2001). Taj podatak je interesantan s obzirom da se ta vrsta smatra kompetitorom dinarskog voluhara (Kryštufek 2018). Dodatno i ostatak istraživanja pokazuje manjak razlika u ovisnosti o tome da li je ranije prezentiran ili ne miris prezentirane jedinke, suprotno nekim drugim istraživanjima koja su rađena na miševima (Hurst i sur. 1996). Pojedine vrste voluhara su u stanju prepoznati vlasnika mirisa i u ovisnosti o tome modificirati ponašanje (Ferkin 1988) što se za sada ne može zaključiti niti isključiti kod dinarskih voluhara, no bilo bi nužno dodatno istražiti da li bi se na većem broju uzoraka dinarskih voluhara pokazale razlike. Rizik od ozljede u agnostičnim susretima može biti reduciran s procjenom protivnika i mirisne oznake druge jedinke daju informaciju i reduciraju ulog odnosno rizik takvih susreta (Gosling 1982).

U odnosu na ostale postavbe, kod socijalnih eksperimenata, je skraćena latencija do ulaska u terarij, a medijan je iznosio manje od jedne minute, što bi se moglo smatrati tolerancijom na prisustvo drugih jedinki (Brooks i Webster 1981). Iako se latencije do prvog provirivanja, prvog ulaska i prvog prelaska na drugu polovicu značajno ne razlikuju između spolova, sezona i postavbe, zanimljivo je da je najkraće vrijeme ulaska imala ženka na isti spol van sezone parenja u slučaju prethodne prezentacije mirisa, a do prvog provirivanja ženka na mužjaka van sezone parenja u slučaju prethodne prezentacije mirisa što bi moglo biti povezano s teritorijalnosti vrste (Ferkin 2015). Socijalnost i količina agresije kod različitih vrsta voluharica izražena je primjerice kroz broj i trajanje napada i latenciju do prvog napada (Kapusta i sur. 2007).

Po frekvencijama ponašanja se najviše odvaja postav u kojem je prezentiran svlak poskoka. Set ponašanja koji je različit se odnosi na sva ponašanja vezana uz kontakt ili pokušaj kontakta s prezentiranom vrstom: frekvencije dodirivanja životinje, agresivnog ponašanja i njuškanja druge jedinke u kombinaciji s frekvencijom mirovanja (B0) s najvišim vrijednostima za kontakt iste vrste i istog spola, a najnižim za poskoka. Značajnost se može pripisati kontaktu s poskokom što se može povezati sa stresom od prezentacije svlaka jednog od najučestalijih predatora dinarskih voluhara (Antolović i sur. 2006) no i sa time da ovdje nije prezentirana životinja već njezin svlak zbog dobrobiti životinja (Hosey i sur. 2010). Većina vrsta reagira na miris predatora smanjenjem aktivnosti ili nekom drugom promjenom u ponašanju (Ferkin 2015). Značajan utjecaj predatora na ponašanje pokazuju mnoga istraživanja glodavaca, pa tako prisutnost mačke kod štakora uzrokuje ponašanja smrzavanja koja mogu čak trajati i više od pola sata (Stoddart 1980).

Za analizu razlika u trajanjima ponašanja su, zbog pronalaska da spol i sezona ne pokazuju velike razlike, uzeta oba spola u obje sezone. Analiza pokazuje odvajanje po postavima i značajnu razliku u vremenu provedenom u mirovanju, dodirivanju jedinke, agresivnom kontaktu i njuškanju životinje. Doduše, ponovo se reakcija dinarskih voluhara najviše po trajanju razlikovala u postavu prezentacije svlaka predatora. To je komplementarno istraživanjima koja pokazuju da prisutnost predatora znatno utječe na ponašanje jedinki, često smanjujući ili modificirajući njihovu aktivnost (Trebatická i sur. 2008).

## 7.8. Izbor i skladištenje hrane

Istraživanja koja su provedena su pokazala preferenciju dinarskog voluhara prema skladištenju jabuke u odnosu na skladištenje radiča s obzirom da je u postavima raznovrsne hrane jabuka ostala neuskладиštena samo dva puta dok je radič sveukupno četiri puta uskladišten u cijelosti. To se ujedno podudara s literaturnim istraživanjima s obzirom da su i druge vrste voluharica pokazale preferenciju prema jabuci (Morrison i Teitz 1953) te se može povezati s drugim vrstama, primjerice miševima koji pokazuju preferenciju prema određenom tipu hrane (Jensen 1993). Ujedno bi se to moglo pripisati preferenciji prema određenom tipu hrane karakterističnoj za vrstu (Hjältén i sur. 2004) ili primjerice nutricionističkim potrebama vrste (Jenkins i Ascanio 1993) te razlikama u kalorijskoj vrijednosti te dvije namirnice. Kalorijska vrijednost se pokazala bitnom kod određenih vrsta voluhara (Gates i Gates 1980), iako ne kod svih (Bergeron i Jodoin 1987), ali se uklapa i u optimalnu teoriju hranjenja koja je potvrđena i kod odabira sjemenki kod miševa (Kerley i Erasmus 1991) s obzirom da se u slučaju potpunog skladištenja energetske bogatije namirnice optimizira količina utrošenog truda s koristi od istog. Neka su istraživanja pokazala razlike u preferencijama prema pojedinoj hrani u ovisnosti o dobu dana (Jensen 1993) što je potencijalno u eksperimentima s dinarskim voluharom prevladano time što je eksperiment trajao tijekom cijelog razdoblja aktivnosti, točnije tijekom noći ili dok nije sva hrana iznesena i uskladištena.

Životinje nisu uvijek jele hranu koja im je ponuđena. Maksimalna zabilježena količina pojedene hrane bila je 36,16 g što ne možemo biti sigurni je li sva pojedena hrana s obzirom da su imali i na raspolaganju hranu u skladištima matičnog terarija. Skladišta s hranom su im ostavljena za vrijeme eksperimenta s obzirom da vrsta i u prirodi ima skladišta (Antolović i sur. 2006). Količinu pojedene hrane vjerojatno možemo pripisati dugom razdoblju eksperimenta i vremenu odvijanja (za vrijeme najveće aktivnosti) (Kryštufek i sur. 2010), pogotovo ako ju usporedimo s težinom vrste koja je od 63 do 82 g (Nowak 1999). Pojedene jabuke je bilo značajno više van sezone parenja, dok se te vrijednosti za radič značajno ne razlikuju.

To što vrsta pokazuje preferenciju prema određenom tipu hrane može imati značaj za njenu zaštitu u prirodi s obzirom da hrana može u tom slučaju imati veći značaj na to kakva staništa bira, što je kompatibilno i s grupiranjem lokaliteta u prirodi te danoj dodatnoj vrijednosti u odnosu na dosadašnja istraživanja prisutnosti livada, odnosno trava i zeljastih biljaka u staništu. Treba napomenuti da je ujedno moguće da je to strategija dinarskih voluhara koja optimizira količinu utrošenog truda s koristi od istog (Kerley i Erasmus 1991). Životinje nisu koristile



ponuđena skladišta hrane u eksperimentalnom terariju za skladištenje nego su iznosile svu hranu u svoj terarij. To možemo potencijalno pripisati postojanju skladišta hrane kod dinarskog voluhara samo na teritoriju koji je sigurno njihov što je prepoznato i kod drugih vrsta koje čuvaju skladišta (Vander Wall 1990). Ujedno u raznovrsnom postavu nisu skladištili isključivo jednu vrstu hrane u skladištima nego u istom skladištu jabuku i radič, a u unutarnjim skladištima zajedno sa ostalom hranom koju su dobile tijekom dana. Mnoge druge vrste u skladištima ne drže samo jednu vrstu hrane nego više vrsta (Zhong 2007; Merritt 2010). Ujedno, većinom nisu skladištili na jednom mjestu, nego na više mjesta što je komplementarno nalazima iz prirode s obzirom na nađena skladišta (Antolović i sur. 2006) iako veličina skladišta varira što pripada jednom od generalno opisanih načina skladištenja kada životinja radi puno malih skladišta izvan gnijezda (Vander Wall 1990). Broj unutarnjih skladišta je određen dvjema ponuđenim keramičkim posudama u kojima su životinje skladištile hranu prije početka pokusa, i mjestom ispod kamena u kojem su životinje pod zaklonom mogle uskladištiti hranu. S druge strane je broj novo uspostavljenih skladišta izvan zaklona odnosno na otvorenom rastao do 9, a medijan ukupnog broja bio 4. Najviše je bilo vanjskih skladišta daljih od izlaza, a najmanje vanjskih skladišta bližim izlazu u eksperimentalni terarij. Veći broj skladišta nije neuobičajen kod malih sisavaca no, s obzirom da su se životinje vraćale u skladište ponovo uskladištiti ostatak hrane, ne pripadaju po osnovnoj podjeli potpuno niti jednom niti drugom tipu skladištenja (Vander Wall 1990). Vjerojatno su dinarski voluhari zbog velike količine hrane koju je potrebno uskladištiti životinje oformili nova, vanjska skladišta. To je u suprotnosti onom što je primjećeno kroz držanje životinja koje je prethodilo eksperimentu u Zoološkom vrtu grada Zagreba kada su u kontaktu s manjim količinama hrane skladištili samo u unutarnja skladišta (osobno priopćenje Maja Damjanović). Skladištenje u unutarnjim skladištima možemo usporediti sa drugim vrstama koje skladište lisnatu hranu i s obzirom na to je nastoje sakriti od kiše i ostalih nepovoljnih vanjskih uvjeta (Vander Wall i Smith 1987). Suprotna strategija je skladištenje na više mjesta na otvorenom s time da životinje koje skladište veće količine hrane, skladišta i skrivaju od drugih jedinki – u pukotine stijena, duplje i drugo (Vander Wall 1990).

