

# Ponašanje i temperament triju podvrsta kućnih miševa (*Mus musculus*)

---

**Matijević, Vanja**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*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:217:402075>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-31**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

PONAŠANJE I TEMPERAMENT TRIJU PODVRSTA KUĆNIH MIŠEVA (*Mus musculus*)  
BEHAVIOUR AND TEMPERAMENT IN THREE SUBSPECIES OF THE HOUSE MOUSE (*Mus  
musculus*)

SEMINARSKI RAD

Vanja Matijević

Preddiplomski studij znanosti o okolišu

Undergraduate study Environmental sciences

Mentor: doc. dr. sc. Duje Lisičić

Zagreb, 2020.

## Sadržaj

<b>1. UVOD - TEMPERAMENT U ŽIVOTINJA .....</b>	<b>1</b>
1. 1. Što je temperament, što je ličnost/osobnost?.....	1
1. 2. Zašto životinjske (non human) jedinke ponavljaju slične ili jednake obrasce ponašanja u toku svog života kao odgovor na situacije u okolini?.....	2
<b>2. KAKO SE TEMPERAMENT MJERI I ISTRAŽUJE? .....</b>	<b>4</b>
2. 1. Test otvorenog polja - open field test.....	4
2. 2. Elevated plus maze .....	5
2. 3. Test novog predmeta - novel object test.....	6
2. 4. Test novog okoliša - novel environment test.....	7
<b>3. DIVERGENCIJA TEMPERAMENTA IZMEĐU 3 PODVRSTE DIVLJIH MIŠEVA.....</b>	<b>7</b>
3. 1. Materijali i metode.....	8
3. 1. 1. Životinje .....	8
3. 1. 2. Eksperimenti .....	9
3. 2. Rezultati .....	12
3. 2. 1. Eksperiment 1 – open field test.....	12
3. 2. 2. Eksperiment 2 – elevated plus maze .....	13
3. 2. 3. Eksperiment 3 – novel object test .....	15
3. 2. 4. Eksperiment 4 – novel environment test .....	16
3. 3. Rasprava.....	18
<b>4. LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
<b>6. SUMMARY .....</b>	<b>22</b>

## 1. UVOD - TEMPERAMENT U ŽIVOTINJA

Mi, ljudi, volimo se smatrati bićima najviše inteligencije. Pritom ostalim živim bićima, a posebice kralježnjacima, slučajno ili namjerno uskraćujemo mnoge sposobnosti koje ih već generacijama i stoljećima održavaju na životu. Tako se, između ostalog, donedavno zaniijekalo postojanje svijesti, osjećajnosti i osobnosti, to jest karaktera kod životinja. Istraživanja koja se provode posljednjih pedesetak godina počela su se baviti upravo razlikama u ponašanju i percepciji svijeta kod životinja koje se uzgajaju za ljudsku prehranu, ali i u znanstvene svrhe.

Ovaj će se rad osvrnuti na razlike u ponašanju triju podvrsta divljih kućnih miševa (*Mus musculus*) koje su uočene kroz eksperimente čiji je fokus bio na standardiziranim testovima ponašanja.

### 1. 1. Što je temperament, što je ličnost/osobnost?

Prema Leksikografskom zavodu *Miroslav Krleža*, temperament je svojstvo ličnosti, koja je pak stabilan oblik ponašanja i navika što ih je razvila neka osoba (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020). Slijedeći da je temperament dio ličnosti, koja se pripisuje ljudima, upitno je koliko je temperament primjetan, karakterističan i opipljiv kod životinja, posebice miševa. Hrvatski ga jezični portal opisuje kao način ponašanja koji je svojstven pojedincu, odnosno kao ćud ili narav (Hrvatski jezični portal, 2020). Često se koristi i kao sinonim ili podklasa osobnosti (Psihologija odgoja i obrazovanja, 2020).

Dall i suradnici o temperamentu i osobnosti govore kao o fenomenu koji uzrokuje da su individualne razlike u ponašanju jedinke konstantne kroz vrijeme, ali i u specifičnim situacijama. (Réale i sur., 2012).

