

# Sposobnost učenja dviju kompetitivnih vrsta gušterica *Podarcis siculus* i *Podarcis melisellensis*

---

Hocenski, Ksenija

Master's thesis / Diplomski rad

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:217:900840>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno – matematički fakultet  
Biološki odsjek

Ksenija Hocenski

Sposobnost učenja dviju kompetitivnih vrsta gušterica *Podarcis siculus* i *Podarcis melisellensis*

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

Ovaj rad je izrađen u Zavodu za animalnu fiziologiju Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom dr. sc. Duje Lisičića, doc. i Marka Glogoškog, mag. oecol. et prot. nat. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra zoologije.

## *Zahvale*

*Zahvaljujem mentorima dr. sc. Duji Lisičiću, doc. i Marku Glogoškom, mag. oecol. et prot. nat. za pomoć pri izradi ovog rada. Zahvalna sam im na stručnim savjetima i pomoći pri obradi podataka, razumijevanju rezultata i samoj izradi ovog diplomskog rada. Hvala im što su mi ovo iskustvo učinili vrlo ugodnim i zabavnim.*

*Zahvaljujem prof. dr. sc. Mirti Benšić sa Odjela za matematiku, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, na velikoj pomoći oko obrade statističkih podataka.*

*Zahvaljujem profesorima, asistentima i djelatnicima Prirodoslovno-matematičkog fakulteta zbog kojih će mi iskustvo studiranja biti lijepa uspomena.*

*Hvala svojim mojim prijateljima koji su me trpili za vrijeme izrade ovog diplomskog rada. Hvala im na strpljenju i podršci.*

*Na kraju najveće hvala mojim roditeljima, sestri Suzani, šogoru Zoranu i dečku Mateju koji su skupa sa mnom proživljavali svaki dan izrade ovog diplomskog rada. Hvala im na ogromnom strpljenju, podršci i ljubavi koju su mi pružili.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

Sposobnost učenja dviju kompetitivnih vrsta gušterica *Podarcis siculus* i *Podarcis melisellensis*

Ksenija Hocenski

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Primorska gušterica *Podarcis siculus* (Rafinesque, 1810) i krška gušterica *Podarcis melisellensis* (Braun, 1877) su dvije vrste guštera iz porodice Lacertidae. *P. siculus* je rasprostranjena u Italiji, no raširena je i po jadranskim otocima, dok je *P. melisellensis* rasprostranjena u obalnom pojasu od sjeveroistočne obale Italije do sjeverozapadne Albanije. Ako se nađu na istom staništu, dolazi do kompeticije između njih. *P. siculus* ističe se kao dominantni kompetitor nad *P. melisellensis*. U ovom radu proučavala sam učenje kao jedan od faktora koji bi mogao utjecati na kompeticiju između ove dvije vrste gušterica. Istraživanje je provedeno na ukupno 56 jedinki. Prije početka istraživanja, životinje su prošle trodnevnu habituaciju te su nakon toga testirane deset dana u osmerokrakom radijalnom labirintu. Rezultati su pokazali da se ženke *P. siculus* više kreću i da nakon sedmog dana mijenjaju svoje ponašanje, što možda upućuje na prepoznavanje prostora. Također, pokazali su da mužjaci *P. melisellensis* pokazuju trend porasta ulaska u krak do ciljne zone od 1. do 10. dana, što također ukazuje na mehanizam prepoznavanja prostora. No, sveukupno ovo istraživanje je pokazalo da učenje nije čimbenik koji utječe na dominaciju jedne vrste nad drugom ili da su obje vrste loši modeli za istraživanje učenja, jer su se samo dva parametra (količina kretanja i ciljna zona/ krak) pokazala statistički i ekološki značajnim.

40 stranice, 17 slika, 3 tablice, 30 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski jezik

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: osmerokraki radijalni labirint, *Podarcis melisellensis*, *Podarcis siculus*, prepoznavanje prostora, učenje kod životinja

Voditelj: dr. sc. Duje Lisičić, doc.

Neposredni voditelj: Marko Glogoški, mag. oecol. et prot. nat.

Ocjenitelji: dr. sc. Duje Lisičić, doc.

dr. sc. Marija Gligora Udovič, izv. prof.

dr. sc. Ivana Maguire, prof.

Rad prihvaćen 07. 01. 2019.

---

BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology

Graduation Thesis

Learning in two Mediterranean lacertid lizard species: *Podarcis siculus* and *Podarcis melisellensis*

Ksenija Hocenski

Rooseveltova trg 6, 10 000 Zagreb, Croatia

Italian wall lizard, *Podarcis siculus* (Rafinesque, 1810) and Dalmatian wall lizard, *Podarcis melisellensis* (Braun, 1877) are two species from family Lacertidae. *Podarcis siculus* is widespread in Italy, but spreads also on Adriatic islands, while *Podarcis melisellensis* is spread over coastal belt from northwest coast of Italy to northwestern Albania. When these two species share the same habitat, *Podarcis siculus* overpower *Podarcis melisellensis* as the dominant competitor. In this Graduation thesis I have studied learning as one of the factors influencing the competition between these two species. The research was carried out on total of 56 individuals. Prior to the experimental procedure, the animals passed the three-day habituation and then they were tested for ten days in the eighth radial labyrinth. The results have shown that females of *P. siculus* move more and change their behavior after the seventh day, suggesting some form of spatial recognition. Also, the results showed that males of *P. melisellensis* showed a trend of increasing entering in goal zone, which indicate level of spatial recognition. But, overall, this study has shown that learning is not crucial factor which can affect dominance of one species over the other, also it indicates that both of these species are not the best model examples for learning, as only two parameters have been statistically and ecologically significant.

40 Pages, 17 figures, 3 tables, 30 references, original in: Croatian

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: learning in animals, *Podarcis siculus*, *Podarcis melisellensis*, eighth radial labyrinth, spatial recognition

Supervisor: Dr. Sc. Duje Lisičić, Asst. Prof.

Assistant supervisor : Marko Glogoški, mag. oecol. et prot. nat.

Reviewers: Dr. Sc. Duje Lisičić, Asst. Prof.

Dr. Sc. Marija Gligora Udovič, Assoc. Prof.

Dr. Sc. Ivana Maguire, Prof.

Thesis accepted: January 07, 2019

## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. Uvod.....   | 3  |
| 1.1. Općenito o porodici Lacertidae.....   | 3  |
| 1.1.1. Primorska gušterica ( <i>Podarcis siculus</i> Rafinesque, 1810).....                          | 3  |
| 1.1.2. Krška gušterica ( <i>Podarcis melisellensis</i> Braun, 1877).....                             | 5  |
| 1.1.3. Odnos između vrsta.....   | 6  |
| 1.2. Kompeticijski odnosi.....   | 7  |
| 1.2.1. Intra- i interspecijski odnosi.....   | 7  |
| 1.2.2. Kompetitivno isključivanje .....  | 8  |
| 2. Ciljevi istraživanja .....  | 10 |
| 3. Materijali i metode.....  | 10 |
| 3.1. Terenski dio istraživanja.....  | 10 |
| 3.2. Održavanje guštera u zatočeništvu.....  | 10 |
| 3.3. Osmerokraki radijalni labirint.....   | 11 |
| 3.4. Izvođenje pokusa.....   | 11 |
| 3.5. Obrada videa.....   | 12 |
| 3.5.1. Rezanje video snimki.....   | 12 |
| 3.5.2. Analiza videa.....  | 12 |
| 3.5.3. Statistička analiza podataka.....   | 12 |
| 4. Rezultati .....   | 14 |
| 4.1. Rezultati dobiveni RM ANOVA analizom.....   | 14 |
| 4.1.1. Imobilnost (s).....   | 15 |
| 4.1.2. Vrijeme tjeranja (s).....   | 15 |
| 4.1.3. Količina kretanja (cm).....   | 18 |
| 4.2. Rezultati dobiveni Friedmanovim testom.....   | 20 |
| 4.2.1. Uspoređivanje rezultata parametara za vrste <i>P. siculus</i> i <i>P. melisellensis</i> ..... | 21 |
| 4.2.2. Uspoređivanje rezultata parametara za mužjake obje vrste gušterica.....                       | 23 |

|   |    |
|---|----|
| 4.2.3. Uspoređivanje rezultata parametara za ženke obje vrste gušterica.....                        | 24 |
| 4.2.4. Uspoređivanje rezultata parametara između spolova unutar vrste <i>P. siculus</i> .....       | 26 |
| 4.2.5. Uspoređivanje rezultata parametara između spolova unutar vrste <i>P. melisellensis</i> ..... | 27 |
| 5. Rasprava .....   | 28 |
| 6. Zaključak.....   | 31 |
| 7. Literatura.....  | 31 |
| 8. Prilozi.....   | 34 |
| 8.1. Protokol korištenja Noldus EthoVision XT 13.....   | 34 |
| 8.2. Protokol statističke obrade podataka.....  | 37 |
| 8.2.1. Shapiro- Wilk test .....   | 37 |
| 8.2.2. Protokol korištenja RM ANOVA .....   | 37 |
| 8.2.3. Protokol korištenja Friedmanovog testa.....  | 38 |
| 9. Životopis.....   | 39 |



## 1. UVOD

### 1.1. Općenito o porodici Lacertidae

Porodica Lacertidae (gušterice) vrlo je značajna za europsku faunu gmazova. Čine čak 70% svih vrsta guštera u regiji. Gušteri iz ove porodice su oprezni i aktivni dnevni gušteri čija dužina tijela od njuške do nečisnice ne prelazi 8 cm. Relativno su izduženog oblika tijela sa jasno definiranom glavom, dugačkim repom i dobro razvijenim nogama. Vrh glave te područje trbuha su prikriveni sa velikim ljuskama i kod mužjaka su mnogo bolje razvijene femoralne pore. Aktivni su lovci koji se većinom hrane beskralježnjacima, no manji dio njih hrani se i biljnom hranom. Mnoge karakteristike različitih vrsta iz ove porodice povezane su sa staništem i načinom prehrane guštera. Tako na primjer vrste koje žive na kamenjarima i sakrivaju se u pukotinama stijena morfološki su vrlo spljoštene, dok vrste čije jединke love u vegetaciji su često zelenog obojenja. Mužjaci su često borbeni te se vizualno razmeću u vrijeme parenja. Većina vrsta iz ove porodice koristi specifičan položaj glave, vrata i tijela kojim pokazuju svoje obojenje. Sve ženke gušterica legu jaja, osim živorodne gušterice (*Zootoca vivipara* Jacquin, 1787) kod koje neke populacije legu žive mlade. Veličina legla ovisi o veličini guštera. Generalno mužjaci imaju veće glave od ženki te duže noge. Mlade jedinke imaju relativno veću i zaobljeniju glavu, veće oči te kraći rep nego njihovi roditelji. Vrste koje su veće, često su dugoživuće, tako vrsta *Lacerta lepida* (Daudin, 1802) u zatočeništvu može živjeti i do 20 godina, dok se smatra da gušteri sa Kanarskog otočja mogu živjeti i puno duže (Arnold i Ovenden, 2002).

#### 1.1.1. Primorska gušterica (*Podarcis siculus* Rafinesque, 1810)

Pripada porodici Lacertidae. Rasprostranjena je u Italiji i Hrvatskoj, dok je pod antropogenim utjecajem raširena na Siciliju, Korziku, Sardiniju, Menorcu, južnu Francusku, Španjolsku, Tursku i na manje otoke u Tirenskom i Jadranskom moru. Zanimljivo je da su pronađene manje izolirane populacije na obali Libije i Tunisa, pa čak i u Sjedinjenim Američkim Državama (Long Island i New York) za koje se također pretpostavlja da su unešene antropogenim utjecajem (Arnold i Ovenden, 2002).

U Hrvatskoj je rasprostranjena u obalnom pojasu od Istre do Neuma te se pojavljuje na području Dubrovnika i na mnogim otocima. Također, poznate su i populacije na području Zagreba (željeznička pruga i nasip rijeke Save) te na području Karlovca. Smatra se da je takva rasprostranjenost uzrok prirodnog širenja vrste i slučajnog prijenosa čovjekom (Jelić i ostali, 2012).

U sjevernoj Italiji i na Korzici tipično se može pronaći u travnjacima te na rubovima šuma, dok na drugim područjima obitava na otvorenim poljima, pješčanim područjima blizu mora te vinogradima. Može živjeti na područjima do 2 000 m. n. v. (na primjer na Siciliji), no u većini slučajeva do 1 000 m. n. v. Na nekim lokalitetima brojnost populacije može doseći do 16 000 jedinki po hektaru površine (Arnold i Ovenden, 2002). Osim toga, tolerira prisutnost ljudi bolje nego druge vrste iz ove porodice, pa se često može vidjeti u parkovima i vrtovima gradova (Arnold i Ovenden, 2002). Upravo radi te sposobnosti da živi u ljudskim naseljima povećana je mogućnost njenog transporta, uspostavljanja populacija i generalnog širenja vrste. Također, dobro opstaje na staništima koja su uništena deforestacijom, požarima itd. (Jelić i ostali, 2012). Literaturni podaci navode da se manje penje nego druge vrste (Arnold i Ovenden, 2002), no također se često nalazi na zidovima zgrada i u krošnjama drveća (Lisičić, osobni podaci). Također, koristi grmlje i pukotine u suhozidima kao sklonište od opasnosti (Arnold i Ovenden, 2002). U usporedbi sa drugim malim gušterima, dobar je trkač i može prevaliti velike udaljenosti od jednog do drugog skloništa (Jelić i ostali, 2012).

Ženke polažu 1 – 5 legla godišnje. U svakom leglu bude 2 – 12 jaja (Jelić i ostali, 2012). Populacije guštera na otocima u sjevernom dijelu Hrvatske liježu manji broj jaja (2 – 4), nego one populacije koje žive na obližnjem kopnu (4 – 7). Također, jaja i juvenilne jedinke na otocima su veće. Mužjaci postaju spolno zreli nakon prve godine, dok ženke nakon prve ili druge godine (Arnold i Ovenden, 2002). U zatočeništvu mogu živjeti do 13 godina (Jelić i ostali, 2012). Poznato je da ova vrsta jedina u skupini guštera iz roda *Podarcis* se pari s drugim vrstama iz iste skupine (npr. sa vrstom *Podarcis melisellensis*). Svi slučajevi križanaca nalaze se na otocima i na staništima promijenjenim pod antropogenim utjecajem (Jelić i ostali, 2012).