Najveća razlika zabilježena je u većoj količini hrane u daljoj u odnosu na polovicu terarija bližu izlazu. Takav je slučaj kroz obje sezone i u svakoj sezoni pojedinačno te kod postava istovrsne hrane i raznovrsne hrane, osim u postavu raznovrsne hrane van sezone parenja. To bi moglo značiti da životinja radije skladišti hranu u dijelu terarija koji je najudaljeniji od izlaza. Nije neuobičajeno što životinja najveće količine hrane skladišti u najdubljem dijelu svog teritorija s obzirom da to možemo povezati s potrebom da se zaštiti uskladišteno od eventualnih

kompetitora, pogotovo s obzirom da je zaštita skladišta uobičajena kod životinja koje skladište hranu (Dally i sur. 2006). Ujedno je više karakteristična za vrste koje rade veća skladišta (Vander Wall 1990).

Značajne razlike postoje u količini hrane vanjskim skladištima u odnosu na unutarnja s većim medijanom na vanjskima, no ne toliko velike kao kod skladištenja na daljoj u odnosu na bližu polovicu terarija. Životinje su u svom matičnom terariju mogle hranu na zaklonjenom mjestu skladištiti na samo tri mjesta, dok su skladišta hrane na otvorenom mogle distribuirati po cijelom terariju. To ujedno može značiti da dinarski voluhar pokazuje preferenciju prema otvorenim skladištima. Moguće je i da jedinke nisu željele uskladištiti svu hranu na jednom mjestu, pa su u nedostatku dodatnog zaklona na teritoriju morale oformiti nova skladišta na otvorenom. Dodatnim istraživanjima bi trebalo proučiti kako bi se vrsta ponašala u slučaju da ima puno veći broj zaklonjenih mjesta na kojima može skladištiti hranu u matičnom terariju i kako bi skladištila kada bi joj se povećao matični terarij.

Nisu nađene razlike u skladištenju u ovisnosti o tome da li je prezentiran miris iako ulazak na nedavno označen teritorij može značiti veću izvjesnost susreta s onim tko je označio teritorij i sve povezane rizike (Ferkin 2015). Strategija prenošenja gotovo sve jabuke kao i dijela radiča iz označenog prostora se potencijalno može povezati sa strategijom krađe tuđih skladišta uobičajenom za glodavce koji raspršeno skladište (Zhengyu i sur. 2018).

## **7.9. Ponašanja označavanja**

U eksperimentalnim terarijima su bilježene oznake, ali samo one vidljive golim okom, pa je s obzirom na to moguće da je sitnih oznaka u postavima bilo i više nego što je zabilježeno. Već je spomenuto da su ponašanja označavanja razlikovna karakteristika mužjaka i ženki dinarskog voluhara. Ponašanja označavanja imaju značajnu ulogu kod malih sisavaca s obzirom da oznake daju puno informacije i služe za komunikaciju (Arakawa i sur. 2008). Kod dinarskih voluhara su pronađene oznake i kod mužjaka i kod ženki, s time da su veći broj oznaka stavljali mužjaci. Oznake su bile u postavima s mirisima i jedinkama (suprotnog, istog spola, različite vrste potencijalnog kompetitora i predatora). Prilikom istraživanja novih prostora različite kompleksnosti, mirisne oznake su nađene samo dva puta.

Označavanje nije prestalo u kontaktu s mirisom ili svlakom predatora. Kod miševa se učestalost označavanja mijenja i odabiru ne označiti teritorij kad su svjesni prisutnosti predatora (Arakawa i sur. 2008). S druge strane kod nekih je vrsta voluharica primijećeno suprotno (Wolff 2004). Označavanje teritorija uvijek predstavlja rizik s obzirom da je dokazano da pospješuje lov predatorskim vrstama (Koivula i Korpimäki 2001). Dodatno primijećeno je da ženke nekih voluharica reagiraju više na oznaku koja je stavljena preko oznake predatora (Vlautin i sur. 2010).

Maksimalan broj oznaka kod postava prezentacije drugih jedinki je stavio mužjak u reakciji na prisustvo miša bez prethodne prezentacije mirisa te jedinke, s time da je s obzirom na kratko vrijeme trajanja eksperimenta 81 oznaka izrazito visok broj, pogotovo s obzirom da su u svim eksperimentima istraživanja novog prostora različite kompleksnosti oznake nađene samo dva puta u manjem broju (ispod 5). To što je najviše oznaka dinarski voluhar ostavio u prisutnosti različite vrste može govoriti o teritorijalnosti odnosno smatra li donora prijatnom (Ferkin 2015). Iako nije zabilježeno označavanje preko postojećih oznaka postavljenih u eksperimentu voluhari su označavali uz te oznake (iste, druge vrste i predatora), a jedna od teorija je da to odražava kompetitivnost i da prednost ima životinja koja je stavila zadnju oznaku (Ferkin 1999).

Kod dinarskih voluhara nisu nađene razlike u skladištenju u ovisnosti o mirisima koji su prezentirani što je u suprotnosti s već objavljenim istraživanjima gdje prisutnost drugih vrsta, odnosno kompetitora utječe na način skladištenja hrane (Preston i Jacobs 2005).

### **7.10. Glasanja dinarskog voluhara i ponašanje**

Primarno ultrazvučno, ali i nešto zvučnog glasanja dinarskog voluhara je zabilježeno prvi puta u sklopu istraživanja u zatočeništvu (Kovač 2016), a kroz ovaj rad je povezano s ponašanjima. Prilikom donošenja zaključka do koje je mjere pojedino ponašanje povezano s glasanjem treba uzeti u obzir činjenicu da se glasanja tek uvjetno mogu povezati s pojedinim ponašanjem, odnosno da ona potencijalno imaju veze s drugim faktorima. Treba imati u vidu i da su uzeta u analizu i ponašanja koja su evidentirana 2 s prije i poslije samog glasanja zbog toga što je glasanje moglo biti povezano s ponašanjima koja mu prethode kao i s onima koja slijede po završetku glasanja. Dodatno je potrebno naglasiti da je ponašanje koje je povezano s glasanjem u postavima kada je prezentirana druga jedinka potencijalno posljedica glasanja i druge

životinje. Bez obzira na sve to, možemo pretpostaviti da ultrazvučno glasanje ima značaj u socijalnom ponašanju dinarskog voluhara s obzirom na to da je najveći broj različitih vokalizacija (Kovač 2016) zabilježen u direktnoj interakciji s prezentiranom jedinkom što je zabilježeno i kod miševa (Matsumoto i Okanoya 2018). Kod dinarskih voluhara glasanje je bilo asocirano uz ponašanja njuškanja i diranja životinja. Dodatno, životinje su se najviše glasale u kontaktu mužjaka i ženki što se može povezati s drugim voluharicama gdje je glasanje povezano s ponašanjem vezanim uz razmnožavanje (Kapusta i Sales 2009).

Glasanja su zabilježena i u postavu s prezentiranim mirisima i to prilikom ponašanja koja su primjećena i u otvorenom postavu bez zaklona i mogu se povezati s nemirnim istraživačkim ponašanjem (boravak na mreži terarija, provirivanje). Takvo ponašanje možemo svrstati u generalno istraživačko ponašanje s obzirom da nema evidentnu svrhu (Barnett i Cowan 1976) s time da kod miševa ono varira u ovisnosti o kontekstu, odnosno značajno je dulje i češće u nepoznatom, novom okolišu (Mun i sur. 2015). Nije primijećeno da se dinarski voluhari glasaju više prilikom direktnog istraživanja prezentiranog mirisa iako se određeni dio vokalizacija asocira s istraživanjem kamenja na kojima je postavljen miris, ali i s njuškanjem kamenja bez mirisa i podloge. Doduše, u tom postavu, u odnosu na postav bez mirisa glasanje je povezano s više različitih ponašanja, a i prilikom njuškanja prostora u kojima nije prezentiran miris nisu zabilježene vokalizacije tako da se se glasanja zabilježena u postavima s mirisom mogu potencijalno povezati s činjenicom da je miris prisutan u prostoru. Miševi također reagiraju vokalizacijom na prisustvo mirisa ženki (Roulet i sur. 2011; Holy i Guo 2005). Najraznolikiji spektar ponašanja povezanih s glasanjem zabilježen je u postavu s mirisom mužjaka iste vrste što bi se moglo usporediti s poljskom voluharicom (*Microtus arvalis* (Pallas, 1779)) kod koje je zabilježen najveći broj ultrazvučnih signala za vrijeme kontakta mužjaka (Kapusta i Sales 2009). Dodatno su, između postava s mirisima i u ovisnosti koji miris je na oznakama zabilježene razlike u ponašanjima zabilježenim za vrijeme glasanja.

Neka glasanja su zabilježena i kada životinja nije bila u terariju, ali samo u manjoj količini. Mogući razlog tome je činjenica da se životinja glasala prilikom stajanja na vratima prije ulaza u eksperimentalni terarij. Ujedno su se više glasale u daljoj polovici terarija od ulaza u eksperimentalni terarij. Kada se analizira vrijeme provedeno u glasanju u ovisnosti o načinu kretanja, životinje su se više glasale pri kretanju nego pri mirovanju pogotovo u socijalnom kontekstu slično kao i druge vrste glodavaca, odnosno štakori (Laplagne i Costa 2016; Takahashi i sur. 2010). Doduše određena glasanja bi potencijalno mogla biti posljedica kretanja (Blumberg 1992). Moguće je i da su glasanja prezentirane jedinke potakla životinje u

eksperimentu na kretanje, pa bi to trebalo uzeti u obzir. Dodatno je glasanje zabilježeno i prilikom timarenja kao i kod drugih vrsta, no pripisano je zvuku koji proizvodi samo timarenje, a ne pravim vokalizacijama (Castellucci i sur. 2018). Glasanje uz ponašanje smrzavanja bi moglo biti posljedica stresa pa se tako može usporediti s ostalim vrstama koje se glasaju u stresnim situacijama (Brudzynski i Ociepa 1992).