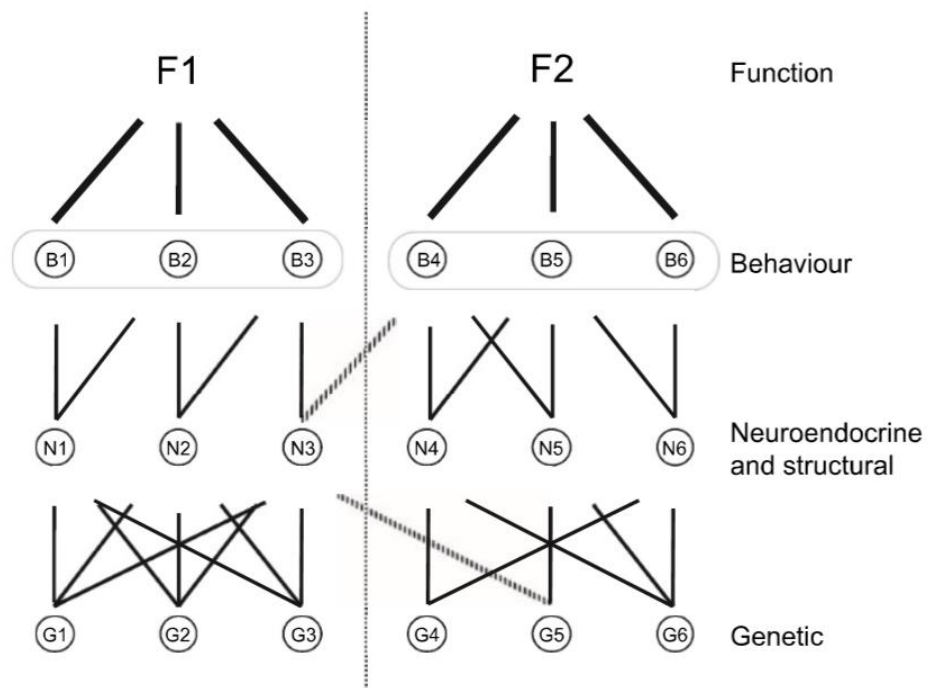
Osim kod jedinke, temperament se često može promatrati i na razini populacije ili vrste koja jednako reagira u ponavljajućim situacijama. Koncepti temperamenta često se promatraju kao reakcija na nepoznate, riskantne ili izazovne/opasne situacije (Réale i sur., 2007). Iako se njegova ekspresija zasigurno događa i tijekom svakodnevnog života jedinke, u gore spomenutim situacijama je on snažno izražen te se znanstvenici upravo na njih i fokusiraju.

Neka od obilježja temperamenta su redom: agresivnost, sklonost istraživanju, neofobija (iracionalni strah od nečega novog/nepoznatog), neofilija (izražena privučenost novome/nepoznatom), odvažnost, plašljivost, socijalnost i drugi. U njega ne spadaju stadiji motivacije odnosno razina gladi, no one ga mogu pospješiti (npr. gladna životinja bit će više sklona rizičnom ponašanju) (Réale i sur., 2007).

Zbog temperamenta, koji je djelomice naslijeđen, a djelomice usvojen/razvijen kroz život te zbog djelovanja okoline, pojedine jedinke bit će „uspješnije“ u odnosu na druge jedinke iste vrste. Istraživanja koja nastaju posljednjih godina, ukazuju na to da su upravo osobine temperamenta jedinki zaslužne za ekološke procese poput proširivanja niša, prostornu raspodjelu i socijalno ustrojstvo (Réale i sur., 2012). Nadalje, temperament u velikoj mjeri utječe na dominantnost, kvalitetu teritorija na kojem žive, reproduktivan uspjeh, preživljavanje, uspjeh potomstva te fiziološke odgovore na socijalni stres (Réale i sur., 2007).

1. 2. Zašto životinjske (non human) jedinke ponavljaju slične ili jednake obrasce ponašanja u toku svog života kao odgovor na situacije u okolini?

Kojim mehanizmom se stvaraju i ispoljavaju karakteristična ponašanja neke jedinke? Odgovor na to pitanje djelomično daje slika 1 (Réale i sur., 2007), koja prikazuje kako svako ponašanje, odnosno funkcija temperamenta počinje na genetičkoj razini. Geni utječu na endokrini sustav organizma koji regulira hormone, neurotransmitere i neuromodule. Potonji potiču specifična ponašanja koji će biti funkcija nekog (dijela spektra) temperamenta, na primjer brižnost prilikom majčinstva ili zaštita od predatora. Svaki od tih dvaju izražaja temperamenta, uzrokovana su ponekad istim genima, ali ovise o povratnoj informaciji iz okoline te konkretnoj situaciji. Jednostavno rečeno, temperament će uvijek biti posljedica genotipa u kombinaciji s okolinom.