Uglavnom se hrani beskralježnjacima. Ponekad jedu velike količine biljnih plodova, a na malim otocima znaju jesti i svoje mlade (Arnold i Ovenden, 2002). Predatori ove vrste su ptice (galebovi i grabežljivice, zmije i sisavci (mačke i štakori) (Jelić i ostali, 2012).

Maksimalna veličina tijela (od njuške do nečisnice) seže do 9 cm. Obojenost je varijabilna. Leđni dio je najčešće zelene, maslinaste ili svijetlosmeđe boje s prugastim uzorkom koji je kombinacija svjetlijih i tamnijih linija ili niza točkica (Slika 1.). Također, poznata je i pojava uniformnog obojenja (bez šara). Trbušni dio je najčešće sivo ili bijelo obojen. Na rubnim trbušnim pločicama prisutne su plave točke, dok u nekim populacijama osim plavim pojavljuju se i žute ili narančaste. Prisutan je izrazito spolni dimorfizam. Ženke su obično manje od mužjaka, imaju manji rep i manju i užu glavu (Jelić i ostali, 2012).



Slika 1. Primorska gušterica, preuzeto sa [//www.iucnredlist.org/](http://www.iucnredlist.org/)

### 1.1.2. Krška gušterica (*Podarcis melisellensis* Braun, 1877)

Pripada porodici Lacertidae. Krška gušterica je rasprostranjena u obalnom pojasu od sjeveroistočne obale Italije, cjelokupne obale Hrvatske, zapadne Bosne, sjeverne Crne Gore do krajnjeg dijela sjeverozapadne Albanije. Također, prisutna je na mnogim otocima u Jadranskom moru (Arnold i Ovenden, 2002). U kontinentalnom dijelu možemo ju pronaći u dolinama rijeka gdje je prisutan utjecaj mediteranske klime (dolina Neretve do Prozora (BiH) te dolinom Morače do Kolašina (Crna Gora)) (Jelić i ostali, 2012).

Možemo ju pronaći na suhim staništima, uz putove, ceste, u vinogradima, maslinicima, degradiranim šumama, kamenitim livadama i pašnjacima, suhozidima itd. Dolazi na staništima gdje ima barem nešto grmovite i zeljaste vegetacije. Nastanjuje područja do 1 400 m. n. v., a sklonište puno češće nalazi u vegetaciji nego u pukotinama stijena (Jelić i ostali, 2012). Prizemna je vrsta, ali se može penjati na niske zidove (Arnold i Ovenden, 2002).

Zabilježeno je da ženke legu maksimalno 5 legla godišnje, sa manjim brojem jaja (2 – 8). Juvenilne jedinke su poprilično male, zbog čega su dosta ranjive (Jelić i ostali, 2012).

Hrane se beskralježnjacima te su zabilježeni i primjeri kanibalizma. Predatori su im zmije, ptice i sisavci (Jelić i ostali, 2012).

Veličina gušterice od vrha njuške do nečisnice seže do 7,5 cm. Ukupna duljina tijela zajedno sa repom je maksimalno 22 cm. Obojenost je varijabilna (Slika 2.). Osnovna boja leđne strane tijela je smeđa ili zelenkasta, dok uzorci mogu biti uzdužni sa svjetlijim i tamnijim prugama i mrežasti. Postoje forme i uniformnog obojenja. Trbušna strana je bijela, žuta ili narančasta. U nekim populacijama pojavljuju se plave točke na rubnim trbušnim pločicama (Jelić i ostali, 2012).



Slika 2. Krška gušterica, preuzeto sa //www.iucnredlist.org/.

### 1.1.3. Odnos između vrsta

Kada se ove dvije vrste gušterica nađu na istom staništu, dolazi do kompeticije među njima. *P. siculus* nadjačava *P. melisellensis* kao dominantna vrsta. Neka istraživanja na lokalnoj razini su pokazala da pomoću mehanizma kompetitivnog isključivanja autohtona vrsta *P. melisellensis* biva potisnuta ili eliminirana sa zajedničkog staništa (Nevo i ostali, 1972, Herrel i ostali, 2008, Gorman i ostali, 1975). Istraživanja ponašanja usredotočila su se na agresivnost kao glavni aspekt ponašanja dominantne vrste *P. siculus* (Downes i Bauwens, 2002), no nitko do sada nije proučavao učenje kao jedan od čimbenika koji može utjecati na kompeticiju između ove dvije vrste gušterica.

## 1.2. Kompeticijski odnosi

Biološki koncept kompeticije odnosi se na zahtjeve za zajednički resurs između dvije ili više jedinki iste vrste (intraspecijska kompeticija) ili između članova dviju ili više vrsta koji su na istoj ekološkoj razini (interspecijska kompeticija) za zajednički resurs koji je trenutno njima potreban ili potencijalno ograničen. Glavni uzrok zašto dolazi do kompeticije su ograničene količine hrane, kvaliteta hrane ili faktori koji utječu na njihovu sposobnost da pronađu izvor hrane (Cragg, 1967).

Kada pričamo o kompeticiji pojam koji se najviše veže za nju su ekološke niše. Niša se smatra funkcionalnim statusom životinje u trofičkom sustavu (Cragg, 1967). Također, to je "način života" neke jedinke/ vrste koji je definiran mnogim uvjetima, resursima i interakcijama koje su toj jedinci/ vrsti potrebne ([//www.khanacademy.org/](http://www.khanacademy.org/)). Kada postoje sličnosti između dvije ili više jedinki/ vrsta unutar njihovih niša, tada dolazi do kompeticije (Cragg, 1967).

Uvedemo li u ovu priču vrste *P. siculus* i *P. melisellensis* koje su morfološki slične i imaju slične ekološke karakteristike (aktivno traže hranu (beskralježnjake) na travnatim površinama, odrasli obje vrste imaju sličnu tjelesnu temperaturu (32 – 36 °C) koju postižu sunčajući se na manjem kamenju i suhozidima ili premještajući se iz hladovine na osunčane dijelove, obje vrste su poligamne i visoko teritorijalne te imaju slično socijalno ponašanje) (Downes i Bauwens, 2002) to nam objašnjava njihov kompetitivni međuodnos kada se nađu na istom staništu.

### 1.2.1. Intra- i interspecijski odnosi

**Intraspecijska kompeticija** je kompeticija između jedinki iste vrste. Može biti interferentna (adaptivna) intraspecijska kompeticija koja se javlja kod vrsta koje imaju uspostavljenu hijerarhiju kroz agresivno ponašanje. Drugi naziv je "natjecateljska kompeticija" jer uključuje jedinke koje se natječu za neki resurs, najčešće partnera. Samo one jedinke koje su dominantne i teritorijalne imat će povećani reproduktivni uspjeh. Drugi oblik je eksploacijska intraspecijska kompeticija u kojoj jedinke iste populacije koriste isti resurs i smanjuju njegovo korištenje za ostale i radi toga dolazi do sukoba. Najčešći resurs je hrana (Gilad, 2008).

**Interspecijska kompeticija** je kompeticija između dvije jedinke različitih vrsta. Glavna karakteristika je da jedinke jedne vrste imaju smanjen fitness (rast, fekunditet, preživljavanje) kao rezultat interakcije sa jedinkama druge vrste (Downes i Bauwens, 2002). Postoje dva oblika interspecijske kompeticije, prvi je eksploacijska (konzumacijska) kompeticija koja je indirektna

interakcija između vrsta (populacija) za ograničavajući resurs u kojem jedna populacija oduzima drugoj isti taj resurs. Drugi oblik je interferentna kompeticija koja uključuje direktnu interakciju između vrsta (populacija) za ograničavajući resurs. Postiže se uspostavljanjem hijerarhije između vrsta, npr. teritorijalnošću (Gilad, 2008).

Razna istraživanja su pokazala da agresivnost između vrsta može rezultirati teritorijalnošću i/ili podjelom niša. Tako na primjer, istraživanja na *Anolis* gušterima, su pokazala da *Anolis cristatellus* (Duméril i Bibron, 1837) dominira agresivnim ponašanjem nad *Anolis cooki* (Grant, 1932) te se predviđa da će *A. cristatellus* ekološki zamijeniti *A. cooki* u njihovoj zoni kontakta ništa (Ortiz i Jenssen, 1982). Također, istraživanja na gušterima sa otoka Lastovo, *Podarcis melisellensis* i *Dalmatolacerta oxycephala* (Duméril i Bibron, 1839) su pokazala da su mužjaci *P. melisellensis* agresivniji prema mužjacima *D. oxycephala* nego prema mužjacima svoje vrste (Lailvaux i ostali, 2012).

### **1.2.2. Kompetitivno isključivanje *P. siculus* i *P. melisellensis***

Princip kompetitivnog isključivanja nam govori da dvije vrste ne mogu imati istu nišu u staništu i stabilno koegzistirati, zbog toga što vrste sa identičnim nišama također imaju i identične potrebe, što znači da bi bili u kompeticiji cijelo vrijeme za svaki resurs ([//www.khanacademy.org/](http://www.khanacademy.org/)).

Znanstvenici Dowens i Bauwens (2002) smatrali su da je kompetitivno isključivanje povezano sa širenjem *P. siculus* po obali Jadranskog mora. U svom radu spominju Radovanovića (1965) koji je među prvima istraživao rasprostranjenost *P. siculus* i *P. melisellensis* duž jadranske obale te je uočio da na manjim otocima je prisutna samo jedna vrsta dok na većim otocima koegzistiraju obje vrste, ali žive na različitom tipu staništa. Sukladno tome, postavio je hipotezu da je *P. siculus* mehanizmom kompetitivnog isključivanja na manjim otocima radi svoje robusnosti istisnula *P. melisellensis*. Da bi testirao tu hipotezu Radovanović (1965) napravio je četiri introdukcije gušterica na nekoliko malih otoka te potvrdio svoju hipotezu. No, nakon pet godina Nevo i ostali (1972) obišli su otoke i utvrdili da Radovanovićeve (1965) teorija u potpunosti nije istinita te da bez obzira na veličinu otoka, radi postojećih različitih tipova staništa, vrste su uspjele ostati bez obzira na kompetitivno isključivanje. Stoga su napravili nova istraživanja na otoku Pod Mrčara (stanište *P. melisellensis*) i na otoku Pod Kopište (stanište *P. siculus*). Na otoku Pod Mrčara introducirali su 5 odraslih parova *P. siculus* sa Pod Kopišta, a na

Pod Kopište introducirali su 5 parova *P. melisellensis*. Cilj im je bio dokazati interspecijsku kompeticiju. Nakon 36 godina, Herrel i ostali (2008) posjetili su otok Pod Mrčara i utvrdili da je vrsta *P. melisellensis* nestala sa otoka te da je novoosnovana populacija *P. siculus* genetički promijenjena od izvorne populacije sa Pod Kopišta. Utvrdili su morfološke razlike (mužjaci i ženke *P. siculus* na Pod Mrčari imaju veću i širu glavu nego populacija iste vrste na Pod Kopištu), razlike u sastavu crijeva (populacija na Pod Mrčari ima više biljne hrane u crijevima nego one populacije na Pod Kopištu, te su kod njih pronađeni zalisci na početku debelog crijeva koji se normalno nalaze kod herbivornih vrsta guštera) te razlika u jačini ugriza (oba spola *P. siculus* na Pod Mrčari imaju jači ugriz od populacije na Pod Kopištu). Na istraživanja od Nevo i ostali (1972), nadovezuju se Downes i Bauwens (2002) napravivši laboratorijska istraživanja kako bi testirali svoju hipotezu da postoji direktna bihevioralna interferencija između *P. siculus* i *P. melisellensis*. U prvi dio eksperimenta stavljali su novorođene guštere obje vrste u direktne kratke kontakte. *P. siculus* se pokazala kao agresivnija i dominantnija od *P. melisellensis*. U drugom dijelu eksperimenta, gdje su stavljali guštere na duže vrijeme zajedno, *P. siculus* je koristila brže i bolje termalna mikrostaništa nego *P. melisellensis*. Također, *P. siculus* brže je rasla od *P. melisellensis*. Njihova opažanja ukazala su na to da asimetrična agresivna interakcija *P. siculus* smanjuje bitnu komponentu fitnessa (brzinu rasta) *P. melisellensis*, te se oni vežu na Radovanovića (1965) i potvrđuju njegovu hipotezu.

## 2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj ovog istraživanja je usporediti sposobnosti učenja dviju vrsta gušterica *P. siculus* i *P. melisellensis* standardiziranim testom ponašanja (osmerokraki radijalni labirint).

Specifični ciljevi su:

1. Utvrditi uči li ijedna od ove dvije vrste gušterica te pokazuju li hrabrost pri istraživanju novog prostora.
2. Utvrditi postoje li razlike u ponašanju guštera kroz 10 dana istraživanja koje bi mogle upućivati na postajanje učenja kod ovih vrsta.
3. Istražiti razlike prema vrsti i spolu kroz deset dana istraživanja.

4. Utvrditi da li eventualne različitosti u učenju se mogu sagledati u kontekstu kompetitivnog odnosa između vrsta.

Hipoteza istraživanja je da *P. siculus* uči bolje od *P. melisellensis* te da je to jedan od faktora koji utječe na prednost *P. siculus* kao dominantnog kompetitora prilikom kompeticije sa *P. melisellensis* te da učenjem vrsta/ jedinka povećava svoju mogućnost preživljavanja.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Terenski dio istraživanja

Na području Sinjskog polja u Hrvatskoj prirodno su nastanjene gušterice vrsta *P. siculus* i *P. melisellensis*. Sukladno dobivenoj dozvoli Ministarstva zaštite okoliša i energetike te etničkog povjerenstva kategorije UP/I-612-07/16-48/142, no. 517-07-1-1-1-16-4, ulovili smo 28 jedinki (14 ženki i 14 mužjaka) vrste *Podarcis melisellensis*, te 28 jedinki (14 ženki i 14 mužjaka) vrste *Podarcis siculus*. Gušteri su lovljeni metodom lova pomoću omče.