Najviše glasanja je zabilježeno u postavu kada je prezentirana druga jedinka iste ili različite vrste čak i kada se uzme u obzir da glasanje prilikom prezentiranja druge jedinke iste ili različite vrste miša mogu biti posljedica vokalizacija dvije, a ne jedne životinje. U kontaktu ili pokušaju kontakta s prezentiranom životinjom glasanja su povezana s 23 različita ponašanja od kojih se 5 ponašanja (diranje životinje, diranje mreže koja označava kontakt s mrežom terarija ili samim terarijem u kojem je životinja no ne i same životinje), njuškanje mreže (terarija u kojem je životinja) te njuškanje životinje. Visok udio zabilježenih glasanja prilikom prezentacije ženke mužjaku može ukazati na važnost glasanja prilikom ponašanja vezanih uz razmnožavanje, kako je zabilježeno i kod drugih vrsta glodavaca (Kapusta i Sales 2009). Ujedno je moguće da mužjaci prednjače u vokalizaciji kao što je to primjerice slučaj kod prerijskih voluharica (*Michrotus ochrogaster* (Wagner, 1842)) (Lepri i sur. 1988). Tako se ponašanja prilikom glasanja životinje kad je prezentirana druga jedinka potpuno razlikuju od onih kada su prezentirani mirisi.

Zaključno treba napomenuti da se dinarski voluhari različito glasaju u ovisnosti o postavu i da postav kao kontekst utječe na to koja su ponašanja povezana s vokalizacijama odnosno rezultati indiciraju da je za glasanja bitan potencijalan (prisutnost mirisa) ili izvjestan susret s jedinkama iste ili drugih vrsta (prilikom prezentacije tih jedinki), a najviše ih je prilikom ponašanja povezanih uz pokušaja kontakta ili sami kontakt.

### **7.11. Potencijalni značaj istraživanja dinarskog voluhara u zatočeništvu za istraživanja i zaštitu vrste u prirodi**

Dinarski voluhar je značajno promijenio ponašanje vezano uz kretanje prilikom istraživanja prostora različite kompleksnosti i pokazao preferenciju prema postavu s mogućnosti zaklona. Te razlike u reakciji na kompleksnost okoliša kao i na prisustvo novog, nepoznatog predmeta bi se mogle povezati s time da bi manje intervencije u okolišu dinarskog voluhara potencijalno mogle utjecati na vrstu s obzirom da na ovako malim modelima već značajno mijenja ponašanje. To je posebno važno s obzirom da je dinarski voluhar stanišni specijalist (Kryštufek 2018) i kao takav može biti ovisan o adekvatnim koridorima (Barret i Peles 1999). Prvi podaci o socijalnom ponašanju odnosno reakciji na mirise iste vrste u kojima dinarski voluhar ne oklijeva nego ih aktivno istražuje kao i kontakt s drugim jedinkama bi se mogli dodatno istražiti i povezati za socijalnosti vrste (Ims 1987). Dodato su vokalizacije vrste povezane s ponašanjima koja su značila ili pokušaj kontakta ili kontakt s prezentiranom jedinkom što je slično drugim vrstama malih sisavaca kod kojih su istraživana ultrazvučna glasanja (Matsumoto i Okanoya 2018). Jednako tako bi se dodatno trebalo istražiti značenje izostanka razlike u reakciji na miris jednog od čestih predatora, poskoka (Antolović i sur. 2006) u odnosu na promjenu u reakciji pri prezentaciji svlaka. Izbor hrane i strategija skladištenja povezana je s kognitivnim karakteristikama vrste, pogotovo ako vrsta ima više malih raspršenih skladišta. Dinarski voluhar je u sklopu ovog istraživanja s velikom količinom hrane na raspolaganju koristio i postojeća ali uspostavljao veći broj novih skladišta. Istraživanja preferencije prema pojedinim tipovima hrane u zatočeništvu može biti primjenjiva na životinje u prirodi (Kamil i sur. 1987), pogotovo ako se ustanovi da životinje prilagođavaju izbor situaciji (Eccard i Yönlén 2006). Ženke su pokazale veću sklonost istraživačkom ponašanju i označavanju u sezoni parenja što bi moglo biti povezano s traženjem partnera.

Istraživanja dinarskog voluhara bi mogla dati doprinos zaštiti vrste u prirodi, kao što je to slučaj i s mnogim drugim vrstama, uzevši u obzir da je broj životinja na kojima su se radila istraživanja bio ograničen i da životinje u zatočeništvu mogu imati nešto različita ponašanja od onih u divljini (Oosthuizen i sur. 2013).

## 8. ZAKLJUČAK

Na temelju istraživanja kognitivnih i bihevioralnih karakteristika dinarskih voluhara u zatočeništvu kao i istraživanja karakteristika staništa u prirodi mogu se donijeti slijedeći zaključci:

1. Lokaliteti na kojima je utvrđena prisutnost dinarskog voluhara su se, uz prisutnost dubokih škrapa, grupirali po karakteristikama staništa u tri grupe od kojih prvu najviše određuju uravnanja terena i veća količina trave i zeljastih biljaka, drugu dominantna količina dubokih škrapa kojima se ne vidi dno, a treću veća količina stijena u širem krugu lokaliteta i veći nagib.
2. Dinarski voluhar je promijenio ponašanje vezano uz kretanje prilikom istraživanja prostora različite kompleksnosti i pokazao preferenciju prema postavu s mogućnosti zaklona kao i ponašanja koja se mogu povezati s nemirom u otvorenom postavu. Postav s novim predmetom je značajno promijenio ponašanje dinarskih voluhara u odnosu na kontrolni postav, no istraživanje nije dalo jasnu sliku radi li se o neofobiji.
3. Podaci povezani s ponašanjem vrste u socijalnom kontekstu govore o tome da mirisi značajno skraćuju vrijeme do ulaska u eksperimentalni terarij u odnosu na kontrolni postav. Nisu pronađene velike razlike u reakciji odnosu na to je li miris iste vrste, različite vrste malog sisavca ili predatora. Istraživanje indicira da dinarski voluhar ne oklijeva ni pri kontaktu s jedinkama svoje i drugih vrsta i da se najviše glasa prilikom ponašanja koja se mogu povezati s kontaktom ili posljedicom kontakta s drugim jedinkama iste vrste. U odnosu na ostale postave s prezentiranim jedinkama prisutnost svlaka predatora uzrokuje promjenu u ponašanju.
4. Dinarski voluhar pri ponuđenoj većoj količini hrane koristi postojeća i uspostavlja nova skladišta samo u matičnom terariju i to najviše na najudaljenijoj točki od izlaza u eksperimentalni terarij, izvan zaklona te skladišti više tipova hrane na istom mjestu i pokazuje preferenciju prema skladištenju jednom tipu hrane - jabuci u odnosu na radič.
5. Rezultati ovog istraživanja indiciraju razlike u ponašanju ženki dinarskih voluhara između sezone parenja i van sezone parenja uključujući veću sklonost istraživačkom ponašanju i označavanju u sezoni parenja.
6. Rezultati istraživanja bi mogli biti korisni za buduća istraživanja u divljini te zaštitu vrste u prirodi.

## 7. REFERENCE

- Adolph KE, Kretch KS (2015) Gibson's theory of perceptual learning. U International encyclopedia of the social and behavioral sciences (Second Edition). Elsevier, New York, 127–134.
- Alcock J (1984) Animal behaviour: an evolutionary approach. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- Alegro A, Bogdanović S, Brana S, Jasprica N, Katalinić A, Kovačić S, Nikolić T, Milović M, Pandža, M Posavec V, Randić M, Ruščić M, Šegota V, Sincek D, Topić J, Vrbek, M Vukovic N (2010) Botanički važna područja Hrvatske, Školska knjiga i Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Antolović J, Frković A, Grubešić M, Holcer D, Vuković M, Flajšman E, Grgurev M, Hamidović D, Pavlinić I, Tvrtković N (2006) Crvena knjiga sisavaca Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Apfelbach R, Blanchard CD, Blanchard RJ, Hayes RA, McGregor IS (2005) The effects of predator odors in mammalian prey species: A review of field and laboratory studies. Neuroscience and Biobehavioral Reviews 29, 1123–1144.
- Arakawa H, Blanchard DC, Arakawa K, Dunlap C, Blanchard RJ (2008) Scent marking behavior as an odorant communication in mice. Neuroscience and Biobehavioral Reviews 32 (7), 1236–1248.
- Barrett GW, Peles JD (1999) The landscape ecology of small mammals. Springer, New York.
- Barnett SA (1958) An analysis of social behaviour in wild rats. Journal of Zoology 130 (1), 107–152.
- Barnett SA, Cowan PE (1976) Activity, exploration, curiosity and fear: An ethological study. Interdisciplinary Science Reviews 1, 43–62.
- Berger-Tal O, Polak T, Oron A, Lubin Y, Kotler BP, Saltz D (2011) Integrating animal behavior and conservation biology: A conceptual framework. Behavioral Ecology 22 (2), 236–239.
- Bergeron JM, Jodoin L (1987) Defining "high quality" food resources of herbivores: The case for meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*). Oecologia 71, 510–517.