*Slika 1. Ustrojstvo čimbenika koji dovode do specifičnog ponašanja kod kralježnjaka (preuzeto iz Réale i sur., 2007)*

Osim jednadžbe „genotip \* okolina“, priroda je stvorila i mehanizme koji se kod životinja nejednako ispoljavaju. Fenotipska plastičnost i mikroevolucija su samo neki od njih. Fenotipska plastičnost je sposobnost istih organizama da u različitim okolišnim uvjetima pokazuju različite karakteristike. „Plastični razvojni program“ omogućava jedinkama da osjete karakteristike okoliša u ranim fazama života i izražavaju fenotipe koji se bolje uklapaju u okruženja s kojima se susreću kasnije u životu. To se često smatra adaptivnom strategijom življenja u različitim okruženjima, sve dok je plastični odgovor dovoljno brz, precizan i nije previše skup (Xue i Leibler, 2018).

Za razliku od plastičnosti, koja nije potpuno genetski uvjetovana, postoji i pojava mikroevolucija. To je promjena frekvencije alela ili genotipova u populaciji, odnosno promjena genetičke strukture populacije kroz velik broj generacija (Pavlica, 2020). Ona se događa u malom razmjeru i nije primjetna u malom vremenskom periodu. Kroz ova dva mehanizma, neke će životinje biti agilnije i dugoročno uspješnije od svoje braće, roditelja ili ostalih pripadnika skupine u kojoj žive.

## 2. KAKO SE TEMPERAMENT MJERI I ISTRAŽUJE?

Postoje brojni standardizirani testovi ponašanja, u ovom poglavlju opisana su četiri koja su korištena u kasnije analiziranim eksperimentima.

### 2. 1. Test otvorenog polja - open field test

Open field testom se univerzalno mjeri istraživačko ponašanje i opća aktivnost kod glodavaca, gdje se mogu mjeriti kvaliteta i kvantiteta interakcije. Osim mjerenja ukupne prijeđene udaljenosti, analizira se i vremenski period kretanja uz „zidove“ (tigmotaksija), vrijeme provedeno u središnjem dijelu aparata i drugo (Gould, Dao i Kovacsics, 2009). Ovaj se test često koristi za procjenu stimulativnih ili sedativnih učinaka unutar sastava lijekova.

Samo „otvoreno polje“ je kružna, trokutasta ili najčešće kvadratna ploha u dimenzijama 25 do 250 centimetara kvadratnih, koji su okruženi neprozirnim „zidovima“ koji sprječavaju bijeg životinje (slika 2). Životinja se smješta u testno polje na centar te se analizira njezino kretanje u sljedećih 2 do 10 minuta. Zbog svoje ekologije i načina života te osjećaja sigurnosti koji im daje, glodavci će većinu vremena provesti u blizini zidova. Open field test će životinji uzrokovati stres, ali će također pokazati i njezinu odvažnost te generalnu aktivnost (Gould, Dao and Kovacsics, 2009).