#### 3.2. Održavanje guštera u zatočeništvu

Jedinke smo držali u pojedinačnim plastičnim terarijima u prostoriji na Zavodu za animalnu fiziologiju Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu. U terarijima svaka jedinka je imala podlogu od treseta, plastičnu tubicu koja im je služila kao skrovište te posudicu s vodom. Terariji su držani u prostoriji gdje je svjetlost prilagođena vanjskim izmjenama dana i noći, dok je temperatura zraka bila regulirana pomoću klima uređaja, danju 28-29°C, a noću 22°C. Životinje su hranjenje svaki drugi dan, osim tijekom provođenja pokusa, kada bi prehrambene potrebe bile zadovoljene hranjenjem šturcima tijekom pokusa. Tek životinje koje određenog dana pokusa nisu pojele ponuđene šturke bile su naknadno nahranjene.

Jedinke su imenovane s obzirom na vrstu, spol i bročanu oznaku od 1-14. Ženke krške gušterice imale su oznaku PMF (*P. melisellensis* female (ženka)) s brojevima od 1-14 (PMF1, PMF2, PMF3...), dok su mužjaci imali PMM (*P. melisellensis* male (mužjak)), također s brojevima od 1-14 (PMM1, PMM2, PMM3...). Ženke primorske gušterica imala je oznake PSF (*P. siculus* female (ženka)) s brojevima od 1-14 (PSF1, PSF2, PSF3...), dok su mužjaci imali PSM (*P. siculus* male (mužjak)), također s brojevima od 1-14 (PSM1, PSM2, PSM3...).



### 3.3. Osmerokraki radijalni labirint

Labirint je napravljen od pleksiglasa, promjera 74,5 cm (od vrha jednog kraka do drugog). Sadržavao je 8 identičnih krakova. Krakovi su se brojali u smjeru kazaljke na satu. Hrana (mrtvi svježi šturak) bi se postavio na kraju dva nasuprotna kraka. Na početku svakog kraka stavila bi se niska stiroporna pregrada, kako gušter ne bi odmah uočio hranu, nego bi morao prijeći preko prepreke kako bi otkrio što se nalazi ili ne nalazi iza nje (Slika 3.).



Slika 3. Osmrekokraki radijalni labirint sa gušterom.

### 3.4. Izvođenje pokusa

Prije početka pokusa, sve su jedinke morale proći kroz trodnevno razdoblje navikavanja (habituacije) u osmerokrakom radijalnom labirintu. Nakon toga, uslijedilo je 10 dana testiranja. Jedinke su testirane, jedna po jedna. Prije početka pokusa pojedinog guštera bi naveli da uđe u svoju tubicu, koja osim što je imala ulogu skloništa, imala je i ulogu prijenosnog sredstva od terarija do labirinta. U dva nasuprotna kraka stavila bi se hrana (mrtvi šturci uvijek iste veličine). Gušter sa tubicom stavio bi se u nasumično odabrani krak labirinta te bi se pokrenuo program za snimanje videa. Nakon 5 minuta, ako gušter ne bi sam izašao iz tubice, izbacio bi se iz tubice

tako da bi osoba koja izvodi pokus lagano počela tresti tubicu sve dok on ne bi izašao van. Od trenutka kada bi gušter izašao sa nečisnicom van tubice, pokus bi trajao 10 minuta. Nakon tog vremena, gušter bi bio potjeran natrag u tubicu te bi se prekinulo snimanje. Skupa sa tubicom bio bi vraćen natrag u svoj terarij. Nakon svakog guštera, labirint bi se očistio sa 30% alkoholom i papirnatim ubrusom (kako bi uklonili sve mirise od prethodne jedinke i hrane).

Pokusi su se izvodili kroz deset dana. Analizirali smo hoće li gušter nakon što pronade prvu hranu, odmah otići u nasuprotni krak i pojesti drugu. Pokusi su izvođeni u 4 navrata, svaki put sa 14 nasumično odabranih guštera: od 7.7. - 18.7., 22.7. - 1.8., 8.9. - 19.9. te 23.9. - 4.10.2016.

### **3.5. Obrada videa**

#### **3.5.1. Rezanje video snimki**

Nakon što su se svi pokusi izveli, svaki video obrađen je u programu Windows Movie Maker. U njemu bi se video pregledao i odrezali bi se dijelovi videa koji bi eventualno mogli smetati daljnjoj obradi u programu Noldus EthoVision (npr. kad istraživač vadi tubicu). Video bi završavao nakon isteka 10-te minute ili u trenutku kada bi gušter pojeo drugu ponuđenu hranu. U tom slučaju bi se odrezao dio video materijala nakon pronalaska hrane.

#### **3.5.2. Analiza videa**

Nakon rezanja videa, uslijedila je analiza u programu Noldus EthoVision XT 13. To je program koji služi za analizu ponašanja životinje prema unaprijed određenim parametrima. Protokol rada u programu bio je standardiziran i izvodio se jednako za svaki video. U Prilozima je opisan cijeli protokol postavljanja postavki.

#### **3.5.3. Statistička analiza podataka**

Nakon obrade video materijala i dobivenih rezultata u obliku Excel tablice, podatke sam unijela u program za statističku analizu Statistica 13.3. Uz pomoć ovog računalnog programa cilj mi je bio dobiti statistički značajne odnose između nezavisnih varijabli (vrsta, spol i dani izvođena pokusa (10 dana)) za određene parametre koje sam promatrala. Prije same statističke obrade, podatke sam testirala na normalnost pomoću Shapiro - Wilk testa jer je najrobusniji s obzirom na količinu podataka. Iz dobivenog histograma može se vidjeti kako su nam podaci za svaki parametar distribuirani kroz deset dana. Ako bi p vrijednosti (vjerojatnost) bila iznad 0,05, to je značilo da su podaci normalno distriburani te da se mogu dalje obrađivati u parametrijskim

analizama (RM ANOVA testom), a ako bi vjerojatnost bila ispod 0,05 tada se dotična varijabla mora normalizirati jednom od metoda transformacije (logaritmiranje, kvadriranje, inverzija...) te ih ponovno testiramo na normalnost. Sve one varijable koje nisu ni nakon transformacije pokazale normalnu distribuciju obradila sam neparametrijskom analizom zavisnih uzoraka (Friedman test). Za parametrijsku metodu analize koristila sam Repeated measures ANOVA jer su moji podaci numerički kontinuirane varijable. Ova metoda se koristi kada imamo ovisne varijable koje se ponavljaju kroz 10 dana. Također, ova metoda pokazuje odnose unutar parametra s obzirom na vrstu, spol i dane izvođenja pokusa. Za neparametrijsku metodu analize koristila sam Friedmanov test koji je vrlo sličan RM ANOVA testu jer detektira postoje li razlike unutar vrijednosti nekog parametra kroz ponavljajući vremenski period, ali nema mogućnost prikazivanja međuodnosa neovisnih varijabli (spola, vrste). U Prilozima je opisan cijeli protokol postavljanja postavki. Parametri koje sam analizirala prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Opisi svih parametara ponašanja koji su obrađeni u programu Statistica 13.3.

| <b>Parametar</b>                                 | <b>Opis parametra</b>  |
|--|--|
| Latencija izlaska njuške (s)<br>(latency snout)  | Vrijeme od početka pokusa do trenutka kada je gušter prvi put izvirio iz tubice sa njuškom                           |
| Latencija izlaska tijelom (s)<br>(latency exit)  | Vrijeme od početka pokusa do trenutka kada je gušter izašao cijelim tijelom (do nečisnice) van iz tubice             |
| Vrijeme potjere (s)<br>(chasing)                 | Vrijeme nakon završetka pokusa kad je gušter bio tjeran natrag u tubicu  |
| Količina kretanja (cm)<br>(distance moved)       | Ukupni put koji je gušter prošao tijekom pokusa, vrijednosti su se dijelile sa ukupnim vremenom pokusa (10 min=600s) |
| Imobilnost (s)<br>(immobile cumulative duration) | Vrijeme koje je gušter proveo tijekom pokusa nekrećući se  |

|   |   |
|---|---|
| Ciljna zona/ krak (%)<br>(goal zone cumulative frequency/ arm cumulative frequency) | Odnos broja ulazaka guštera do kraja kraka (ciljne zone) i ulaska u početni dio kraka |
| Vrijeme do pojedene prve hrane (s)<br>(food 1)                                      | Vrijeme od početka videa do trenutka kada je gušter pojeo prvu hranu                  |
| Vrijeme do pojedene druge hrane 2 (s)<br>(food 2)                                   | Vrijeme od početka videa do trenutka kada je gušter pojeo drugu hranu                 |
| Delta hrana 2- hrana 1 (s)<br>(delta food2-food1)                                   | Vrijeme između pojedene prve i druge hrane  |

#### 4. REZULTATI

Parametri čije su se vrijednosti na testu normalnosti pokazale normalno distribuirane su: vrijeme potjere (s), količina kretanja (cm) te imobilnost (s).

Parametri čije vrijednosti na testu normalnosti se nisu pokazale normalno distribuirano su: latencija izlaska njuške (s), latencija izlaska tijelom (s), ciljna zona/ krak (%), vrijeme do pojedene prve hrane (s), vrijeme do pojedene druge hrane (s), delta hrana 2- hrana 1 (s).

Samo statistički značajni rezultati prikazani su pomoću grafičkog prikaza.

##### 4.1. Rezultati dobiveni RM ANOVA analizom

Pomoću RM ANOVA testa analizirane su varijable između kojih su se gledali odnosi između vrsta i spolova na 6 različitih načina: 1) vrste i spola kao odvojenih grupa (PMF, PMM, PSM i PSF), 2) generalno samo između dvije vrste (PS (*Podarcis siculus*) i PM (*Podarcis melisellensis*)), 3) između ženski obje vrste (PMF i PSF), 4) između mužjaka obje vrste (PMM i PSM), 5) između spolova unutar vrste (spolni dimorfizam) PSM i PSF te 6) između spolova unutar vrste PMF i PMM.

Tablica 2. Prikaz svih parametara koji su prošli kroz RM ANOVA analizu (svaki parametar bez interacija te sa interakcijama) na svih 6 načina formiranja podataka. Unutar žutog polja označeni su i napisani statistički značajni rezultati, dok (-) označava rezultate koji nisu statistički značajni. PS (*P. siculus*), PM (*P. melisellensis*), PSM (*P. siculus* male), PSF (*P. siculus* female), PMM (*P. melisellensis* male) te PMF (*P. melisellensis* female). Granična p vrijednost iznosi 0,05.

| 6 načina interakcija<br>neovisnih varijabli | Imobilnost<br>(s)<br>* bez<br>interakcije | Imobilnost (s)<br>** sa<br>interakcijom | Vrijeme<br>potjere (s)<br>* bez<br>interakcije | Vrijeme<br>tjeranja (s)<br>** sa<br>interakcijom | Količina<br>kretanja<br>(cm)<br>* bez<br>interakcije | Količina<br>kretanja (cm)<br>** sa<br>interakcijom |
|---|---|---|--|--|--|--|
| PMF, PMM, PSM i PSF                         | -   | -                                       | -  | -  | 0,01   | -  |
| PS i PM                                     | -   | -                                       | -  | 0,00   | 0,02   | 0,04   |
| PMM i PSM                                   | -   | -                                       | -  | 0,05   | -  | -  |
| PMF i PSF                                   | -   | -                                       | -  | -  | 0,00   | -  |
| PSM i PSF                                   | -   | -                                       | -  | -  | -  | -  |
| PMM i PMF                                   | -   | -                                       | -  | -  | -  | -  |

\* bez interakcija- statistički značajne razlike promatranog parametra neovisno o neovisnoj varijabli i bez analiziranja njihovih odnosa (interakcija)

\*\* sa interakcijama- statistički značajne razlike promatranog parametra uzimajući u obzir i interakciju između neovisnih varijabli

#### 4.1.1. Imobilnost (s)

Dobiveni rezultati za svih 6 načina odnosa vrste/ spola pokazali su da ne postoji značajna razlika (Wilks,  $p > 0,05$ ) kroz deset dana istraživanja u ispitivanom parametru neovisno o vrsti i spolu te da razlika u načinu kako se vrste i spolovi mijenjaju po ispitivanim parametrima kroz deset dana istraživanja nije značajna.

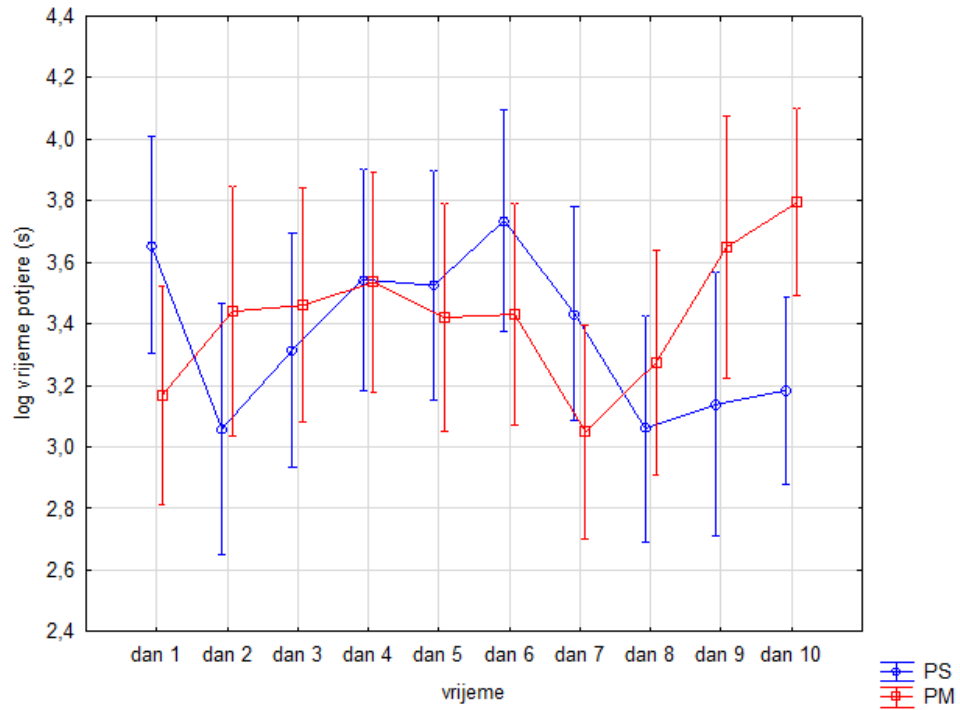
#### 4.1.2. Vrijeme potjere (s)