- Birke LIA, D' Udine BM, Albonetti E (1985) Exploratory behavior of two species of murid rodents, *Acomys cahirinus* and *Mus musculus*: A comparative study. *Behavioral and Neural Biology* 43, 143-161.
- Bleicher SS, Ylönen H, Käpylä T, Haapakoski M (2018) Olfactory cues and the value of information: voles interpret cues based on recent predator encounters. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 72 (12), 187.
- Blumberg MS (1992) Rodent ultrasonic short calls: locomotion, biomechanics, and communication. *Journal of Comparative Psychology* 106 (4), 360–365.
- Brudzynski SM (2010) Handbook of mammalian vocalization an integrative, neuroscience approach. Academic Press 19. Cambridge, Massachusetts.
- Brudzynski SM, Ociepa D (1992) Ultrasonic vocalization of laboratory rats in response to handling and touch. *Physiology and Behavior* 52, 655–660.
- Brooks RJ, Webster BA (1981) Social behavior and activity patterns of meadow voles in relation to seasonal change and snow cover. *Eastern Pine and Meadow Vole Symposia*. Paper 1.
- Bužan EV, Kryštufek B, Bryja J (2010) Microsatellite markers confirm extensive population fragmentation of the endangered Balkan palaeoendemic Martino's vole (*Dinaromys bogdanovi*). *Conservation Genetics* 11, 1783–1794.
- Bužan E, Kryštufek B, Hänfling B, Hutchinson WF (2008) Mitochondrial phylogeny of Arvicolinae using comprehensive taxonomic sampling yields new insights. *Biological Journal of the Linnean Society* 94 (4), 825–835.
- Byrne RW (2013) Animal curiosity. *Current Biology* 23, 469–470.
- Castiglia R, Annesi F, Kryštufek B, Filippucci MG, Amori G (2009): The evolutionary history of a mammal species with a highly fragmented range: the phylogeography of the European snow vole. *Journal of Zoology*, 279 (3), 243–250.
- Castellucci GA, Calbick, D, McCormick D (2018) The temporal organization of mouse ultrasonic vocalizations. *Plos One* 13(10), e0199929.
- Clarke KR, Gorley RN (2015) *PRIMER v7: User manual/tutorial*. PRIMER-E, Plymouth.
- Colvin DV (1973) Agonistic behaviour in males of five species of voles *Microtus*. *Animal Behaviour* 21, 471—480.

- Cox KH, Rissmana EF (2011) Sex differences in juvenile mouse social behavior are influenced by sex chromosomes and social context. *Genes Brain Behavior*, 10 (4), 465–472.
- Cranford JA, Derting TL (1983) Intra and interspecific behavior of *Microtus pennsylvanicus* and *Microtus pinetorum*. *Behavioral Ecology Sociobiology* 13 (1), 7–11.
- Cruz Z (2009) Effects of mink urine on trappability of small mammals: *Peromyscus maniculatus*, *Peromyscus leucopus*, *Tamias striatus*, *Myodes gapperi* and *Blarina brevicauda*. BIOS 35502-01: Practicum in Field Environmental Biology.
- Curić Z, Curić B (1999) Školski geografski leksikon. Hrvatsko geografsko društvo, Zagreb.
- Dally JM, Clayton NS, Emery NJ (2006) The behaviour and evolution of cache protection and pilferage. *Animal Behaviour* 72 (1), 13–23.
- Descovich K, Lisle A, Johnston S, Nicolson V, Phillips C (2012) Differential responses of captive southern hairy-nosed wombats (*Lasiornhinus latifrons*) to the presence of faeces from different species and male and female conspecifics. *Applied Animal Behaviour Science* 138 (1-2), 110–117.
- Doherty PF, Grupp TC, Bronson CL (1996) Territories and caching-related behavior of red-headed woodpeckers wintering in a beech grove. *The Wilson Bulletin*, 108 (4), 740–747.
- Eccard JA, Herde A (2013) Seasonal variation in the behaviour of a short-lived rodent. *BMC Ecology* 13 (43).
- Eccard JA, Ylönen H (2006) Adaptive food choice of bank voles in a novel environment: choices enhance reproductive status in the winter and spring. *Annales Zoologici Fennici* 43 (1), 2–8.
- Edut S, Eilam D (2003) Rodents in open space adjust their behavioral response to the different risk levels during barn-owl attack. *BMC Ecology* 3 (10).
- Eilam D, Dayan T, Shamgar BE, Schulman I, Shefer G, Hendrie CA (1999) Differential behavioural and hormonal responses of voles and spiny mice to owl calls. *Animal Behaviour* 58, 1085–1093.
- Emlen JM (1966) The role of time and energy in food preference. *The American Naturalist* 100 (916) 611–617.

- Fàbregas MC, Guillén-Salazar F, Garcés-Narro C (2012) Do naturalistic enclosures provide suitable environments for zoo animals? *Zoo Biology* 31, 362–373.
- Fahrig L, Merriam G (1994) Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology* 8 (1), 50–59.
- Ferkin MH (1988) The effect of familiarity on social interactions in meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*: a laboratory and field study. *Animal Behaviour* 36, 1816–1822.
- Ferkin MH (1999) Scent over-marking and adjacent-marking as competitive tactics used during chemical communication in voles. U Johnston RE, Müller-Schwarze D, Sorensen PW (ur.) *Advances in chemical signals in vertebrates*. Springer, Boston, Massachusetts.
- Ferkin MH (2015) The response of rodents to scent marks: Four broad hypotheses. *Hormones and Behavior* 60, 43–52.
- Ferkin MH, Johnston RE (1995) Meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*, use multiple sources of scent for sex recognition. *Animal Behaviour* 49, 37–44.
- Ferkin MH, Leonard ST (2010) Self-grooming as a form of olfactory communication in meadow voles and prairie voles (*Microtus* spp.). *Neurobiology of Grooming Behavior*, 19–45.
- Ferkin MH, Rutka TF (1990) Sibling recognition in meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*. *Canadian Journal of Zoology* 68, 609–613.
- Ferkin MH, Seamon JO (1987) Odor preference and social behavior in meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*: seasonal differences. *Canadian Journal of Zoology* 65 (12), 2931–2937.
- Frynta D (1994) Exploratory behaviour in 12 Palaearctic mice species (Rodentia: Muridae): A comparative study using „free exploration” tests. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 57, 173–182.
- Garner JP (2005) Stereotypies and other abnormal repetitive behaviors: potential impact on validity, reliability, and replicability of scientific outcomes. *ILAR Journal* 46 (2), 106–117.
- Gates JE, Gates DM (1980) A winter food cache of *Microtus pennsylvanicus*. *The American Midland Naturalist* 103 (2), 407–408.
- Genaro G, Schmidek WR (2000) Exploratory activity of rats in three different environments. *Ethology* 106, 849–859.

- Gippoliti S, Amori G (2007) Beyond threatened species and reintroduction: establishing priorities for conservation and breeding programmes for European rodents in zoos. *International Zoo Yearbook* 41, 194–202.
- Gosling LM (1982) A reassessment of the function of scent marking in territories. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 60, 89–118.
- Gosling LM, Atkinson NW, Collins SA, Roberts RJ, Walters RL (1995) Avoidance of scent-marked areas depends on the intruder's body size. *Behaviour* 133, 491–502.
- Gosling LM, Atkinson NW, Dunn S, Collins SA (1996) The response of subordinate male mice to scent marks varies in relation to their own competitive ability. *Animal Behaviour* 52, 1185–1191.
- Gosling LM, Roberts SC (2001) Scent-marking by male mammals: Cheat-proof signals to competitors and mates. *Advances in the Study of Behavior* 30, 169–217.
- Gosling LM, Roberts SC, Thornton EA, Andrew MJ (2000) Life history costs of olfactory status signalling in mice. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 48, 328–332.
- Gray SJ, Plesner Jensen S, Hurst JL (2000) Structural complexity of territories: preference, use of space and defence in commensal house mice, *Mus domesticus*. *Animal Behaviour* 60, 765–772.
- Greenberg R (2003) The role of neophobia and neophilia in the development of innovative behaviour of birds. U Reader SM, Laland KN *Animal innovation*. Oxford University Press, Oxford.
- Greenberg R, Mettke-Hofmann C (2001) Ecological aspects of neophobia and neophilia in birds. *Current Ornithology* 16, 119–178.
- Grimsley JMS, Monaghan, JJM, Wenstrup JJ (2011) Development of social vocalizations in mice. *Plos Biology*, 6 (3), e17460.
- Halle S, Stenseth NC (2000) Activity patterns in small mammals: An ecological approach. *Ecological Studies*. Springer-Verlag, Berlin.
- Hamilton WD, May RM (1977) Dispersal in stable habitats. *Nature*, 269, 578–581.
- Hansson L (1996) Regional differences in behaviour in bank voles (*Clethrionomys glareolus*): dyadic encounters. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 39, 331–334.