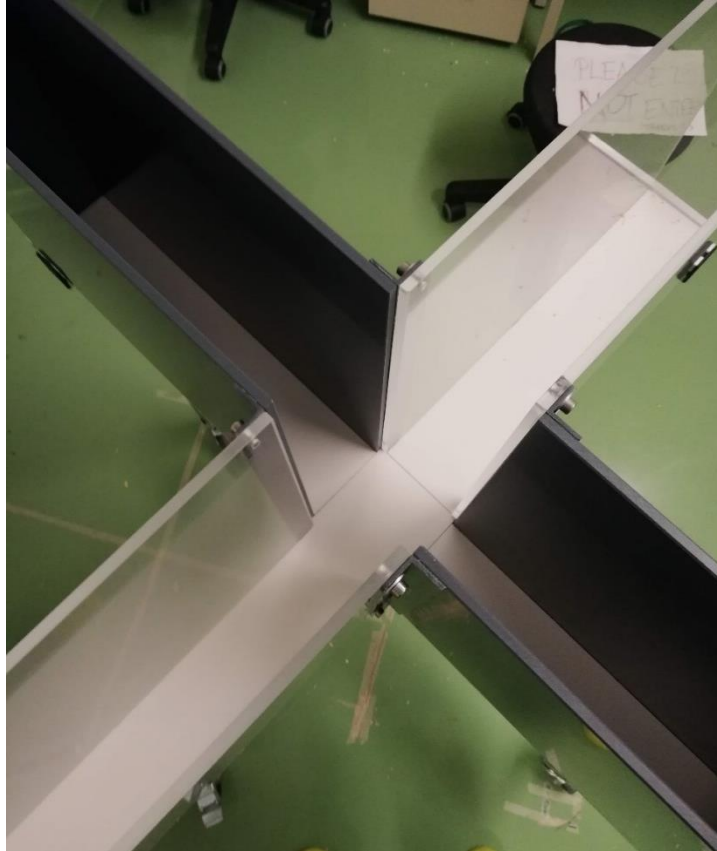


*Slika 2. Arena za izvođenje eksperimenta "Open field test"*

## 2. 2. Elevated plus maze

Ovaj test je jedan od najčešće korištenih testova za mjerenje anksioznih ponašanja kod miševa. Temelji se na prirodnoj averziji životinje prema otvorenim i osvijetljenim područjima u kombinaciji sa spontanom eksplorativnim ponašanjem u nepoznatim prostorima (Komada, Takao i Miyakawa, 2008). Aparat se sastoji od dvaju otvorenih „krakova“ koji oko sebe imaju prozirne zidove od pleksiglasa te dvaju zatvorenih „krakova“ koji su okruženi tamnim zidovima (slika 3). Svijetli i tamni kraci međusobno su povezani centralnim dijelom. Životinje imaju pristup svim dijelovima aparata i mogu se slobodno kretati, pri čemu se bilježi broj ulazaka u svijetle krakove, koje emitiraju otvoren prostor te simuliraju anksiozna ponašanja otvorenog prostora.





*Slika 3: Aparat za izvođenje eksperimenta "Elevated plus maze"*

### 2. 3. Test novog predmeta - novel object test

Eksperimenti u kojima se u životinjske kaveze stavljaju nepoznati predmeti bilo kakve vrste, vrlo su popularni u istraživanjima ponašanja životinja. Prilikom izvođenja istih, ne postoji potreba za premještanjem životinja, restrikcijom vode ili hrane, a više karakternih osobina se kroz njih može vidjeti. Iz tih se testova kao krajnji cilj analizira generalna aktivnost, reaktivnost na nepoznate predmete te učenje, prepoznavanje i pamćenje (Heyser i Chemero, 2012).

## 2. 4. Test novog okoliša - novel environment test

Izlaganje životinja nepoznatim okolišima najrašireniji je među bihevioralnim testovima. One u te prostore mogu biti stavljene prisilno (npr. u open field arenu ili elevated plus maze) ili se nepoznate arene mogu nadograditi na njihove kaveze pa životinja bira hoće li u njih ući. Kretanje nepoznatim prostorom potaknut će stres, ali i uzbuđenje i znatiželju kod različitih životinja u različitim omjerima te će se često moći uočiti „fine“ razlike između jedinki te će se ponašanje sa svakim ulaskom mijenjati jer će okoliš biti sve manje i manje „nepoznat“ (Dingemanse i sur., 2012.).

## 3. DIVERGENCIJA TEMPERAMENTA IZMEĐU 3 PODVRSTE DIVLJIH MIŠEVA

Divlji miševi porijeklom su s istoka Europe, odakle su se kao komenzali s ljudima proširili Euroazijom, prateći ljudske migracije prema različitim geografskim regijama (Vrbanec, Matijević, Guenther u procesu objavljivanja). Projekt divergencije životinjskog temperamenta između šest različitih populacija kućnih miševa ulovljenih u prirodi, provodi se već dvije godine na Max Planck Institutu za evolucijsku biologiju u njemačkom gradiću Ploenu. Šest populacija - iz Austrije, Francuske, Indije, Irana, Kazahstana i Tajvana – u opsežnom broju su prije dvadesetak su godina ulovljene u divljini i otada se uzgajaju u standardiziranim laboratorijskim uvjetima. Te populacije pripadaju trima različitim podvrstama – *Mus musculus domesticus*, *Mus musculus castaneus* i *Mus musculus musculus* – koje su kroz prošlost ljudske vrste provele nejednako vrijeme u suživotu s ljudima (*Homo sapiens sapiens*). *Mus musculus domesticus* u suživotu s ljudima živi otprilike posljednjih 11 000 godina, *Mus musculus castaneus* otprilike 6 000 godina, a *Mus musculus musculus* otprilike 4 000 godina (Vrbanec i sur. u procesu objavljivanja). Pretpostavka je istraživačke skupine, da će miševi s obzirom na duljinu svog suživota s čovjekom razviti različite karaktere te kognitivne sposobnosti, koje će se kroz standardizirane bihevioralne testove jasno razaznati.