Dobiveni rezultati za obje vrste gušterica po spolovima, ženke obje vrste te *P. melisellensis* i *P. siculus* po spolovima pokazali su da ne postoji značajna razlika (Wilks,  $p > 0,05$ ) kroz deset dana istraživanja u ispitivanom parametru neovisno o vrsti i spolu te da razlika u načinu kako se

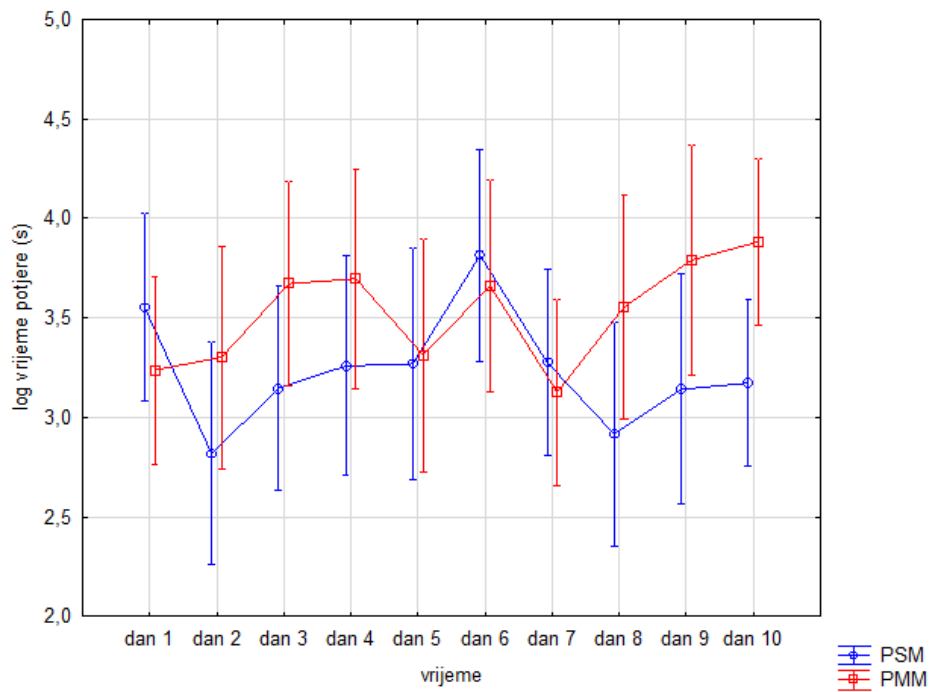
vrijednosti između vrsta i spolova mijenjaju po ispitivanom parametru kroz deset dana istraživanja nije značajna.

Dobiveni rezultati za obje vrste gušterica pokazali su da ne postoji značajna razlika (Wilks,  $p > 0,05$ ) kroz deset dana istraživanja u ispitivanom parametru neovisno o vrsti, ali da postoji značajna razlika u načinu kako se vrijednosti između vrsta mijenjaju po ispitivanom parametru kroz deset dana istraživanja (Wilks  $p = 0,00$ ). Međutim, iz grafičkog prikaza vidi se da ne postoji prepoznatljiva pravilnost trenda porasta vrijednosti (Slika 4.).

Dobiveni rezultati za mužjake obje vrste gušterica pokazali su da ne postoji značajna razlika kroz deset dana istraživanja u ispitivanom parametru neovisno o vrsti mužjaka, ali da postoji značajna razlika u načinu kako se vrijednosti mijenjaju po ispitivanom parametru kroz deset dana istraživanja (Wilks,  $p = 0,05$ ). No, iz grafičkog prikaza vidi se da ne postoji prepoznatljiva pravilnost trenda porasta vrijednosti (Slika 5.).



Slika 4. Vrijeme potjere za vrstu *P. siculus* (PS) i *P. melisellensis* (PM) kroz deset dana istraživanja.

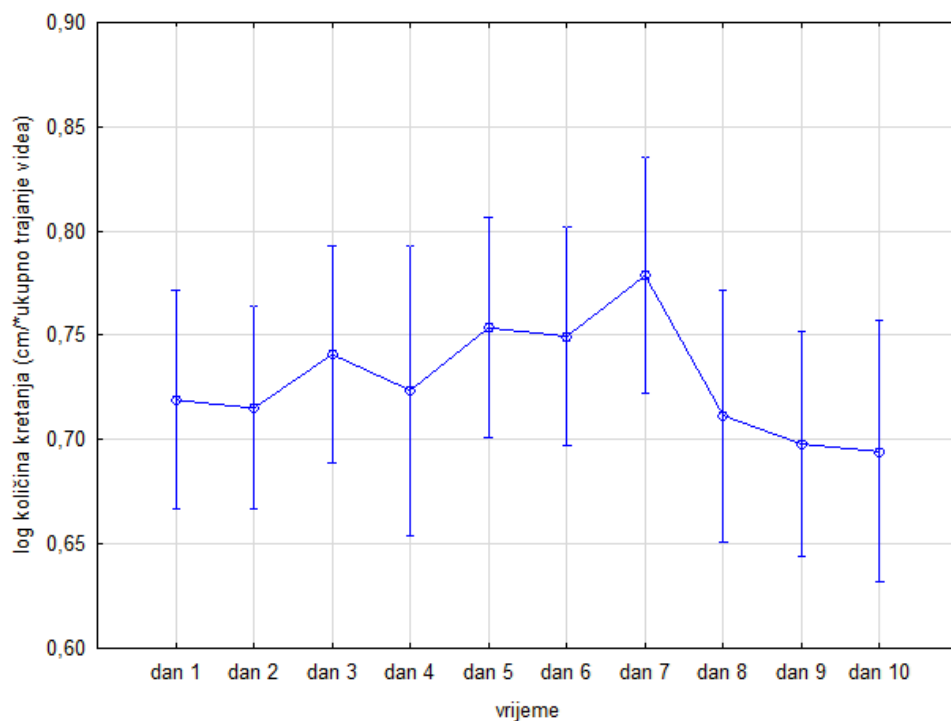


Slika 5. Vrijeme potjere za mužjake vrste *P. siculus* (PSM) i mužjake vrste *P. melisellensis* (PMM) kroz deset dana istraživanja.

### 4.1.3. Količina kretanja (cm)

Dobiveni rezultati za mužjake obje vrste te *P. melisellensis* i *P. siculus* po spolovima pokazali su da ne postoji značajna razlika kroz deset dana istraživanja u ispitivanom parametru neovisno o vrsti i spolu te da razlika u načinu kako se vrijednosti između vrsta i spolova mijenjaju po ispitivanom parametru kroz deset dana istraživanja nije značajna.

Dobiveni rezultati za obje vrste gušterica po spolovima pokazali su da postoji značajna razlika kroz deset dana istraživanja u ispitivanom parametru neovisno o vrsti i spolu (Wilks  $p=0,01$ ), ali da razlika u načinu kako se vrijednosti između vrsta i spolova mijenjaju po ispitivanom parametru kroz deset dana istraživanja nije značajna. Iz dobivenog grafa se vidi da obje vrste neovisno o spolu, pokazuju porast kretanja do 7. dana te nakon toga značajni pad vrijednosti (Slika 6.).

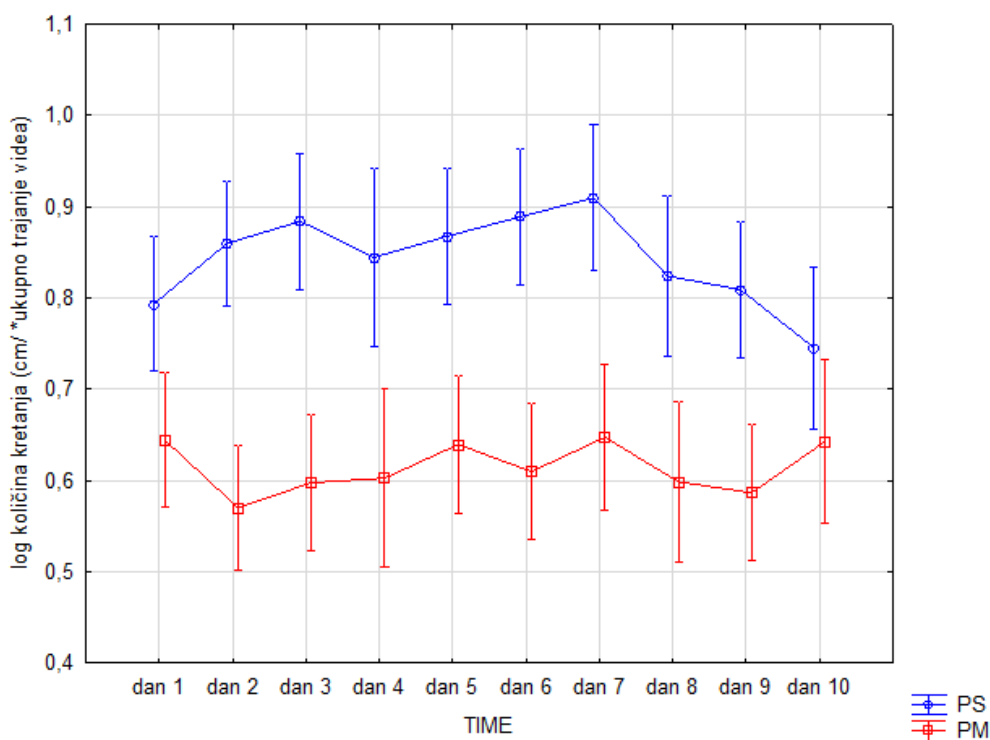


Slika 6. Ukupna količina kretanja obje vrste gušterica zajedno kroz deset dana istraživanja.

\*ukupno trajanje videa- količina kretanja svakog guštera dijelila se sa ukupnim vremenom pokusa (10 min=600s)



Dobiveni rezultati za obje vrste gušterica pokazali su da postoji značajna razlika kroz deset dana istraživanja u ispitivanom parametru neovisno o vrsti (Wilks  $p=0,02$ ) (Slika 6.) te da postoji razlika u načinu kako se vrijednosti između vrsta mijenjaju po ispitivanom parametru kroz deset dana istraživanja (Wilks  $p=0,04$ ) (Slika 7.) Iz dobivenog grafičkog prikaza na slici 6. vidi se da ukupno kretanje obje vrste gušterica raste do 7. dana te nakon toga dolazi do značajnog pad vrijednosti, dok sa grafičkog prikaza na slici 7. se vidi da je za takvo kretanje zaslužna vrsta *P. siculus*.

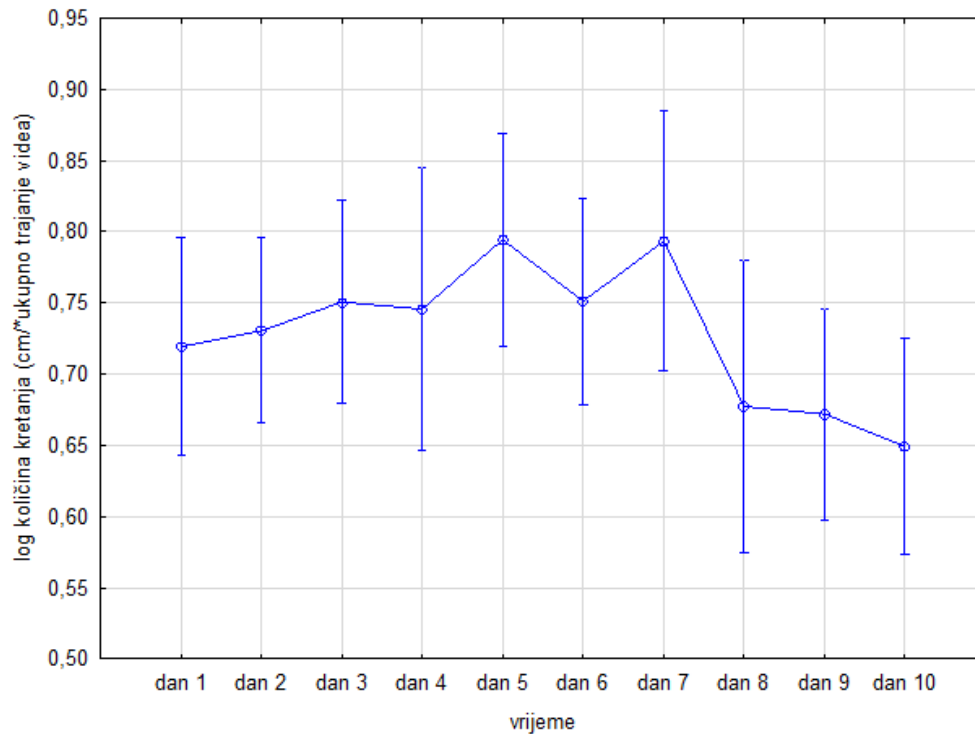


Slika 7. Količina kretanja za vrstu *P. siculus* (PS) i vrstu *P. melisellensis* (PM) kroz deset dana istraživanja.

\*ukupno trajanje videa- količina kretanja svakog guštera dijelila se sa ukupnim vremenom pokusa (10 min=600s)

Dobiveni podaci za ženke obje vrste gušterica pokazali su da postoji značajna razlika kroz deset dana istraživanja u ispitivanom parametru neovisno o vrsti ženki (Wilks  $p<0,05$ ), ali da razlika u načinu kako se vrijednosti kod ženki različitih vrsta razlikuju po ispitivanom parametru kroz deset dana istraživanja nije značajna. Iz dobivenog grafičkog prikaza vidi se da

obje vrste ženki pokazuju porast kretanja do 7. dana te nakon toga dolazi do značajnog pada vrijednosti (Slika 8.).



Slika 8. Ukupna količina kretanja za ženke obje vrste gušterica zajedno kroz deset dana istraživanja.

\*ukupno trajanje videa- količina kretanja svakog guštera dijelila se sa ukupnim vremenom pokusa (10 min=600s)

#### 4.2. Rezultati dobiveni Friedmanovim testom

Pomoću Friedmanovog testa analizirane su varijable na ovih 6 načina: 1) *Podarcis siculus* (vrijednosti mužjaka i ženki zajedno), 2) *Podarcis melisellensis* (vrijednosti mužjaka i ženki zajedno), 3) ženske vrste *P. siculus*, 4) ženke vrste *P. melisellensis*, 5) mužjaci vrste *P. siculus* te 6) mužjaci *P. melisellensis*.