- Hjältén J, Danell K, Ericson L (2004) Hare and vole browsing preferences during winter. *Acta Theriologica* 49 (1), 53–62.
- Hart PC, Bergner CL, Dufour BD, Smolinsky AN, Egan RJ (2009) Analysis of abnormal repetitive behaviors in experimental animal models. U Warnik JE, Kauleff AV (ur.): *Translational neuroscience*. Nova Science Publishers, Haupage, 71–82.
- Holy TE, Guo Z (2005) Ultrasonic songs of male mice. *Plos Biology*, 3(12), e386.
- Hosey G, Melfi V, Pankhurst S (2010) *Zoo animals behaviour, management and welfare*. Oxford University Press, Oxford.
- Hoset KS, Le Galliard JF, Gundersen G, Steen H (2007) Home range size and overlap in female root voles: effects of season and density. *Behavioral Ecology* 19 (1), 139–145.
- Hurst JL (1990a) Urine marking in populations of wild house mice *Mus domesticus* Ratty. II. Communication between sexes. *Animal Behaviour* 40, 233–243.
- Hurst JL (1990b) Urine marking in populations of wild house mice *Mus domesticus* Ratty. II. Communication between females. *Animal Behaviour* 40, 223–232.
- Hurst JL (1990c) Urine marking in populations of wild house mice *Mus domesticus* Ratty. II. Communication between males. *Animal Behaviour* 40, 209–222 .
- Hurst JL, Hall S, Roberts R, Christian C (1996) Social organization in the aboriginal house mouse, *Mus spretus* Lataste: behavioural mechanisms underlying the spatial dispersion of competitors. *Animal Behaviour* 51, 327–344.
- Hurst JL, Rich TJ (1999) Scent marks as competitive signals of mate quality. U Johnston RE, Muller-Schwarze D, Sorensen P (ur.) *Advances in Chemical Signals in Vertebrates*. Plenum Press, New York, 209–225.
- Ims RA (1987) Male spacing systems in microtine rodents. *The American Naturalist*, 130 (4), 475–484.
- Ivić L (2017) Odabir hrane kod dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi*) u zatočeništvu. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek.
- Jedrzejewski W, Rychlik L, Jedrzejewski B (1993) Responses of bank voles to odours of seven species of predators: experimental data and their relevance to natural predator-vole relationships. *OIKOS* 68, 251–257.

- Jenkins SH, Ascanio R (1993) Potential nutritional basis for resource partitioning by desert rodents. *American Midland Naturalist* 130 (1), 164–172.
- Jensen SP (1993) Temporal changes in food preferences of wood mice (*Apodemus sylvaticus* L.). *Oecologia* 94 (1), 76–82.
- Jensen SP, Gray SJ, Hurst JL (2003) How does habitat structure affect activity and use of space among house mice? *Animal Behaviour* 66, 239–250.
- Johnston RE, Müller-Schwarze D, Sorensen PW (1999) Advances in chemical signals in vertebrates. U Ferkin MH (ur.): Chapter Scent over-marking and adjacent-marking as competitive tactics used during chemical communication in voles. Springer, Boston, 239–246.
- Jolles J, Rompa-Barendregt J, Gispen WH (1979) Novelty and Grooming Behavior in the Rat. *Behavioral and Neural Biology* 25, 563–572.
- JU PP Biokovo (2019) Geologija Biokova,.
- Kamil AC, Krebs JR, Pulliam HR (1987) Foraging behaviour. Plenum Press, London.
- Kapusta J, Sales GD (2009) Male-female interactions and ultrasonic vocalization in three sympatric species of voles during conspecific and heterospecific encounters. *Behaviour*, 146 (7), 939–962.
- Kapusta J, Sales GD, Czuchnowski R (2007) Aggression and vocalization behaviour of three sympatric vole species during conspecific and heterospecific same-sex encounters. *Behaviour* 144 (3), 283–305.
- Katanović M (2013) Sezonska usporedba prehrane dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi* Martino, 1922) u zatočeništvu, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek.
- Kerley GIH, Erasmus T (1991) What do mice select for in seeds? *Oecologia* 86, 261–267.
- Kight CR, McNamara JM, Stephens DW, Dall SRX (2013) Communication as information use: insights from statistical decision theory. U Stegmann UE (ur.) *Animal Communication Theory: Information and Influence*. Cambridge University Press, Cambridge, 89–112.
- Klejbor I, Turlejski K (2012) Different strategies of exploration and phenotypic variability of the locomotor behavior in new environment: Comparative study of the laboratory opossum

- (*Monodelphis domestica*) and Wistar rat (*Rattus norvegicus*). *Acta Neurobiologiae Experimentalis* 72, 452–460.
- Klenovšek T, Jojić V (2016). Modularity and cranial integration across ontogenetic stages in Martino's vole, *Dinaromys bogdanovi*. *Contributions to Zoology* 85, 275–289.
- Koivula M, Korpimäki E (2001) Do scent marks increase predation risk of microtine rodents? *OIKOS* 95, 275–281.
- Kovač M (2016) Vokalizacija dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi* Martino, 1922) u različitim uvjetima okoliša u zatočeništvu. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek.
- Krebs JR, Davies NB (1993) An introduction to behavioral ecology. The Alden Press, Oxford.
- Król E, Redman P, Thomson PJ, Williams R, Mayer C, Mercer JG, Speakman JR (2005) Effect of photoperiod on body mass, food intake and body composition in the field vole, *Microtus agrestis*. *Journal of Experimental Biology* 208 (3), 571–584.
- Kryštufek B (2018) *Dinaromys bogdanovi*. The IUCN Red List of Threatened Species e.T6607A97220104. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T6607A97220104.en>.
- Kryštufek B, Bužan EV (2008) Rarity and decline in palaeoendemic Martino's vole *Dinaromys bogdanovi*. *Mammal Review* 38 (4), 267–284.
- Kryštufek B, Bužan EV, Hutchinison WF, Hänfling B (2007) Phylogeography of the rare Balkan endemic Martino's vole, *Dinaromys bogdanovi*, reveals strong differentiation within the western Balkan Peninsula. *Molecular Ecology* 16, 1221–1232.
- Kryštufek B, Engelberger S, Muzaferović Š, Bužan EV, Skok J, Škrijelj R, Herzig-Straschil B (2010) Assessing population size of Martino's vole (*Dinaromys bogdanovi*) in central Bosnia. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 21 (2), 165–169.
- Kryštufek B, Klenovšek T, Bužan EV, Loy A, Janžeković F (2012) Cranial divergence among evolutionary lineages of Martino's vole, *Dinaromys bogdanovi*, a rare Balkan paleoendemic rodent. *Journal of Mammalogy* 93 (3), 818–825.
- Kryštufek B, Kolarić K, Paunović M (2000) Age determination and age structure in Martino's vole (*Dinaromys bogdanovi*). *Mammalia* 64 (3), 361–370.

- Kryštufek B, Tvrčković N (1988) Insectivores and rodents of the Central Dinaric karst of Yugoslavia. *Scopolia* 15, 1–59.
- Kryštufek B, Vohralík V, Obuch J (2009) Endemism, vulnerability and conservation issues for small terrestrial mammals from the Balkans and Anatolia. *Folia Zoologica* 58 (3), 291–302.
- Laplagne DA, Costa ME (2016) Rats synchronize locomotion with ultrasonic vocalizations at the subsecond time scale. *Frontiers in Behavioral Neuroscience* 10, 184.
- Lanszki J, Mórocz A, Conroy JWH (2011) Food caching by a Eurasian otter. *Folia Zoologica* 60 (1), 43–46.
- Leonard ST, Ferkin MH (2005) Seasonal differences in self-grooming in meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*. *Acta Ethologica* 8, 86–91.
- Lepri JJ, Theodorides M, Wysocki CJ (1988) Ultrasonic vocalizations by adult prairie voles, *Microtus ochrogaster*. *Experientia* 44(3), 271–273.
- Lobo N, Geary AB, Millar JS (2010) Intraspecific behavior of heather voles (*Phenacomys intermedius*). *Northwestern Naturalist* 91(2), 165–171.
- Lodewijckx E (1984a) The influence of sex, sexual condition and age on the exploratory behaviour of wild wood mice (*Apodemus sylvaticus* L.). *Behavioural Processes* 9 (4), 431–444.
- Lodewijckx E (1984b) Seasonal fluctuations in the exploratory behaviour and in the activity of wild wood mice. *Acta Theriologica* 29, 273–282.
- Lozić S (1996) Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske. *Acta Geographica Croatica* 31, 41–50.
- Luque-Larena JJ, Lopez P (2007) Microhabitat use by wild-ranging Cabrera voles *Microtus cabrerae* as revealed by live trapping. *European Journal of Wildlife Research* 53, 221–225.
- Luque-Larena JJ, López P, Gosálbez J (2001) Scent matching modulates space use and agonistic behaviour between male snow voles, *Chionomys nivalis*. *Animal Behaviour* 62, 1089–1095.