### 3. 1. Materijali i metode

#### 3. 1. 1. Životinje

Svaka je podvrsta bila zastupljena s dvjema populacijama miševa, čije je geografsko porijeklo Francuska /Iran (*Mus musculus domesticus*), Indija/Tajvan (*Mus musculus castaneus*), te Austrija/Kazahstan (*Mus musculus musculus*). Sve životinje korištene u eksperimentima bile su laboratorijsko uzgojeni potomci generacija dopremljenih iz gore spomenutih država. U istraživanju su sudjelovala 142 miša od kojih su 57 bili mušjaci, a 85 ženke. 49 životinja pripadalo je podvrsti *Mus musculus domesticus*, 42 podvrsti *Mus musculus musculus*, a 51 je pripadala podvrsti *Mus musculus castaneus*. Sve su životinje u vrijeme provođenja eksperimenata bile adultne, stare između 12 i 18 mjeseci. Miševi su živjeli na konstantnoj temperaturi od cca 22°C, vlazi od 55% te ciklusom svjetla i mraka 8:16. Svaki je kavez bio opremljen dostatnim količinama piljevine, plastičnom „kućicom“ za zaklon, kotačićem za trčanje te hranom u obliku peleta i vodom koje su bile dostupne *ad libitum* - neograničeno. Isti spolovi (najčešće braća i sestre) bili su po dvoje smješteni u kaveze „Makrolon III“ koji su plastičnim tunelom međusobno bili spojeni po dva (slika 4). Prilikom izvođenja eksperimenata, miševi su bili odijeljeni željeznom žicom. Ukoliko bi došlo do izražavanja agresije, bili bi trajno razdijeljeni željeznom žicom preko koje su se i dalje mogli vidjeti, mirisati i komunicirati, no ne i fizički dodirivati. Miševi su bili obilježeni RFID čipovima za individualno prepoznavanje jedinki.



*Slika 4. Dvostruki "Makrolon III" kavezi povezani tunelom koji se za vrijeme trajanja eksperimenta pregradi željeznom žicom*

### 3. 1. 2. Eksperimenti

Prije početka izvođenja eksperimenata, sve životinje bile su naviknute na prisutnost izvoditelja testova. Prilikom izvođenja svakog od testova, životinje koje žive u dvostrukim kavezima u parovima, bile su razdijeljene svaka u zaseban kavez. Budući da su čipirane, svaka životinja je bila prepoznata i imenovana prije i nakon analize podataka vezanih za istu. Podaci su analizirani besplatnim softverom „R“ (verzija 3.4.3., (Team, 2017.)).

#### 3. 1. 2. 1. Open field test

U prostoriju gdje se izvodio test „elevated plus maze“, životinje su donesene 15 minuta prije izvođenja eksperimenta. U otvorenom polju su nakon stavljanja na srednju točku provodile

točno 5 minuta, a softver „Etho Vision“ je analizirao postotak vremena provedenog u centru, ali i broj koraka tj. količinu kretanja životinje. Nakon svakog miša, aparat je bio dezinficiran.