Zbog toga što ovaj tip analize podataka ne može uspoređivati više različitih neovisnih varijabli, ja sam sama uspoređivala p vrijednosti i grafove svakog parametra između: 1) *P. siculus* i *P. melisellensis*, 2) između mužjaka obje vrste, 3) između ženki obje vrste, 4) između spolova unutar vrste (spolni dimorfizam) PSM i PSF te 6) između spolova unutar vrste PMF i PMM.

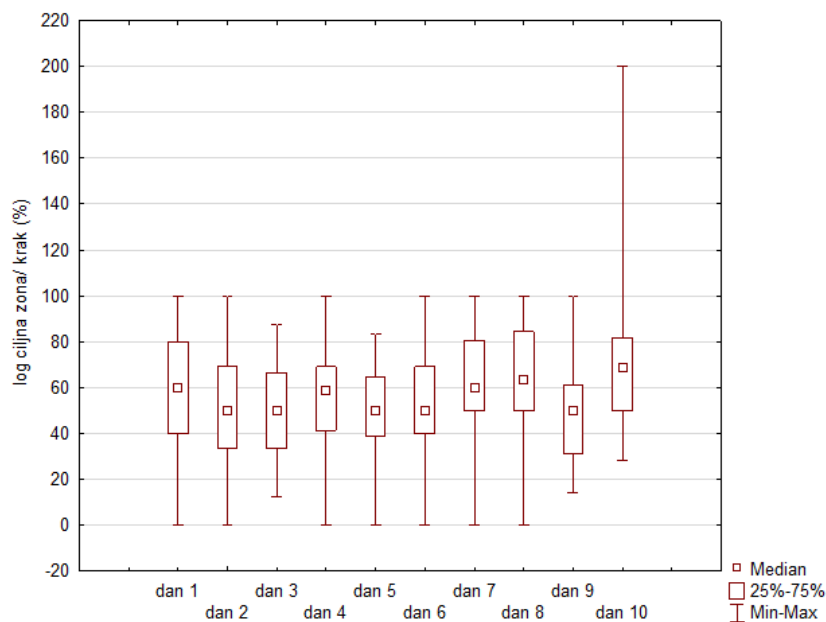
Tablica 3. Prikaz svih parametara koji su analizirani Friedmanovim testom na svih 6 načina formiranja podataka. Unutar žutog polja označeni su i napisani statistički značajni rezultati, dok (-) označava rezultate koji nisu statistički značajni. PS (*P. siculus*), PM (*P. melisellensis*), PSM (*P. siculus* male), PSF (*P. siculus* female), PMM (*P. melisellensis* male) te PMF (*P. melisellensis* female). Granična p vrijednost iznosi 0,05.

| 6 načina formiranja neovisnih varijabli | Latencija izlaska njuške (s) | Latencija izlaska tijelom (s) | Vrijeme nakon pojedene prve hrane (s) | Vrijeme nakon pojedene druge hrane (s) | Delta hrana2- hrana 1 (s) | Ciljna zona/ krak (%) |
|---|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------|-----------------------|
| PSM i PSF                               | -                            | -                             | -                                     | -                                      | -                         | 0,00                  |
| PSM                                     | -                            | -                             | -                                     | -                                      | -                         | -                     |
| PSF                                     | -                            | 0,02                          | -                                     | -                                      | -                         | 0,00                  |
| PMM i PMF                               | -                            | -                             | -                                     | -                                      | -                         | 0,00                  |
| PMM                                     | -                            | -                             | -                                     | -                                      | -                         | 0,00                  |
| PMF                                     | 0,02                         | 0,03                          | -                                     | -                                      | -                         | -                     |

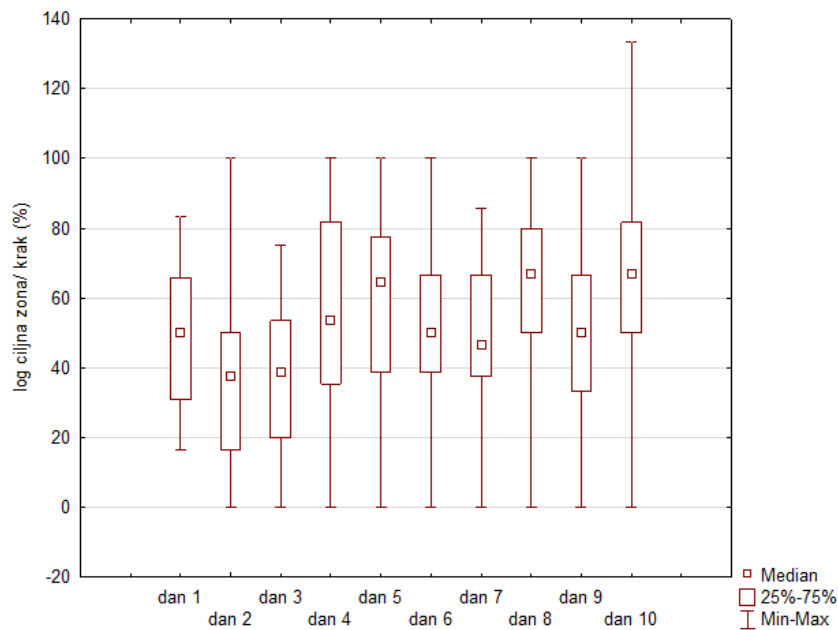
#### 4.2.1. Uspoređivanje rezultata parametara za vrste *P. siculus* i *P. melisellensis*

Dobiveni rezultati za parametre: latencija izlaska njuške (s), latencija izlaska tijelom (s), vrijeme do pojedene prve hrane (s), vrijeme do pojedene druge hrane (s) te delta hrana 2- hrana 1 (s) pokazali su da niti vrsta *P. siculus* niti *P. melisellensis* nemaju značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p > 0,05$ ).

No, rezultati parametra ciljna zona/ krak (%) pokazali su kod obje vrste gušterica značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p = 0,00$ ). Iz grafičkih prikaza kod obje vrste se vidi porast vrijednosti 10. dana, *P. melisellensis* ima nešto veće vrijednosti nego *P. siculus*. Također, *P. melisellensis* pokazuje trend porasta vrijednosti kroz 10 dana, što nije vidljivo kod *P. siculus* (Slika 9. i 10.)



Slika 9. Ciljna zona/ krak (%) za vrstu *P. melisellensis* kroz deset dana istraživanja.

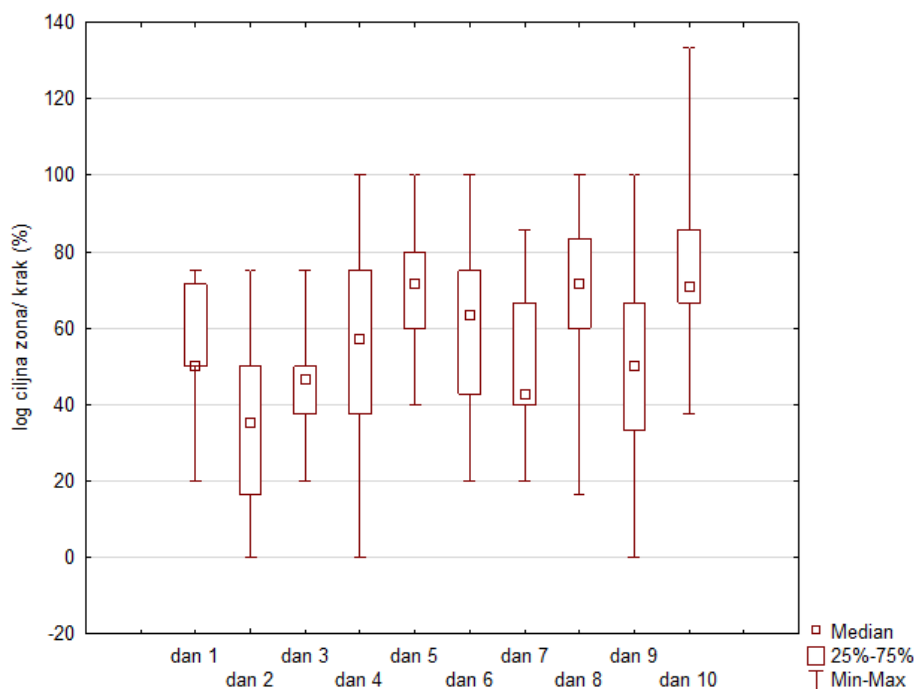


Slika 10. Ciljna zona/ krak (%) za vrstu *P. siculus* kroz deset dana istraživanja.

#### 4.2.2. Uspoređivanje rezultata parametara za mužjake obje vrste gušterica

Dobiveni rezultati za parametre: latencija izlaska njuške (s), latencija izlaska tijelom (s), vrijeme do pojedene prve hrane (s), vrijeme do pojedene druge hrane (s) te delta hrana 2- hrana 1 (s) pokazali su da niti mužjaci vrste *P. siculus* niti vrste *P. melisellensis* nemaju značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p>0,05$ ).

No, rezultati parametra ciljna zona/ krak (%) pokazali su da mužjaci vrste *P. melisellensis* imaju značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p=0,00$ ). Iz grafičkog prikaza vidi se da postoji značajni porast maksimalne vrijednosti 10. dana te da postoji trend porasta vrijednosti kroz 10 dana istraživanja (Slika 11.). Rezultati parametra ciljna zona/ krak za *P. siculus* su pokazali da nema značajne razlike u vrijednostima.

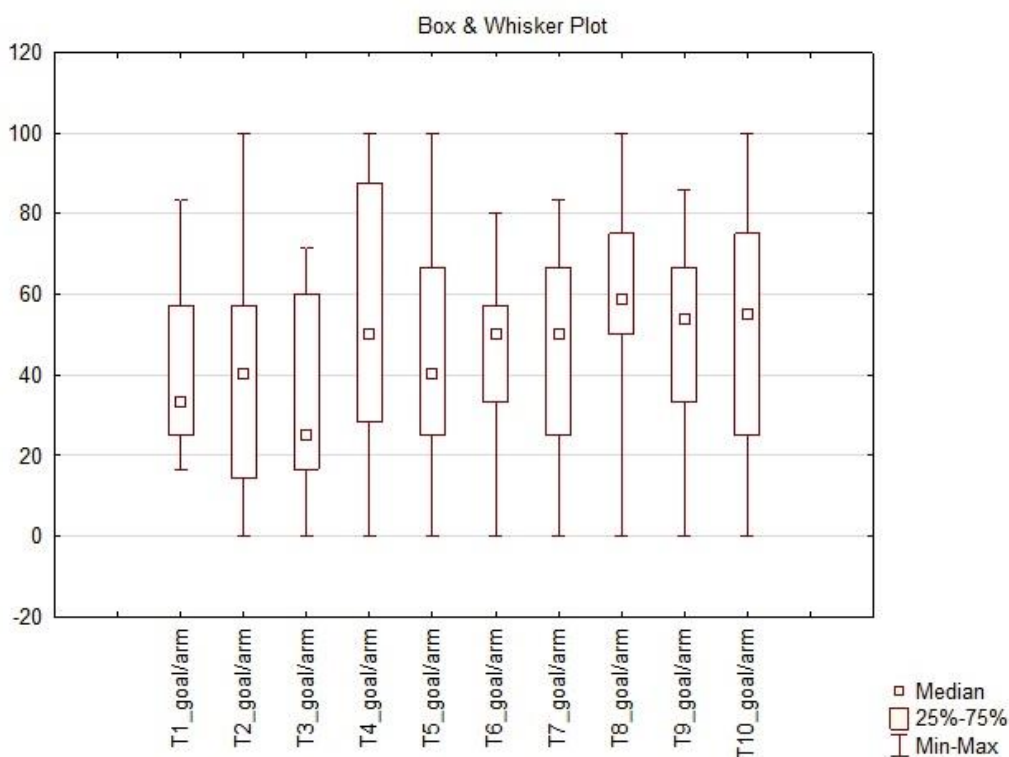


Slika 11. Ciljna zona/ krak (%) za mužjake vrste *P. melisellensis* kroz deset dana istraživanja.

### 4.2.3. Uspoređivanje rezultata parametara za ženke obje vrste gušterica

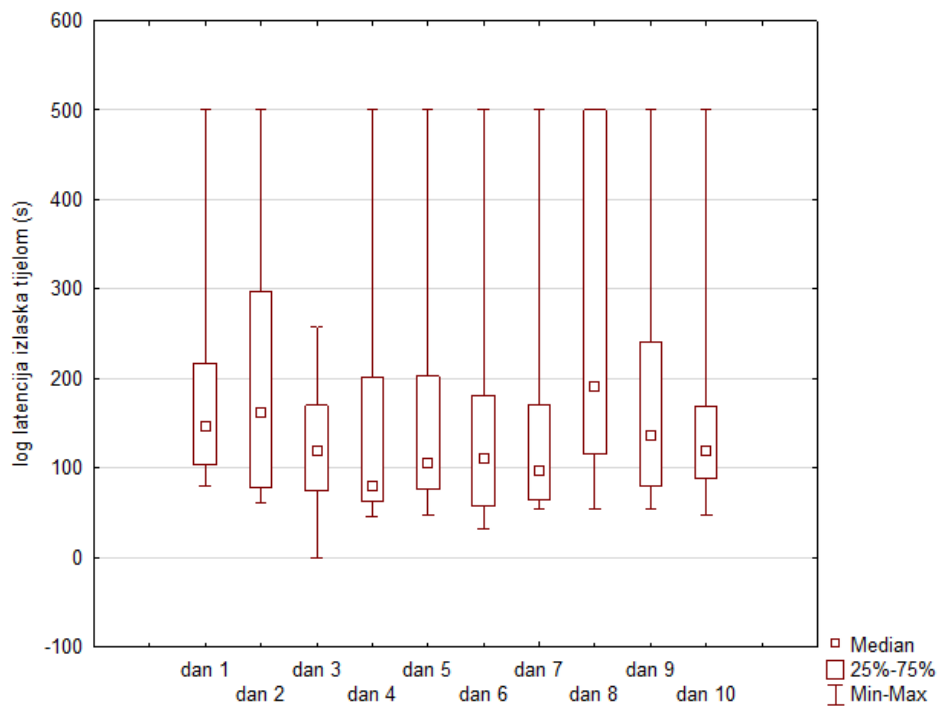
Dobiveni rezultati za parametre: vrijeme do pojedene prve hrane (s), vrijeme do pojedene druge hrane (s) te delta hrana 2- hrana 1 (s) pokazali su da niti ženke vrste *P. siculus* niti vrste *P. melisellensis* nemaju značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p>0,05$ ).