- Luque-Larena JJ, López P, Gosálbez J (2002a) Microhabitat use by the snow vole *Chionomys nivalis* in alpine environments reflects rock-dwelling preferences. *Canadian Journal of Zoology* 80 (1), 36–41.
- Luque-Larena JJ, López P, Gosálbez J (2002b) Responses of snow voles, *Chionomys nivalis*, towards conspecific cues reflect social organization during overwintering periods. *Ethology* 108, 947–959.
- Luque-Larena JJ, Lopez P, Gosálbez J (2002c) Levels of social tolerance between snow voles *Chionomys nivalis* during over wintering periods. *Acta Theriologica* 47 (2), 163–173.
- Luque-Larena JJ, López P, Gosálbez J (2002d) Relative dominance affects use of scent-marked areas in male snow voles *Chionomys nivalis*. *Ethology* 108, 273–285.
- Luque-Larena JJ, López P, Gosálbez J (2003) Male dominance and female chemosensory preferences in the rock-dwelling snow vole. *Behaviour* 140, 665–681.
- Luque-Larena JJ, López P, Gosálbez J (2004) Spacing behavior and morphology predict promiscuous mating strategies in the rockdwelling snow vole, *Chionomys nivalis*. *Canadian Journal of Zoology* 82, 1051–1060.
- Lynn DA, Brown GR (2009) The ontogeny of exploratory behavior in male and female adolescent rats (*Rattus norvegicus*). *Developmental Psychobiology* 6 (51), 513–520.
- Malenica M (2011) Etogram dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi* Martino, 1922), Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek.
- Mandelik Y, Jones M, Dayan T (2003) Structurally complex habitat and sensory adaptations mediate the behavioural responses of a desert rodent to an indirect cue for increased predation risk. *Evolutionary Ecology Research* 5, 501–515.
- Martin P, Bateson P (1996) *Measuring behaviour, An introductory guide*, Second edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Matsumoto YK, Okanoya K (2018) Mice modulate ultrasonic calling bouts according to sociosexual context. *Royal Society Open Science* 5 (6), 180378.
- Mills DS (2010) *The encyclopedia of applied animal behaviour and welfare*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Merritt JF (2010) *Biology of small mammals*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

- Metcheva R, Beltcheva M, Chassovnikarova T (2008) The snow vole (*Chionomys nivalis*) as an appropriate environmental bioindicator in alpine ecosystems. *Science Of The Total Environment* 391, 278–283.
- Morrison PR, Teitz WJ (1953) Observations on food consumption and preference in four Alaskan mammals. *University of Wisconsin*, 6 (1), 1–64.
- Musolf K, Meindl S, Larsen AL, Kalcounis-Rueppell MC, Penn DJ (2015) Ultrasonic vocalizations of male mice differ among species and females show assortative preferences for male calls. *Plos One* 10 (8), e0134123.
- Mun HS, Lipina TV, Roder JC (2015) Ultrasonic vocalizations in mice during exploratory behavior are context - dependent. *Behavioral Neuroscience* 9, 316.
- Newman KS, Halpin ZT (1988) Individual odours and mate recognition in the prairie vole, *Microtus ochrogaster*. *Animal Behaviour* 36, 1779–1787.
- Niederer A (2007) Das Verhalten der Schneemaus (*Chionomys nivalis*). Doktorat, Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel.
- Nowak RM (1999) Walker's mammals of the world. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.
- Ondrasek NR, Wade A, Burkhard T, Hsu K, Nguyen T, Post J, Zucker I (2015) Environmental modulation of same-sex affiliative behavior in female meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*). *Physiology and Behavior* 140, 118–126.
- Oosthuizen MK, Scheibler AG, Charles Bennett N, Amrein I (2013) Effects of laboratory housing on exploratory behaviour, novelty discrimination and spatial reference memory in a subterranean, solitary rodent, the cape mole-rat (*Georychus capensis*). *Plos One* 8 (9), e75863.
- Ostfeld RS (1985) Limiting resources and territoriality in microtine rodents. *The American Naturalist* 126 (1), 1–15.
- Ostfeld RS (1990) The ecology of territoriality in small mammals. *Trends in Ecology and Evolution* 5 (12), 411–415.
- Ozimec R (2008) Biokovo. *Graphis i JU PP Biokovo*. Zagreb.
- Parrott R (2014) Something stinks: the effect of predator scent cues on the behavior of small rodents. University of Notre Dame, Notre Dame.

- Parsons GJ, Bondrup-Nielsen S (1996) Experimental analysis of behaviour of meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*) to odours of the short-tailed weasel (*Mustela erminea*). *Écoscience* 3 (1), 63–69.
- Petrov B, Todorović M (1982) *Dinaromys bogdanovi* (V. et E. Martino, 1922). U Niethammer J, Krapp F, (ur.) *Handbuch der Säugetiere Europas, Band 1*. Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden, 193–208.
- Pianka ER (1972) r and K selection or b and d selection. *The American Naturalist* 106 (951), 581–588.
- Pisula W, Siegel J (2005) Exploratory behavior as a function of environmental novelty and complexity in male and female rats. *Psychol. Rep.* 97(2), 631–638.
- Pisula W, Turlejski K, Stryjek R, Nalecz-Tolak A, Grabiec M, Dajavadian RL (2012) Response to novelty in the laboratory Wistar rat, wild-captive WWCPs rat, and the gray short-tailed opossum (*Monodelphis domestica*). *Behavioural Processes* 91 (2), 145–151.
- Péter A (2012) Solomon Coder (version beta 15.03.15): A simple solution for behavior coding. <http://solomoncoder.com/>.
- Perrot-Sinal TS, Ossenkopp KP, Kavaliers M (1999) Effects of repeated exposure to fox odour on locomotor activity levels and spatial movement patterns in breeding male and female meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*). *Journal of Chemical Ecology* 25 (7) 1567–1584.
- Petren K, Case TJ (1998) Habitat structure determines competition intensity and invasion success in gecko lizards. *Ecology* 95, 11739–11744.
- Plowman AB (2006) *Zoo research guidelines: Statistics for typical zoo datasets*. British and Irish Association of Zoos and Aquariums, London.
- Portfors CV (2007) Types and functions of ultrasonic vocalizations in laboratory rats and mice. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 46 (1), 28–34.
- Preston SD, Jacobs LF (2005) Cache decision making: the effects of competition on cache decisions in Merriam's kangaroo rat (*Dipodomys merriami*). *Journal of Comparative Psychology* 119 (2), 187–196.
- Pyke GH, Pulliam HR, Charnov EL (1977) Optimal foraging: A selective review of theory and tests. *The Quarterly Review of Biology* 52 (2), 137–154.

- Rezo M (2014) Kvalitativna i kvantitativna analiza prehrane dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi* Martino, 1922.) u zatočeništvu, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek.
- Rosenberg DK, Noon BR, Meslow EC (1997) Biological Corridors: Form, Function, and Efficacy. *BioScience* 47 (10), 677–687.
- Roullet FI, Wöhr M, Crawley JN (2011) Female urine-induced male mice ultrasonic vocalizations, but not scent-marking, is modulated by social experience. *Behavioural Brain Research*, 216 (1), 19–28.
- Russell PA (1973) Relationships between exploratory behaviour and fear: a review. *British Journal of Psychology* 64 (3), 417–433.
- Selanec I, Budinski I (2014) Istraživanje i monitoring dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi* Martino 1922) u Parku prirode Biokovo. Udruga BIOM, Zagreb.
- Selanec I, Budinski I, Žižić Gušo E (2015) Nastavak istraživanja i monitoringa dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi* (Martino 1922)) u Parku prirode Biokovo – 2. godina. Udruga BIOM, Zagreb.
- Semeniuk CAD, Musiani M, Marceau DJ (2011) Integrating spatial behavioral ecology in agent-based models for species conservation. U Sofo A (ur.) *Biodiversity*. InTech, 1–26.
- Shettleworth SJ (2001) Animal cognition and animal behaviour. *Animal behaviour* 61, 277–286.
- Shettleworth SJ (2010) *Cognition, evolution and behavior*. Oxford University Press, Oxford.
- Solheim R (1984) Caching behaviour, prey choice and surplus killing by pygmy owls *Glaucidium passerinum* during winter, a functional response of a generalist predator. *Annales Zoologici Fennici* 21, 301–308.
- Spencer EE, Crowther MS, Dickman CR (2014) Risky business: do native rodents use habitat and odor cues to manage predation risk in Australian deserts? *Plos One* 9 (2), e90566.
- Stephens DW, Brown JS, Ydenberg RC (2007) *Foraging behavior and ecology*, The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Stoddart DM (1979) *Ecology of small mammals*. Chapman and Hall, London.
- Stoddart DM (1980) *The ecology of vertebrate olfaction*. Springer

- Sutherland WJ (1998) The importance of behavioural studies in conservation biology. *Animal Behaviour* 56, 801–809.
- Taborsky M (2010) Sample size in the study of behaviour. *Ethology – International Journal of Behavioural Biology* 116 (3), 185–202.
- Takahashi N, Kashino M, Hironaka N (2010) Structure of rat ultrasonic vocalizations and its relevance to behavior. *Plos One* 5 (11), e14115.
- Thomas SA, Wolff JO (2003) Scent marking in rodents: a reappraisal, problems and future directions. U Singleton GR, Hinds LA, Krebs CJ, Spratt DM (ur.) *Rats, mice and people: rodent biology and management*. ACIAR Monograph 96.
- Thomas SA Kaczmarek B (2002) Scent-marking behaviour by male prairie voles, *Microtus ochrogaster*, in response to the scent of opposite and same-sex conspecifics. *Behavioural processes* 60, 27–33.
- Telbisz T, Dragušica H, Nagy B (2009) Doline morphometric analysis and karst morphology of Biokovo Mt (Croatia) based on field observations and digital terrain analysis. *Hrvatski geografski glasnik* 71 (2), 5–22.
- Trebatická L, Sundell J, Tkadlec E, Ylönen H (2008) Behaviour and resource use of two competing vole species under shared predation risk. *Oecologia* 157, 707–715.
- Urbaniak GC, Plous S (2013) Research Randomizer (Version 4.0) [Computer software]. <http://www.randomizer.org/>
- Uster HJ, Battlg K, Nageli HH (1976) Effects of maze geometry and experience on exploratory behavior in the rat. *Animal Learning and Behavior* 4 (1), 84–88.
- Vander Wall SB (1990) *Food hoarding in animals*. The University of Chicago Press.
- Vander Wall SB, Smith KG (1987) Cache-protecting behavior of food-hoarding animals. U Schoener TW (ur.) *Foraging behaviour*. Plenum Press, New York, 611–644.
- Velić I, Velić J (2016) *Geološki vodič kroz Park prirode Biokovo*. Makarska, Javna ustanova „Park prirode Biokovo”.
- Vidatić L (2015) *Ponašanje dinarskog voluhara (Dinaromys bogdanovi Martino, 1922) pri istraživanju novog prostora u zatočeništvu*. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek.