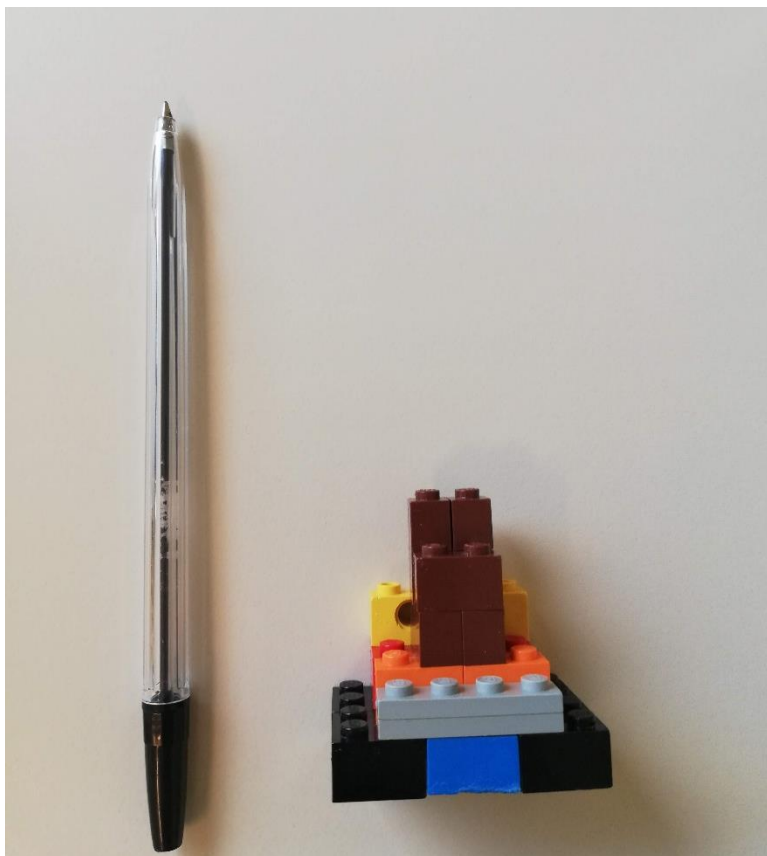
### 3. 1. 2. 2. Elevated plus maze

U zvučno izoliranoj prostoriji sa specifičnim rasporedom svjetlećih tijela, miševi su radi prilagodbe bili smješteni po 15 minuta prije početka izvedbe eksperimenta. Nakon očitavanja čipa svakog miša, životinja je bila smještena u centar aparata gdje je puštena da se slobodno kreće idućih 5 minuta. Softver „Etho Vision“ automatski je analizirao vrijeme provedeno u svijetlom i tamnom dijelu aparata. Nakon svakog miša, aparat je bio dezinficiran kako ne bi bilo mirisa prethodne životinje.

### 3.1.2.3. Novel object test

Kroz 12 dana, polovici životinja u rano jutro, a polovici u sumrak, miševima su kaveze bili postavljeni „tornjići“ sastavljeni od „LEGO“ kockica (slika 5). Svi tornjići su bili jednake veličine i izgleda te dezinficirani, stoga bez mirisa čovjeka, ali i životinje koja je prethodno s njim bila u doticaju. Nakon postavljanja kamera iznad kaveza, provoditelj eksperimenata je u kaveze odlagao tornjiće te napustio prostoriju na 60 minuta.

Nakon zaustavljanja snimki i čišćenja predmeta, provoditelj eksperimenata je „ručno“ analizirao i mjerio vrijeme potrebno svakoj životinji da dotakne nepoznati predmet te broj doticaja i duljinu interakcije s predmetom.



*Slika 5. "Tornjić" korišten kao nepoznati objekt, kemijska olovka služi za usporedbu veličine predmeta*

#### 3. 1. 2. 4. Novel environment test

Odijeljivanjem životinja u dvostrukim kavezima, na njihove „kućne“ kaveze bio je pripojen nepoznati kavez (slika 6). Taj je kavez sadržavao drugačiju vrstu piljevine od one koja je miševima bila poznata (drugačiji miris) te tri nikad viđena predmeta (neprozirni plastični tunel, okrugli uteg, sijeno).

Po isteku 60 minuta, provoditelj eksperimenata „ručno“ je mjerio vrijeme potrebno svakoj životinji da uđe u nepoznati kavez (vrijeme latencije), broj ulazaka u isti te ukupno vrijeme provedeno u njemu.



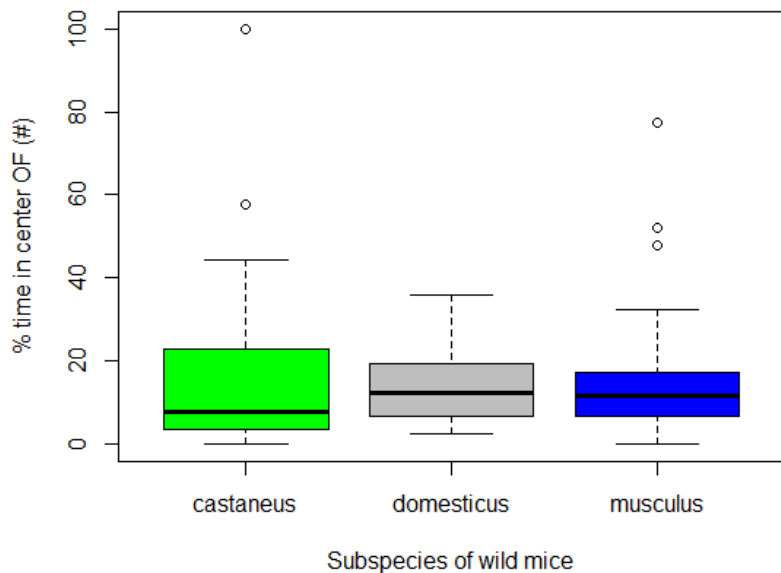
**Slika 6.** Kavez za izvođenje eksperimenta „novel environment test“ koji je spojen na „kućni“ kavez miša