Rezultati parametra latencija izlaska njuške (s) pokazali su da ženke vrste *P. melisellensis* imaju značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p=0,02$ ). Iz grafičkog prikaza vidi se da ne postoji prepoznatljiva pravilnost trenda porasta vrijednosti. Ne vidi se nikakvo uzlazno povećanje vrijednosti kroz 10 dana (Slika 12.).

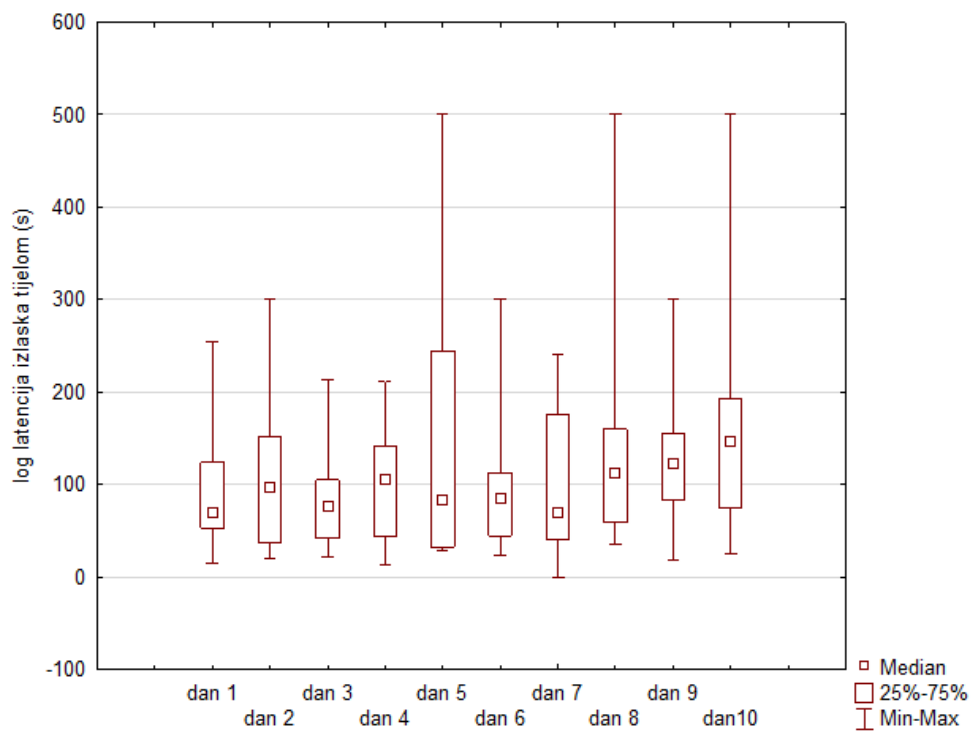


Slika 12. Latencija izlaska njuške (s) za ženke vrste *P. melisellensis* kroz deset dana istraživanja.

Sljedeći statistički značajan rezultat je latencija izlaska tijelom (s), kod ženki obje vrste postoji značajna razlika u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja (*P. melisellensis*  $p=0,03$ , *P. siculus*  $p=0,02$ ). Iz grafičkih prikaza vidi se da vrsta *P. melisellensis* ima nešto više maksimalne vrijednosti od *P. siculus*, no obje vrste ne pokazuju prepoznatljivu pravilnost trenda porasta vrijednosti. Ne vidi se nikakva uzlazno povećanje vrijednosti kroz 10 dana (Slika 13. i 14.).

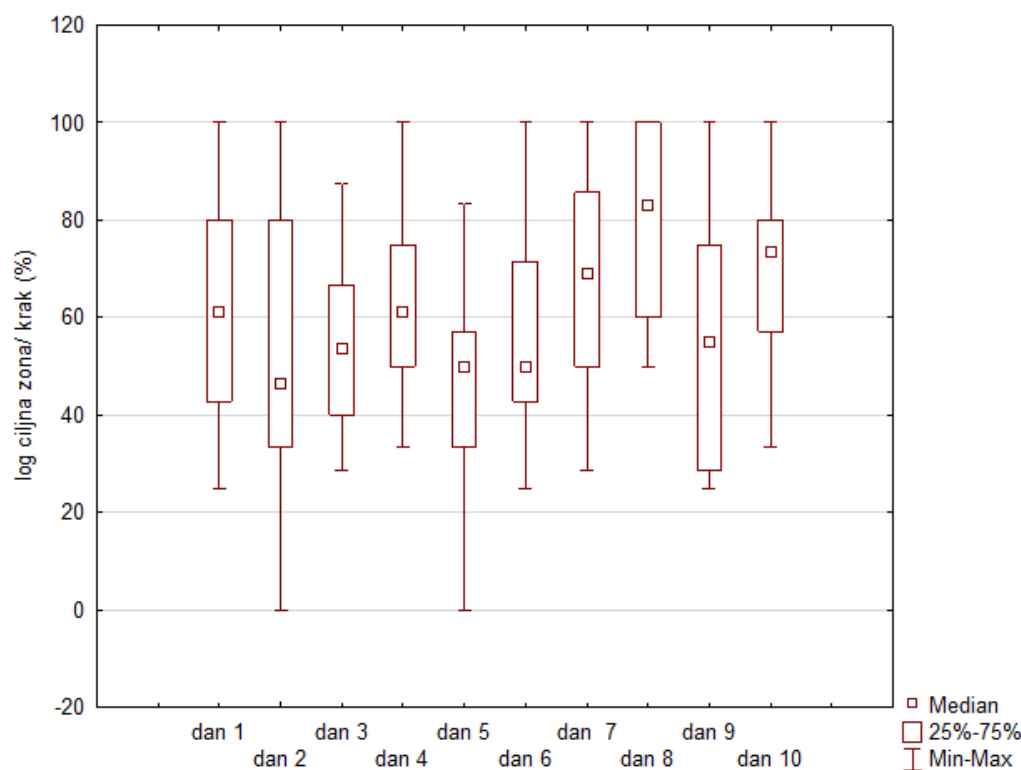


Slika 13. Latencija izlaska tijelom (s) za ženke vrste *P. melisellensis* kroz deset dana istraživanja.



Slika 14. Latencija izlaska tijelom (s) za ženke vrste *P. siculus* kroz deset dana istraživanja.

Posljednji statistički značajni rezultat ima parametar ciljna zona/ krak (%). Ženke vrste *P. siculus* imaju značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p=0,00$ ). No, iz grafičkog prikaza vidi se da se ne postoji prepoznatljiva pravilnost trenda porasta vrijednosti (Slika 15.). Rezultati parametra ciljna zona/ krak za *P. melisellensis* su pokazali da nema značajne razlike u vrijednostima.



Slika 15. Ciljna zona/ krak (%) za ženke vrste *P. siculus* kroz deset dana istraživanja.

#### 4.2.4. Uspoređivanje rezultata parametara između spolova unutar vrste *P. siculus*

Dobiveni rezultati za parametre: latencija izlaska njuške (s), vrijeme do pojedene prve hrane (s), vrijeme do pojedene druge hrane (s) te delta hrana 2- hrana 1 (s) pokazali su da niti ženke niti mužjaci vrste *P. siculus* nemaju značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p>0,05$ ).

Rezultati parametra latencija izlaska tijelom (s) pokazali su da ženke imaju značajne razlike unutar vrijednosti kroz 10 dana istraživanja ( $p=0,02$ ). No, iz grafičkog prikaza vidi se da ne postoji prepoznatljiva pravilnost trenda porasta vrijednosti (Slika 14.). Rezultati za mužjake pokazali su da nema statistički značajne razlike.



Rezultati parametra ciljna zona/ krak (%) pokazali su da ženke imaju statistički značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p=0,00$ ). No, iz grafičkog prikaza vidi se da ne postoji prepoznatljiva pravilnost trenda porasta vrijednosti (Slika 15.). Rezultati za mužjake pokazali su da nema statistički značajne razlike.

#### **4.2.5. Uspoređivanje rezultata parametara između spolova unutar vrste *P. melisellensis***

Dobiveni rezultati za parametre: vrijeme do pojedene prve hrane (s), vrijeme do pojedene druge hrane (s) te delta hrana 2- hrana 1 (s) pokazali su da niti ženke niti mužjaci vrste *P. melisellensis* nemaju značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p>0,05$ ).

Rezultati parametra latencija izlaska njuškom (s) pokazali su da ženke imaju značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p=0,02$ ). No, iz grafičkog prikaza vidi se da ne postoji prepoznatljiva pravilnost trenda porasta vrijednosti. Rezultati za mužjake pokazali su da nema statistički značajne razlike (Slika 12.).

Rezultati parametra latencija izlaska tijelom (s) pokazali su da ženke imaju značajne razlike u vrijednostima kroz 10 dana istraživanja ( $p=0,03$ ). No, iz grafičkog prikaza vidi se da ne postoji prepoznatljiva pravilnost trenda porasta vrijednosti. Rezultati za mužjake pokazali su da nema statistički značajne razlike (Slika 13.).

Rezultati parametra ciljna zona/ krak (%) pokazali su da mužjaci imaju statistički značajne razlike unutar vrijednosti kroz 10 dana istraživanja ( $p=0,00$ ). Iz grafičkog prikaza vidi se porast vrijednosti. Rezultati za ženke pokazali su da nema statistički značajne razlike (Slika 11.).

## 5. RASPRAVA

Od devet ispitivanih parametara (latencija izlaska njuške, latencija izlaska tijelom, vrijeme potjere, količina kretanja, imobilnost, ciljna zona/ krak, vrijeme do pojedene prve hrane, vrijeme do pojedene druge hrane te delta hrana 2- hrana 1) jedini parametri koji su pokazali neki ekološki značaj za promatrane vrste gušterica su: količina kretanja te ciljna zona/ krak.

Analiza vrijednosti podataka za parametar količina kretanja pokazala je da postoji statistički značajna razlika u načinu kako se vrijednosti između vrsta *P. siculus* i *P. melisellensis* (vrijednosti od mužjaka i ženki zajedno) mijenjaju kroz deset dana istraživanja (Slika 7). Vidljivo je da se svaka vrsta kreće na drugačiji način te da *P. siculus* kroz deset dana mijenja svoj način kretanja, dok *P. melisellensis* ima uniformno kretanje. Količina kretanja kod *P. siculus* pokazuje trend porasta do sedmog dana istraživanja te nakon toga počinje padati. Možda je razlog taj da su se jedinke na početku kretale više jer su više istraživale, a nakon sedmog dana naučile su prostor u labirintu te se više nisu trudile dalje istraživati. Istraživanja na kornjačama (Yerkes, 1904; Tinklepaugh, 1932; Wilkinson i ostali, 2007) pokazala su da vrlo dobro prepoznaju prostor (labirint) te da već nakon trećeg dana pokusa pokazuju učenje i da dolaze do cilja (hrane) u vrlo kratkom roku bez pogrešnih pokušaja. Također, Carazo i ostali (2014) pokazali su svojim istraživanjem da su gušteri vrste *Eulamprus quoyii* (Duméril i Bibron, 1839) vrlo uspješni u snalaženju u prostoru.

Kada uspoređujemo obje vrste, krivulja kretanja za *P. siculus* ima veće vrijednosti nego krivulja za *P. melisellensis*. Razlog tome može biti veličina guštera, naime *P. siculus* veća je veličinom tijela i dužinom nogu od *P. melisellensis*. O odnosu veličine i ponašanja Losos i Sinervo (1989) kažu da kod guštera dužina udova i aspekti ponašanja te ekologija vrste su često korelirani. Tome u prilog idu istraživanja Pianka (1969) koji je istraživao guštere iz roda *Ctenotus*. Otkrio je da vrste sa dužim nogama koriste otvorene prostore, dok se kratkonoge vrste kreću u gustoj vegetaciji. Biometrički modeli Hildebranda (1974) i Coombsa (1978) predviđjeli su da dugonoge životinje bi trebale imati veće korake i radi toga bi se trebale kretati puno brže. Također, iz grafičkih prikaza vidljivo je da *P. melisellensis* nema nikakav trend porasta niti pada vrijednosti kretanja, nego da ima ravnu krivulju uz manje oscilacije uspona i padova. To nam govori da vrsta nije ništa naučila. Takve rezultate nam potvrđuje i istraživanje kolegice Glojnarčić

(2018) koja je pokazala da vrsta *P. siculus* ima veću srednju brzinu kretanja, prijeđe veću ukupnu udaljenost te provede više vremena u gibanju za razliku od vrste *P. melisellensis*.

Kako bi utvrdili koji spol je zaslužan za statistički značajne razlike u načinu kako se vrijednosti kretanja između obje vrste mijenjaju kroz deset dana istraživanja, analizirali smo podatke ženki obje vrste te mužjaka obje vrste. Mužjaci nisu pokazali nikakve značajne razlike u načinu kako im se vrijednosti mijenjaju, no ženke su pokazale suprotno. Rezultati njihovih podataka pokazuju da postoji razlika u vrijednostima kroz deset dana neovisno o vrsti ženke. Kada uzmemo u obzir da vrsta *P. siculus* je pokazala promjene u kretanju kroz deset dana te kada pogledamo sliku 7. i sliku 8. možemo vidjeti da su krivulje podjednake. Odnosno da su ženke *P. siculus* vjerojatno odgovorne za način kretanja cijele vrste. Do sedmog dana se više kreću te nakon toga smanjuju kretanje. Ovo se može objasniti kao vrijeme potrebno da počnu prepoznavati prostor (sedam dana), te nakon tog vremena smanjuju kretanje po već poznatom prostoru. No, Carazo i ostali (2014) prvi su puta uspoređivali razliku između mužjaka i ženki povezujući prepoznavanje prostor, istraživanje te individualnu neustrašivost/ hrabrost kod guštera. U svom radu tvrde kako kod sisavaca ali i ostalih taksonomskih kategorija, mužjaci se obično pokazuju boljima od ženki u snalaženju/ učenju prostora. To je pokazalo i njihovo istraživanje. Oni smatraju da je uzrok tome njihova uloga u reprodukciji, gdje su oni povremeno prisiljeni prilagoditi se uvjetima u okolišu kako bi pronašli svoju partnericu. Također, smatraju da je dokaz tome veći teritorij mužjaka nego ženki. No, unatoč njihovom istraživanju, istraživanja (Bostic, 1965; Jorgensen i Tanner, 1963; Fitch, 1958) na američkim vrstama gušterica iz roda *Cnemidophorus* pokazala su da ženke imaju veći teritorij nego mužjaci. Po mišljenju Bostic (1965) to znači da se više kreću nego mužjaci te da je to prednost u vrijeme parenja. U prilog tome, Burke i Mercurio (2002) istraživali su navike hranjenja *P. siculus* u New Yorku te su utvrdili da ženke imaju značajno veću količinu plijena u crijevima nego mužjaci, što se može povezati sa mojim istraživanjem jer ta količina kretanja možda upućuje na to da su ženke više tragale za hranom, pa su više i istraživale prostor.