- Vlautin CT, Hobbs NJ, Ferkin MH (2010) Male and female meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*, differ in their responses to heterospecific/conspecific over-marks. *Ethology* 116, 797–805.
- Webster DG, Williams MH, Owens RD, Geiger VB, Dewsbury DA (1981) Digging behavior in 12 taxa of muroid rodents. *Animal Learning and Behavior* 9 (2), 173–177.
- Whishaw IQ, Haun F, Kolb B (1999) Modern techniques in neuroscience research. *Analysis of Behavior in Laboratory Rodents*, 1243–1275.
- Wolfer DP, Litvin O, Morf S, Nitsch RM, Lipp HP, Würbel H (2004) Laboratory animal welfare: cage enrichment and mouse behaviour. *Nature* 432, 821–822.
- Wolff JO (2004) Scent marking by voles in response to predation risk: a field-laboratory validation. *Behavioral Ecology* 15 (2), 286–289.
- Wood-Gush DGM, Vestergaard K (1991) The seeking of novelty and its relation to play. *Animal Behaviour* 42 (4), 599–606.
- Wyatt TD (2014) *Pheromones and animal behavior chemical signals and signature mixtures*, second edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Zhang MM, Shen Z, Liu GQ, Yi XF (2012) Seed caching and cache pilferage by three rodent species in a temperate forest in the Xiaoxinganling Mountains. *Zoological Research* 34 (1), 13–18.
- Zhong W, Wang G, Zhou Q, Wang G (2007) Communal food caches and social groups of Brandt's voles in the typical steppes of Inner Mongolia, China. *J. Arid Environ.* 68, 398–407.
- Zhengyu W, Bo W, Xianfeng Y, Chuan Y, Lin C, Zhibin Z (2018) Scatter-hoarding rodents are better pilferers than larder-hoarders. *Animal Behaviour* 141, 151–159.
- Ylönen H, Mappes T (1995) Spacing behavior and key resources: an experiment on seasonal preference of male bank voles *Clethrionomys glareolus*, for food and females. *Annales Zoologici Fennici* 32, 445–448.

## 8. PRILOZI

### Prilog 1. Popis ponašanja i njihovi opisi

Kategorija	Ponašanje	Opis ponašanja
Prostor	Virenje	Životinja je na vratima pokusnog terarija u minimalnoj duljini 0,8 s prije ulaska. Virenje također uključuje ponašanje u eksperimentalnom terariju ako je životinja na vratima te gleda, njuši, dodiruje vrata u matični terarij. Ako životinja ne ulazi no gleda u eksperimentalni terarij u trajanju od 0,4 s to se također smatralo virenjem.
Bliža (BP)	polovica	Životinja je u bližoj polovici terarija koju je određena na način da je prije kodiranja ponašanja povučena sredinom terarija razdjelna crta, dijelivši ga na dvije polovice. Životinja je u toj polovici dok joj stražnje noge ne prijeđu u drugu polovicu. Jedina iznimka je kada životinja viri u matični terarij.
Dalja (DP)	polovica	Životinja je u daljoj polovici terarija koju je određena na način da je prije kodiranja ponašanja povučena sredinom terarija razdjelna crta podijelivši ga na dvije polovice. Životinja je u toj polovici dok joj stražnje noge ne prijeđu u drugu polovicu. Ponašanja životinje koja se odnose na kontakt s vratima na suprotnoj strani terarija su označena kao ponašanje Druga vrata.
Druga vrata		Životinja njuši, propinje se, dodiruje ili se penje po vratima na suprotnom kraju od ulaza u eksperimentalni terarij.

<b>Kategorija</b>	<b>Ponašanje</b>	<b>Opis ponašanja</b>
	Mreža	Životinja se popela ili je skočila na mrežu ili staklo i ne dodiruje pod ili kamenje terarija. Ponekad u toj poziciji dodiruje bočne strane terarija. To ponašanje se prekida u slučaju da životinja otiđe na Bližu ili Dalju polovicu ili na terarij.
	Van terarija	Životinja je van terarija.
<b>Kamen</b>	Kamen	Životinja stoji na kamenu koji nije označen mirisnom oznakom sa sve četiri noge ili samo na stražnjim nogama u slučaju silaženja s kamena. Ako je životinja fiksirana u položaju s dvije noge na kamenu a dvije noge s uporištem na staklu terarija to se isto bilježilo kao boravak na kamenu a opisano je u etogramu kao „učokiran položaj” Malenica 2011. Dodatno je životinja osim boravak na kamenu radila i druga ponašanja kao što je propinjanje, njuškanje i drugo što je dodatno bilježeno.
	Kamen s mirisom	Životinja stoji na kamenu koji je označen mirisnom oznakom sa sve četiri noge ili samo na stražnjim nogama u slučaju silaženja s kamena. Ako je životinja fiksirana u položaju s dvije noge na kamenu a dvije noge s uporištem na staklu terarija to se isto bilježilo kao boravak na kamenu a opisano je u etogramu kao „učokiran položaj” Malenica 2011. Dodatno je životinja osim boravka na kamenu radila i druga ponašanja kao što je propinjanje, njuškanje i drugo što je dodatno bilježeno.



<b>Kategorija</b>	<b>Ponašanje</b>	<b>Opis ponašanja</b>
<b>Tip kretanja</b>	Mirovanje (B0)	Životinja se ne pokreće niti stoji na stražnjim nogama nego miruje najmanje 1 s ili više. Ponekad se u tom položaju timari, ili njuška ono što je pred njom.
	Kretanje B1	Životinja se kreće sporo, hodajući. Ponekad uz kretanje njuška kamenje ili podlogu.
	B2	Životinja se kreće brzo, trči ili ubrzano trza.
	Skok	Životinja se odiže s podloge sa sve četiri noge te doskače na staklo, nazad na podlogu ili na mrežu.
	Propinjanje	Životinja stoji na stražnjim nogama bez da se oslanja ili oslanjajući se na kamen (u kojem slučaju je ponašanje Propinjanje na kamen) odnosno staklo od terarija (u kom slučaju je ponašanje Propinjanje na staklo). Penjanje na kamen ne označava propinjanje. Ukoliko je kao ponašanje opisano samo propinjanje onda to uključuje sve tipove propinjanja objedinjeno.
	Kopanje	Životinja prednjim nogama razgrće piljevinu.
	Smrzavanje	Životinja se ne pomiče no oči su joj otvorene, postura napeta minimalno 1 s. Tijelo joj je izduženo.
<b>Ukupno njuškanje (njuškanje)</b>	Njuškanje podloge	Životinja njuši podlogu (pločice ili piljevinu), postrane stranice terarija ili vrata. Njuškanje bilježimo u slučaju da traje minimalno 0,4 s.
	Njuškanje kamena	Životinja njuši kamen koji nije označen olfaktornim signalima.

<b>Kategorija</b>	<b>Ponašanje</b>	<b>Opis ponašanja</b>
	Njuškanje kamena s mirisom	Životinja njuši kamen s mirisnom oznakom (olfaktornim signalom postavljenim od strane istraživača).
<b>Održavanje krzna</b>	Timarenje	Životinja se timari točnije održava krzno na različite načine.
<b>Novi predmet</b>	Kontakt s predmetom	Svaki direktni kontakt s novim predmetom uključujući dodirivanje, grizenje ili nošenje novog predmeta.
	Njuškanje predmeta	Životinja njuši predmet bez dodirivanja.
<b>Kontakt s drugom jedinkom - pokušaj*</b>	Diranje terarija	Svaki direktni kontakt životinje s terarijem no ne i preko mreže.
<i>(terarij se u postavima kontakta odnosi na terarij u kojme je prezentirana druga jedinka)</i>	Njuškanje mreže	Njuškanje mreže kad životinja nije s druge strane.
	Mreža bez životinje	Svaki direktni kontakt s mrežom kad životinja nije s druge strane.
	Terarij kontakt	Kontakt s plastičnim dijelom terarija bez kontakta s drugom životinjom.
	Skok na terarij	Svaki skok na terarij se brojao, uključujući skok na mrežu ili vrh terarija. Kao skok se zasebno brojalo i odskakivanje životinje od mreže te ponovno naskakivanje na drugi dio terarija. Skok s terarija se nije brojao.
	Dalja polovica (nevidljiv)	Životinja nije vidljiva zbog toga što se nalazi iza terarija i u daljoj polovici od ulaza.

<b>Kategorija</b>	<b>Ponašanje</b>	<b>Opis ponašanja</b>
<b>Kontakt drugom jedinkom **</b>	s Diranje životinje	Direktan kontakt s životinjom moguć je isključivo preko mreže a u slučaju poskoka kao kontakt se brojalo dodirivanje svlaka.
	Agresivni kontakt	Kontakt kroz lupanje i trzaj kada je eksperimentalna životinja u pokušaju interakcije skakala i udarala u mrežu.
	Njuškanje životinje	Životinje su orijentirane jedna prema drugoj njuškama, no ne i u direktnom kontaktu preko mreže.

\*Ponašanja su označena kao pokušaj kontakta s obzirom da je opisuju kontakt s terarijem u kojem se nalazi prezentirana životinja.

\*\*Ponašanja su označena kao kontakt iako se ne radi o većoj razini kontakta od kontakta preko mreže.

Neka ponašanja se mogu događati istovremeno te su na taj način i bilježena tijekom istraživanja.