### 3. 2. Rezultati

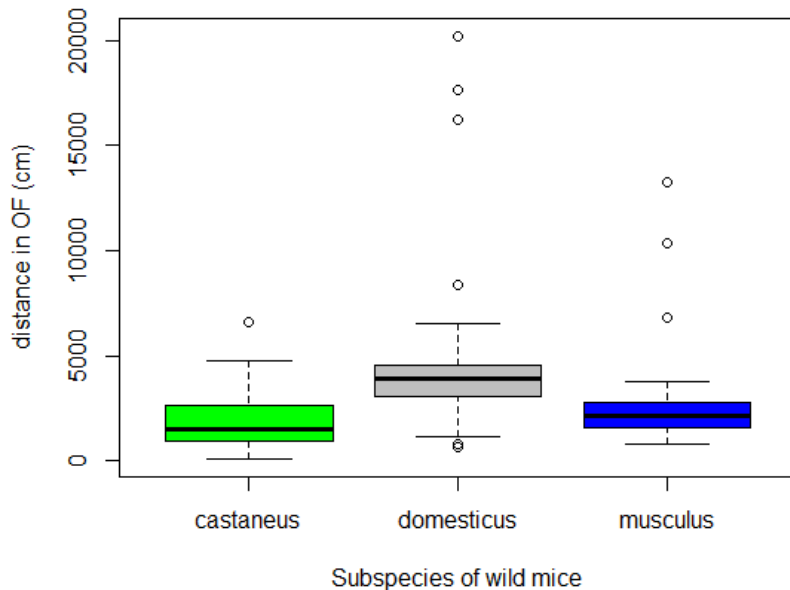
#### 3. 2. 1. Eksperiment 1 – open field test

Mjerenjem vremena provedenog u središnjem dijelu „open field“ aparata, nisu nađene značajne razlike među podvrstama ( $\chi^2 = 1.1844$ ,  $df = 2$ ,  $p$ -vrijednost = 0,5531) (slika 7). Nasuprot tome, količina kretanja unutar istog aparata između podvrsta miševa značajno je različita ( $\chi^2 = 32.332$ ,  $df = 2$ ,  $p$ -vrijednost = 9.533e-08). U količini kretanja sve podvrste se međusobno značajno razlikuju, a *M. m. domesticus* pokazuje najveće vrijednosti količine kretanja u usporedbi sa *M. m. castaneus* ( $p$ -vrijednost < 0,05) i *M. m. musculus* ( $p$ -vrijednost = 0,0002). *M. m. castaneus* i *M. m. musculus* se također međusobno značajno razlikuju

(p-vrijednost = 0,0277), sa većom vrijednosti količine kretanja kod podvrste *Mus musculus musculus* (slika 8).



**Slika 7.** Udio vremena (u %) provedenog u centralnom dijelu Open field testa u triju testiranih podvrsta



**Slika 8.** Količina kretanja (u cm) unutar Open field testa u triju testiranih podvrsta

### 3. 2. 2. Eksperiment 2 – elevated plus maze

Analiza Kruskal – Wallis testom pokazala je, za sve tri varijable, značajne razlike među podvrstama i u ovom eksperimentu.

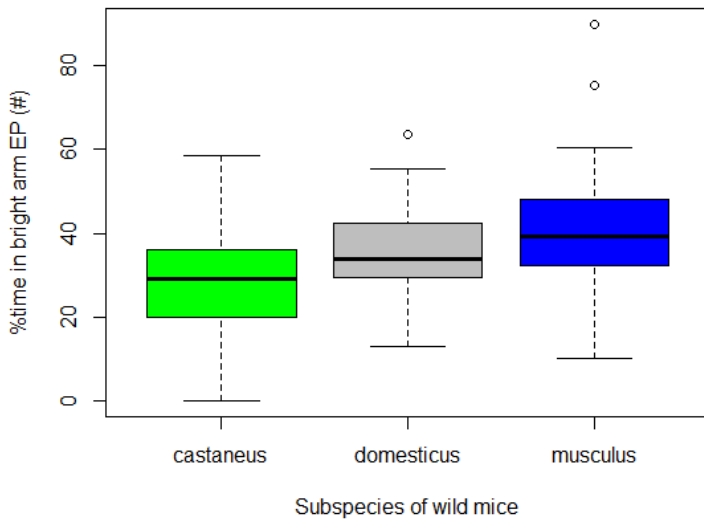
Statistički značajna razlika bila je prisutna kod vremena provedenog u svijetlim kracima aparata ( $\chi^2 = 15.065$ ,  $df = 2$ , p-vrijednost = 0,0005), a *M. m. castaneus* se značajno razlikovao od *M. m. domesticus* (p-vrijednost = 0,0086) i od *M. m. musculus* (p-vrijednost = 7.2e-05), tako da je najmanje vremena provodio u svijetlim kracima, što je vidljivo iz slike 9. Druge dvije podvrste (*M. m. domesticus* i *M. m. musculus*) se međusobno nisu značajno razlikovale (p-vrijednost = 0,1048).