Pošto ne postoji statistički značajna razlika između ženki u načinu kako im se vrijednosti mijenjaju iz toga možemo zaključiti da ženke *P. siculus* i *P. melisellensis* imaju sličan način kretanja, no ženke *P. melisellensis* nemaju toliko značajne razlike u vrijednostima, da bi bile

statistički značajne za cijelu vrstu. Uzrok tome može biti da su mužjaci *P. melisellensis* svojim rezultatom pridonijeli da cijela vrsta ne pokazuje učenje.

Analiza vrijednosti podataka za parametar ciljna zona/ krak pokazala je da postoji statistički značajna razlika kroz deset dana istraživanja u vrijednostima parametra kod mužjaka vrste *P. melisellensis* (Slika 11.). Iz grafičkog prikaza vidljivo je da postoji trend porasta vrijednosti, što nam ukazuje da mužjaci vrste *P. melisellensis* uče. Možemo pretpostaviti da su naučili da im se neće ništa dogoditi ako odu do kraja kraka, odnosno naučili su da mogu biti opušteniji/ hrabriji. To potvrđuje istraživanje Carazo i ostali (2014) koje je pokazalo da su mužjaci hrabriji od ženki te oni tvrde da jedinke koje su hrabrije povećavaju si vjerojatnost učenja prostora. No, Biaggini i ostali (2010) istraživali su bježanje kao anti-predatorsko ponašanje kod *P. melisellensis*, te su utvrdili da nema razlike između spolova i da je oprez, koji prethodi bježanju, uvjetovan strukturom staništa. Njihovo istraživanje je pokazalo da na otoku Jabuka i Malom Parzanju gušteri su bježali na puno veće udaljenosti od potencijalnog predatora, nego gušteri na otocima Biševo i Vis. Razlog tome je tip vegetacije, na Jabuci i Malom Parzanju vegetacija je oskudna i prevladava kamenjar, dok na Biševu i Visu vegetacija je puno kompleksnija i zato su gušteri dopuštali potencijalnom predatoru da mu se približi. To potvrđuju i istraživanja na drugim vrstama guštera (Bulova, 1994; Martín i ostali, 1995; Snell i ostali, 1988) koja su pokazala da je vegetacija ključni faktor koji utječe na bježanje te da gušteri na otvorenim prostorima postaju oprezniji. Ova istraživanja se mogu povezati sa mojim, smatram da su jedinke *P. melisellensis* naučile u novom staništu (labirintu) da nema predatoru i da su zato istraživale prostor, što ih čini hrabrijima. No, da bi znali mogu li se ovi rezultati odnositi i na njihovo prirodno stanište (Sinjsko polje) morali bi napraviti istraživanje na samom terenu. Ovo nam možda govori da su se stvarno prilagodili novom staništu (labirintu) i da su naučili da nemaju predatora, ali to nam možda i ukazuje na to da se nisu prilagodili novom staništu nego da se ponašaju po istom uzorku kao i u prirodnom staništu.

No, kada uzmemo u obzir da samo dva parametra od njih devet su pokazala značajne razlike u rezultatima, iz toga možemo zaključiti da moja početna hipoteza istraživanja, koja kaže da *P. siculus* bolje uči od *P. melisellensis*, je odbačena. Odnosno, da su se ove vrste gušterica pokazale kao loš model za istraživanje učenja. Ne pokazuju učenje i generalno ne pokazuju prilagodbu na nove uvijete u staništu/ okolišu, barem ne u kratkom razdoblju od 10 dana. To nam ustvari govori

da je učenje čimbenik koji ne može objasniti dominaciju *P. siculus* nad *P. melisellensis*. No, možda uzrok ovakvih rezultata nije povezan sa guštericama, nego je povezan sa samom izvedbom pokusa. O tome govori Noble i ostali (2012) u svom radu. Oni komentiraju kako postoje mnoga istraživanja na gmazovima koja su se pokazala nedosljednima, jer su provedena u uvjetima koji nisu bili dovoljno prilagođeni pravim ekološkim uvjetima istraživanih vrsta u divljini ili su pak koristili dizajn koji nije uopće bio prilagođen za gmazove, nego za sisavce.

## 6. ZAKLJUČAK

Analizom dobivenih podataka ovog istraživanja možemo zaključiti sljedeće:

1. Ženke *P. siculus* su te koje pokazuju učenje prepoznavanja prostora nakon sedmog dana te da mužjaci *P. melisellensis* su naučili da mogu biti hrabriji i ući do kraja kraka kako bi istraživali
2. *P. siculus* se kreće na drugačiji način od *P. melisellensis*, nakon sedmog dana nauči prepoznat prostor te generalno, *P. siculus* se više kreće od *P. melisellensis*
3. Obje vrste su se pokazale kao loši modeli za istraživanje učenja
4. Rezultati su pokazali da ovim dizajnom istraživanja učenja ne možemo dokazati dominantnost *P. siculus* nad *P. melisellensis*

Zaključno s time odbacujem moju početnu hipotezu koja kaže da *P. siculus* uči bolje od *P. melisellensis* te da je to jedan od faktora koji utječe na prednost *P. siculus* kao dominantnog kompetitora prilikom kompeticije sa *P. melisellensis* i time vrsta/ jedinka povećava svoju mogućnost preživljavanja.

## 7. LITERATURA

Arnold, E. N., Oviden, D.W. (2002): Collins Field Guide to the Reptiles and Amphibians of Britain and Europe. Princeton University Press, Princeton.

- Biaggini, M., Corti, C., Perez- Mellado, V., Kletecki, E., Tvrtković, N. (2010): Escape behaviour of lacertid lizard *Podarcis melisellensis* (Sauria, Lacertidae) in some small islands of Dalmatia. Preliminary data. *Islands and evolution* **19**: 211-219.
- Bostic, D., L. (1965): Home range of Teiid Lizard, *Cnemidophorus hyperythrus beidingi*. *The Southwestern Naturalist* **10**: 278-281.
- Bulova, S. J. (1994): Ecological correlates of population and individual variation in antipredator behaviour of two species of desert lizard. *Copeia* **4**: 980–992.
- Burke, R. L., Mercurio, R. J. (2002): Food habits of New York population of Italian wall lizards, *Podarcis sicula* (Reptilia, Lacertidae). *The American Midland Naturalist*. **147**: 368-374.
- Carazo, P., Noble, D.W.A., Chandrasoma, D., Whiting, M. (2014): Sex and boldness explain individual differences in spatial learning in lizard. *The Royal Society* **281**: 1-9.
- Coombs, W. P. (1978): Theoretical aspect of cursorial adaptation in dinosaurs. *Q. Revl. Biol.* **53**: 398-418.
- Cragg, J. B. (1967): Advances in ecological research. Environmental Science Centre (Kananaskis). University of Calgary, Calgary.
- Downes, S., Bauwens, D. (2002): An experimental demonstration of direct behavioural interference in two Mediterranean lacertid lizard species. *Animal behaviour* **63**: 1037-1046.
- Fitch, H. S. (1958): Home ranges, territories, and seasonal movements of vertebrates of the natural history reservation. *Univ. Kan. Publ. Mus. Nat. Hist.* **11**: 63-326.
- Gilad, O. (2008): Competition and Competition Models. *Encyclopedia of Ecology* **1 A – C**: 707.
- Glojnarčić, I. (2018): Pretraživanje prostora primorske (*Podarcis sicula*) i krške gušterice (*Podarcis melisellensis*) u testu otvorenog polja. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.
- Gorman, G. C., Soule, M., Yung Yang, S., Nevo, E. (1975): Evolutionary Genetics of Insular Adriatic Lizards. *Evolution* **29**: 52-71.
- Herrel, A., Huyghe, K., Vanhooydonck, B., Backeljau, T., Breugelmans, K., Grbac, I., Van Damme R., Irschick, D. (2008): Rapid large-scale evolutionary divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource. *PNAS* **105**: 4792-4795.

- Hildebrand, M. (1974): Analasiy od vertebrate structure. John Wiley & Sons. New York.
- Jelić, D., Kuljerić, M., Koren, T., Treer, D., Šalamon, D., Lončar, M., Podnar-Lešić, M., Janev Hutinec, B., Bogdanović, T., Mekinić, S., Jelić, K. (2012): Crvena knjiga vodozemaca i gmazova Hrvatske. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Jorgensen, C. D., Tanner, W. W. (1963): The application of the density probability function to determine the homeranges of *Uta stansburiana* and *Cnemidophorus tigris tigris*. *Herpetologica* **19**: 105-11.
- Lailvaux, S. P., Huyghe K., Van Damme, R. (2012): Why can't we all just get along? Interspecific aggression in resident and non-resident *Podarcis melisellensis* lizards. *Journal of Zoology* **288**: 207-213.
- Losos J. B., Sinervo B. (1989): The effects of morphology and perch diameter on sprint performance of *Anolis* lizards. *J. exp. Biol.* **145**: 23-30.
- Martín, J., López, P., Cooper, W. E. (2003): When to come out from arefuge: balancing predation risk and foraging opportunities in an alpine lizard. *Ethology* **109**: 77–87.
- Nevo, E., Gorman, G., Soule, M., Yang, S. Y., Clover, R., Jovanović, V. (1972): Competitive exclusion between insular *Lacerta* species (Sauria, Lacertidae). *Oecologia (Berl.)* **10**: 183-190.
- Noble, D. W. A., Carazo, P., Whiting, M. J. (2012): Learning outdoors: male lizards show flexible spatial learning under semi- natural conditions. *Biol. Lett.* **8**: 946-948.
- Ortiz, P. R., Jenssen, T. A. (1982): Interspecific aggression between lizard competitors *Anolis cooki* and *Anolis cristatellus*. *Z. Tierpsychol* **60**: 227-238.
- Pianka, E. R. (1969): Sympatry of desert lizards (*Ctenotus*) in Western Australia. *Ecology* **50**: 102- 1030.
- Radovanović, M. (1959): Zum Problems der Speciation bei Inseleideschen. *Zoologische Jahrbucher (Systematick)* **86**: 395-436.
- Snell, H. L., Jennings, R. D., Snell, H. M., Harcourt, S. (1988): Intrapopulationvariation in predator-avoidanceperformance of Galapagos lavalizards: the interaction of sexual and natural selection. *Evol. Ecol.* **2**: 353-369.
- Tinklepaugh, O. L. (1932): Maze learning of a turtle. *Journal of Comparative Psychology* **13**: 201–206.

Wilkinson, A., Huber, L. (2012): Cold-Blooded Cognition: Reptilian Cognitive Abilities. The Oxford Handbook of Comparative Evolutionary Psychology, Chapter 8: 1-15.

Wilkinson, A., Chan, H. M., Hall, G. (2007): A study of spatial learning and memory in the tortoise (*Geochelone carbonaria*). Journal of Comparative Psychology **121**: 412–418.

Yerkes, R. M. (1904): Space perception of tortoises. Jour. Comp. Neurol. and Psychol. **2**: 15-26.

//www.khanacademy.org/

//www.iucnredlist.org/

//www.statistics.laerd.com/

//www.documentation.statsoft.com/

## 8. PRILOZI

### 8.1. Protokol korištenja Noldus EthoVision XT 13

Protokol sadržava engleske nazive (koji su napisani podebljanim slovima), pošto sam program radi na engleskom jeziku te bi se izgubilo značenje prevođenjem na hrvatski jezik.

#### **Experiment settings**

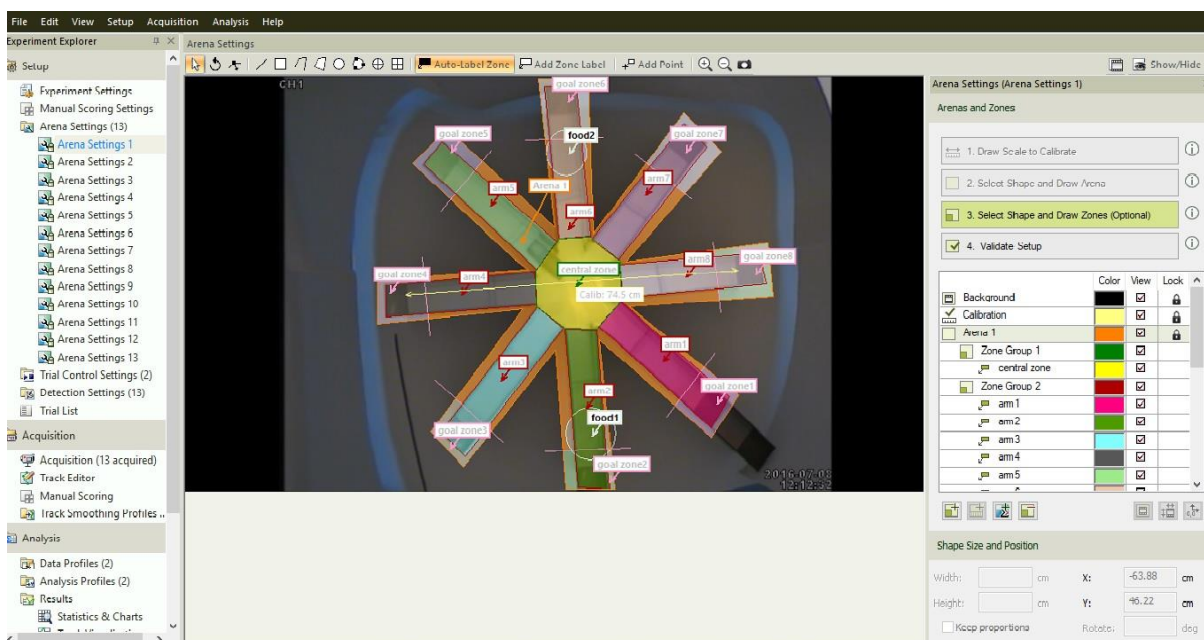
Na početku rada programa, na glavnom izborniku odabere se opcija **File** te **New from template- Apply a pre-defined template**. Program nas tada pita želimo li životinju pratiti direktno tijekom izvođenja pokusa ili iz video snimke, biramo **From video file** te izaberemo u **Browse** video koji želimo analizirati. Nakon toga nas pita koji subjekt ćemo pratiti, biramo **Rodents-Other**. Nakon toga, biramo na kojem tipu terena će se izvoditi eksperiment, biramo **Radial 8-arm**, dok za zone eksperimenta biramo **No zone template** (jer ćemo ih sami crtati). Potom, definiramo programu kako želimo da prati guštere, biramo **Center-point**, a boja životinje u odnosu na podlogu **Darker**. Na kraju odaberemo da stopa uzorka bude **2,00 samples/sec**.