## Istraživanje izbora i skladištenja hrane

<b>Vrsta ili pozicija hrane</b>	Hrana 1	Kod pokusa u kojem je različita hrana postavljena na istu udaljenost Hrana 1 označava jabuku, dok kod pokusa iste hrane na različitoj udaljenosti označava hranu koja se nalazi na Bližoj polovici.
	Hrana 2	Kod pokusa u kojem je različita hrana postavljena na istu udaljenost Hrana 2 označava radić, dok kod pokusa iste hrane na različitoj udaljenosti označava hranu koja se nalazi na Daljoj polovici

Lađena



## Prilog 2. Grupe lokaliteta

Prva grupa lokaliteta:

Lađena, Sv. Jure, Vošac, Marasi 2

Slika 91. Lokalitet Lađena, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).

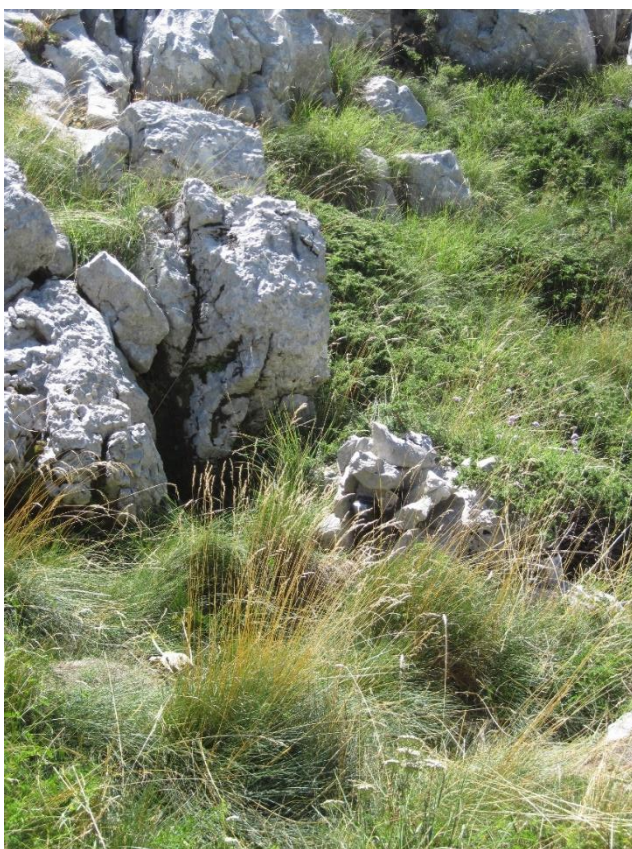
Slika 92. Lokalitet Lađena, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).



Sv. Jure



Slika 93. Lokalitet Sv. Jure, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 94. Lokalitet Sv. Jure, detalj staništa(izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 95. Lokalitet Vošac, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 96. Lokalitet Vošac, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).

Marasi 2



Slika 97. Marasi 2, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 98. Marasi 2, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).



Sokolove Staje 1

Druga grupa lokaliteta:

Sokolove staje 1 i 2, Bartulovići 1  
i 2, Gornja Breła 2



Slika 99. Sokolove Staje 1 (izvor projekt Dinarski voluhar).

Sokolove staje 2



Slika 100. Sokolove staje 2 (izvor projekt Dinarski voluhar).

Bartulović 1



Slika 101. Bartulović 1, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 102. Bartulović 1, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).

Bartulović 2



Slika 103. Bartulović 2, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 104. Bartulović 2, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).

G. Brela 2



Slika 105. Gornja Brela 2, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 106. Gornja Brela 2, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).

Bast 1



Treća grupa lokaliteta:

Bast 1 i 2, Gornja Brela 1, Stanić,  
Topnički put, Staza, Milići

Slika 107. Bast 1, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 108. Bast 1, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).

Bast 2



Slika 109. Bast 2, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 110. Bast 2, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).

Gornja Brela 1



Slika 111. Gornja Brela 1, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 112. Gornja Brela 1, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).



Stanić



Slika 113. Stanić, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 114. Stanić, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).

Topnički Put



Slika 115. Topnički Put, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 116. Topnički put, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 117. Staza, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 118. Staza, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).

Milići



Slika 119. Milići, detalj staništa (izvor projekt Dinarski voluhar).



Slika 120. Milići, šira slika (izvor projekt Dinarski voluhar).

### Prilog 3. Životopis

Maša Ljuština rođena je 21. srpnja 1978. godine u Zagrebu. Zvanje magistra edukacije biologije stekla je na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2003. godine te magistra znanosti ekologije 2009. na istom fakultetu i na temi Ekologija vretenaca rijeke Cetine. Profesionalno iskustvo započela je u Zoološkom vrtu grada Zagreba, a zatim je radila u EducAreni kao edukator, osnovnoj školi Marija Martinolića kao učitelj biologije, Zoološkom vrtu grada Zagreba kao kurator za sisavce. Kao voditelj Odsjeka za zaštićena područja radi prvo u Državnom zavodu za zaštitu prirode, koji je postaje Hrvatska agencija za okoliš i prirodu pa Zavod za zaštitu okoliša i prirode pri Ministarstvu zaštite okoliša i energetike. Uz iskustvo upravljanja životinjama u zatočeništvu razvijala je istraživački i konzervacijski rad Zoološkog vrta, osmišljavala i provodila vježbe za studente te bila pozvani predavač u sklopu kolegija Ekologija životinja na PMF-u. Razvijala je program usavršavanja timaritelja te sudjelovala u razvoju programa za podizanje svijesti javnosti za koji je Zoološki vrt dobio dvije međunarodne nagrade (od Europskog udruženja zooloških vrtova i akvarija). Radno iskustvo rada u Zavodu za zaštitu okoliša i prirode stiče od 2014. godine do danas i ono uključuje podizanje kapaciteta javnih ustanova za upravljanje zaštićenim područjima te analizu planskih i izvještajnih dokumenata i sudjelovanje u razvoju strateških i zakonodavnih dokumenata u području zaštite prirode. Ujedno je kroz rad Zavoda sudjelovala na brojnim projektima. Ima iskustvo u osnivanju, strukturiranju i radu nevladinih organizacija sektora (Udruga Bius, Udruga BIOM, Hyla, Hrvatsko ornitološko društvo) na brojnim projektima vezanim uz inventarizaciju, monitoring, edukaciju i drugo. Član je Međunarodne unije za zaštitu prirode odnosno Svjetske komisije za zaštićena područja: specijalističke grupe za jačanje kapaciteta te turizam u zaštićenim područjima.

Popis za ovaj rad relevantnih publikacija i sudjelovanja na kongresima:

Lisičić D, Selanec I, Budinski I, Safner T, Ljuština M, Benković V (2019) Temporal niche partitioning of the endemic Martino's Vole and sympatric small mammals in Dinaric mountain. *Mammal Research* (u objavi).

Ljuština M, Vidatić L, Safner T, Ivanek I, Budinski I, Damjanović M, Lukač M, Lisičić D (2018) Behavioral response of the endemic Martino's vole *Dinaromys bogdanovi* (Martino, 1922) to environmental complexity. *Acta ethologica* 22 (1), 29–38.

Lukač M, Prukner-Radovčić E, Gottstein Z, Damjanović M, Ljuština M, Lisičić D, Horvatek Tomić D (2017) Bacterial and fungal flora in faecal samples from the Balkan snow vole (*Dinaromys bogdanovi*) at the Zagreb Zoo. *Journal of Zoo and Aquarium Research* 5 (4).

Ljuština M, Katanović I, Rezo M, Ivanek I, Damjanović M, Lisičić D (2015) Seasonal differences in food intake, caching and body mass of the endemic Balkan snow vole (*Dinaromys bogdanovi*) in captivity. 12th Croatian Biological Congress with International Participation.

Kovač M, Ljuština M, Hamidović D, Bračić M, Lisičić D (2015) First data on the acoustic repertoire of Balkan snow vole (*Dinaromys bogdanovi*) in captivity. 12th Croatian Biological Congress with International Participation.

Vidatić L, Ljuština M, Ivanek I, Lisičić D (2015) Exploratory activity of Martino's snow vole (*Dinaromys bogdanovi* Martino, 1922). 12th Croatian Biological Congress with International Participation.

Selanec I, Lisičić D, Budinski I, Ljuština M, Ivanek I (2012) Conservation biology of endangered rodent *Dinaromys bogdanovi*: „In situ” and „Ex situ” approach. 11th Croatian Biological Congress with International Participation.

Lisičić D, Selanec I, Budinski I, Ljuština M, Ivanek I (2012) Balkan snow vole: the forgotten species. 11th Croatian Biological Congress with International Participation.

Ljuština M, Lisičić D, Ivanek I, Selanec I, Budinski I (2012) Ex and in situ research on Balkan snow vole. EAZA annual conference.

Huber Đ, Jakšić Z, Frković A, Štahan Ž, Kusak J, Majnarić D, Grubešić M, Kulić B, Sindičić M, Majić Skrbušek A, Lay V, Ljuština M, Zec D, Laginja R, Francetić I (2008) Plan gospodarenja smeđim medvjedom u RH, Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva i Ministarstvo kulture.

Belančić A, Bogdanović T, Franković M, Ljuština M, Mihoković N, Vitas B (2008) Crvena knjiga vretenaca Hrvatske. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

Bata I, Maljković D, Ljuština M (2007) Odhrana kalifornijskog morskog lava (*Zalophus californianus*) na bočicu u razdoblju od devetog dana života do dva mjeseca starosti. Zbornik sažetaka „Veterinarska znanost i struka”, Zagreb.