#### **Arena settings**

Iduća po redu postavka je **Arena Settings** koja nam je ponuđena u traci sa lijeve strane, u njoj ponovo odaberemo željeni video te stisnemo **Grab**. Na zaslonu programa možemo vidjeti sliku iz



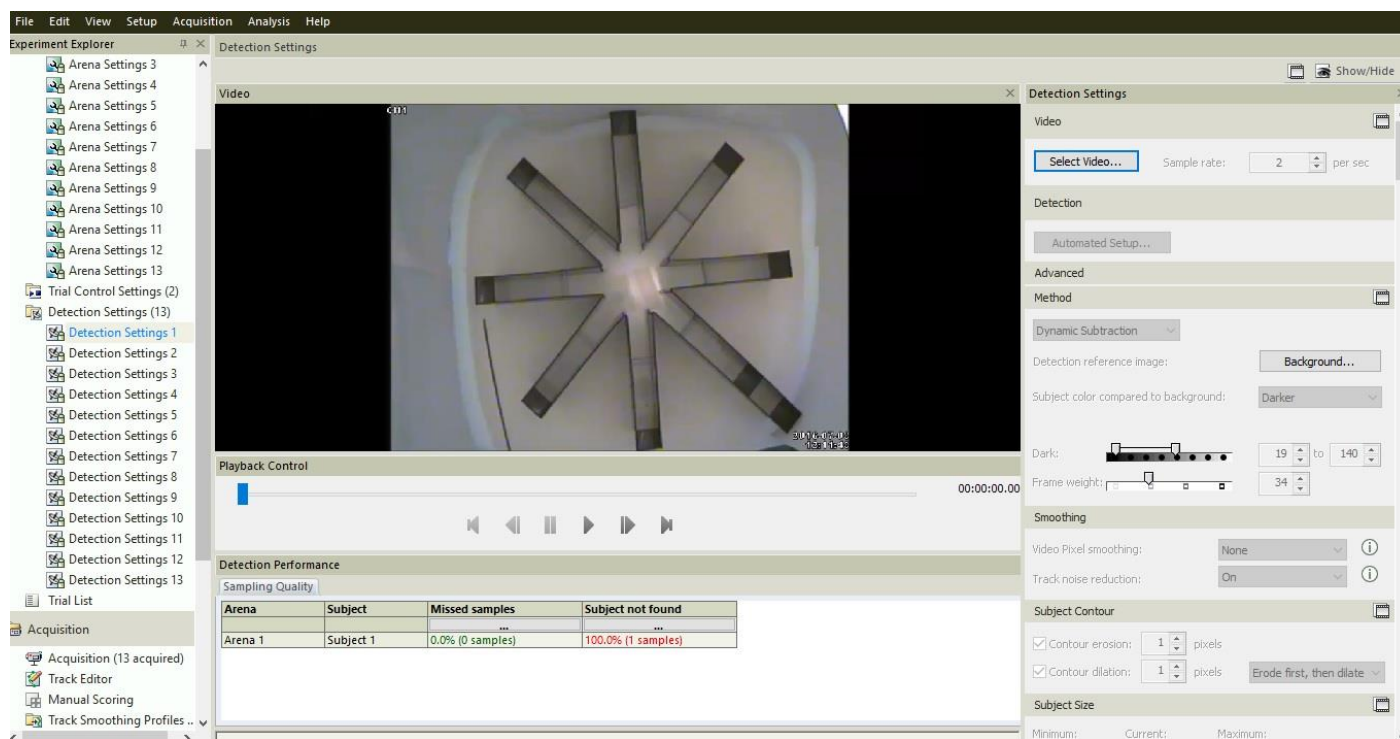
našeg videa koja nam je primjerak po kojem ćemo označiti sve što želimo da nam program analizira (Slika 16.). Prvo što nam je ponuđeno je **Draw scale to calibrate**, tu pomoću miša povučemo liniju od jednog kraja kraka do nasuprotnog vrha kraka i upišemo promjer labirinta. Nakon toga, iduće što trebamo napraviti je nacrtati arenu (**Select Shape and Draw Arena**) to činimo tako da koristimo alate koji su nam ponuđeni i pomoću njih obrubimo cijeli labirint s time da ne vučemo linije po samom rubu labirinta nego malo dalje od ruba. Sljedeće je **Select Shape and Draw Zones**, prije crtanja krakova trebamo dodati grupu u kojoj ćemo crtati sve krakove, to se radi tako da u desnoj liniji sa alatima izaberemo **Add Zone Group**. Kada imamo definiriranu grupu za krakove, pomoću alata označimo svaki krak te pomoću alata **Add zone label** imenujemo ga arm1, arm2, arm3 i tako sve do arm8. Nakon toga dodamo još jednu grupu koja će nam sadržavati sve ciljne zone. Ciljnu zonu ima svaki krak i nju označavamo tako da samo pomoću alata **Create line** povučemo liniju koja je 2 cm od kraja svakog kraka te ju nazovemo goal1, goal2,... i tako sve do goal8. Istim postupkom napravimo još jednu grupu za centralnu zonu te za hranu. Zonu sa hranom označimo tako da koristimo **Create ellipse** te označimo prostor oko same hrane i hranu. Nazovemo je food1 i food2. Zadnja postavka u Arena settings je **Validate Setup** ako nam program ne kaže da nam nešto od napravljenih postavki ne valja, napravili smo sve kako treba te možemo ići na Detection settings.



Slika 16. Prikaz zaslona programa EthoVision XT 13 kod postavki Arena Settings.

## Detection settings

U ovoj postavci opet odaberemo video **Select video**. **Sample rate** trebamo staviti na 2,00 per sec (Slika 17.). Na opciji ispod **Automated Setup** premotamo video kada je gušter van tubice i pomoću miša označimo njega te stisnemo **OK**. Kada kliknemo na **Advanced** ponudi nam da izaberemo **Dynamic Subtraction**, zatim na **Background** prevrtimo video do trenutka kada je gušter još u tubici i tada označimo **Grab Current**. Daljnje postavke individualno namještamo ovisno o tome koliko je veliki gušter, kakve je nijanse u videu itd. **Frame wight** mijenjamo ako vidimo da se uz samog guštera detektira i njegova sjena ili odsjaji od svjetla, također postavka **Subject contour** koristimo kada nam ne detektira cijelog guštera (od njuške do kraja repa), pomičemo skale **maximum** i **minimum**.



Slika 17 . Prikaz zaslona programa EthoVision XT 13 kod postavki Detection Settings.

Svaku od gore navedenih postavki kada napravimo za prvi video možemo duplicirati tako da desnim klikom miša na npr. arena settings izaberemo **Duplicate**. Kada smo to napravili samo mijenjamo video i prilagođavamo druge postavke svom novom videu.

## **Trial list**

Sljedeća postavka je lista snimaka **Trial list**, u njoj učitavamo videe, arena settings, detection settings te dodajemo nazive gušterima. Ovisno koliko imamo videa toliko **Trials** dodamo. Dodajemo tako da u traci sa alatima izaberemo **Add Trials**. Također, na istoj toj traci ima alat **Add Variables** gdje nam program doda kolonu koju mi nazovemo ID of animal i tu za svaki odgovarajući arena settings, detection settings i trial dodamo ime guštera koji je u tom videu (npr. PMF1).

## **Analysis- Analysis profiles**

U ovoj postavci biramo ovisne varijable koje će program analizirati. U našem slučaju to su bile **Distance moved, in zone** (tu bi označili sve krakove, ciljne zone, centralnu zonu i food1 i food2) te **mobility state** (imobilnost).

## **Acquisition**

Da bi se video materijal analizirao, treba otići na **Aquisition** gdje trebamo provjeriti odgovaraju li nam video i ostale postavke te kliknut **Start trial**.

## **Results – Statistics & Charts**

Kada obradimo sve video materijale, u ovoj postavci dobijemo tablicu koju možemo pomoću **Export Data** prebaciti u Excel tablicu.

### **8.2. Statistička obrada podataka**

#### **8.2.1. Protokol korištenja Shapiro- Wilk testa**

Na glavnom izborniku kada se otvori program Statistica 13.3 biramo opciju **Basic Statistic**, tamo izaberemo **Descriptive statistic**, na **Variable** izaberemo željeni parametar kroz svih 10 dana istraživanja, a na izborniku ispod izaberemo **Normality**, stavimo kvačicu na **Shapiro- Wilk W test** te odaberemo **Histograms**.

#### **8.2.2. Protokol korištenja RM ANOVA**

Pošto program radi na engleskom jeziku, protokol će sadržavati engleske nazive postavki koje sam koristila (koji su označeni podebljanim slovima).

Nakon unošenja seta podataka u Statistic-u na glavnom izborniku izaberemo **Statistics**. Nakon toga na izborniku nam se ponudi **Advanced Models**, tu izaberemo **General Linear** te izaberemo **Repeated measures ANOVA** za vrstu analize. Zatim nam se otvori prozor u kojem biramo varijable **Variables**, u lijevoj koloni izaberemo ovisnu varijablu kroz svih 10 dana (npr. kretanje1, kretanje2,... i tako do kretanje10), dok u desnoj koloni izaberemo neovisnu varijablu po kojoj želimo da nam pokaže statistički značajne varijance (npr. PMF, PMM, PSM, PSF). Iduća postavka nam je **Within effects**, tu biramo u koliko nivoa (**Level**) želimo da nam program napravi analizu odnosa između naših neovisnih varijabli (4 grupe po vrsti i spolu). Nivoi su različite grupe podataka u istim neovisnim varijablama, u našem slučaju je to 10 nivoa (jer je 10 dana istraživanja) te smo te nivoe nazvali TIME. Posljednja postavka je **Factor codes**, odnosno neovisne varijable (PMF, PMM, PSM, PSF).

Nakon toga, na otvorenom prozoru programa biramo koji test želimo koristiti, ja sam birala **Multivariate test**. To je test koji se koristi kada naš faktor (neovisna varijabla) ima više od dva nivoa te kada želimo naša mjerenja (parametre) promatrati kao ovisne varijable. Multivarijetni test sastoji se od četiri testa (Wilks, Pillai's, Hotellin te Roy's) ([//www.documentation.statsoft.com/](http://www.documentation.statsoft.com/)). Ja sam uzimala u obzir samo rezultate od Wilks-a. Ako je p vrijednost (vjerojatnost) manja ili jednaka 0,05 to nam znači da postoji statistički značajna razlika u odnosu neovisnih grupa i promatranog parametra. Multivarijetni test analizira postoje li statistički značajne razlike u vrijednostima u ovisnosti o vremenu, dakle bez interakcije sa spolom/ vrstama te postoje li razlike u vrijednostima između neovisnih varijabli (spol/ vrsta), odnosno analizira interakcije.

### 8.2.3. Protokol korištenja Friedmanovog testa

Pošto program radi na engleskom jeziku, protokol će sadržavati engleske nazive postavki koje sam koristila (koji su označeni podebljanim slovima).

Nakon unošenja seta podataka u Statistic-u na glavnom izborniku izaberemo **Statistics**. Nakon toga na izborniku nam se ponudi **Nonparametrics**, na izborniku gdje biramo koji tip testa hoćemo, izaberemo **Comparing multiple dep. samples (variables)**. Zatim izaberemo na **Variables** svoj parametar kroz 10 dana istraživanja te kliknemo **Summary: Friedman ANOVA & Kendall's concordance**. Tu dobijemo p vrijednost, ako je manja od 0,05 to znači da nam je taj parametar za tu vrstu/spol kroz 10 dana istraživanja statistički značajno različit. To možemo

potkrijepiti i grafičkim prikazom, ako izaberemo **Box & whisker plot for all variables**. Nakon tog odabira, ponudi nam program kakav oblik grafičkog prikaza želimo, biramo **Median/ Quart/ Range**. Pomoću ovog tipa prikaza za odabrani parametar možemo vidjeti koji nam je središnji podatak (medijan), u rangu od koliko posto (u mom slučaju od 25%- 75%) se nalazi najveći dio vrijednosti (range) te koje su minimalne i maksimalne vrijednosti tog parametra.

## 9. ŽIVOTOPIS

### OSOBNI PODACI:

Ime i prezime: **Ksenija Hocenski**

Datum rođenja: **12.08.1994.**

E-mail: [ksenija.hocenski@gmail.com](mailto:ksenija.hocenski@gmail.com)

### OBRAZOVANJE:

#### **2016–2018**

Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Studij: Diplomski studij

Eksperimentalna biologija, modul Zoologija

#### **2013–2016**

Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu Studij:

Preddiplomski studij znanosti o okolišu

Titula: Sveučilišna prvostupnica struke znanosti o okolišu (univ. bacc. oecol.)

#### **2013**

Položena državna matura (NCVVO)

Predmeti: Hrvatski jezik (viša razina), Matematika (viša razina), Engleski jezik (osnovna razina),  
Biologija, Fizika

#### **2009–2013**

Srednja škola "Stjepan Ivšić", Orahovica (Hrvatska)

Smjer: Opća gimnazija

#### **2001–2009**

Osnovna škola " Ivane Brlić- Mažuranić", Orahovica (Hrvatska)

STRANIJEZICI:

Engleski jezik B2

Njemački jezik A2