Prema broju ulazaka u svijetle krakove aparata, sve su se podvrste značajno razlikovale ( $\chi^2 = 9.5147$ ,  $df = 2$ , p-vrijednost = 0,0086). Prema učestalosti ulazaka, značajno više ulazaka ostvaruje *M. m. domesticus* u odnosu *M. m. castaneus* (p-vrijednost = 0,014) i *M. m. musculus*

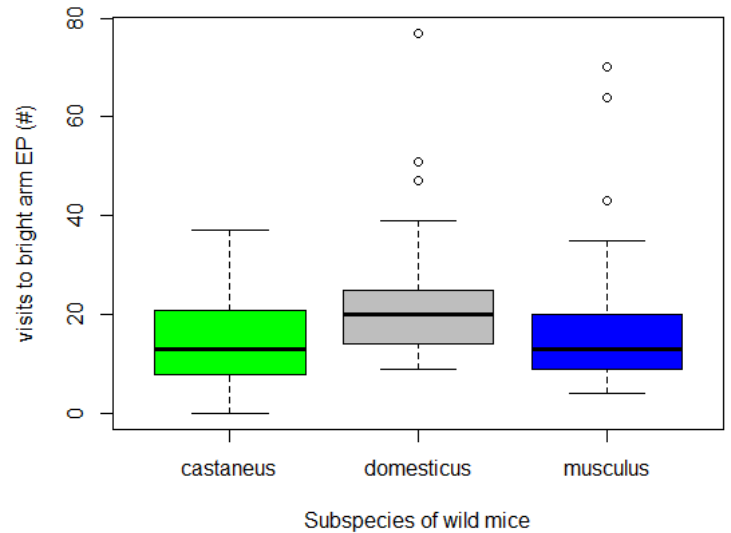


(p-vrijednost = 0,025) *M. m. castaneus* i *M. m. musculus* u svijetle krakove ulaze podjednako često (slika 10).

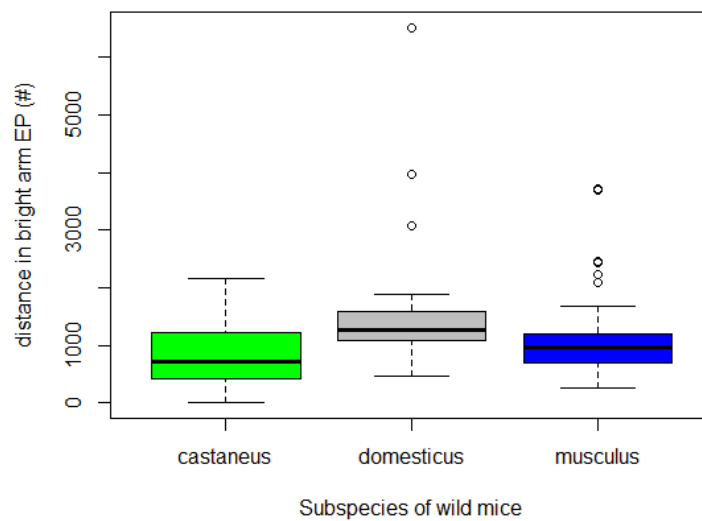
Količina kretanja unutar aparata ponovno jasno razlikuje podvrste miševa ( $\chi^2 = 16.541$ ,  $df = 2$ , p-vrijednost = 0,0003). *M. m. domesticus* se kreće značajno više od *M. m. castaneus* (p-vrijednost = 0,0003) kao i od *M. m. musculus* (p-vrijednost = 0,0241), vidljivo na slici 11. *M. m. castaneus* ima širok raspon kretanja (slika 11) koji se preklapa sa *M. m. musculus*.



**Slika 7.** Ukupno vrijeme (u %) provedeno u svijetlom kraku Elevated plus aparata u triju testiranih podvrsta



**Slika 8.** Broj ulazaka u svijetle krakove Elevated plus aparata u triju testiranih podvrsta



**Slika 9.** Količina kretanja (u cm) u svijetlom kraku Elevated plus aparata u triju testiranih podvrsta

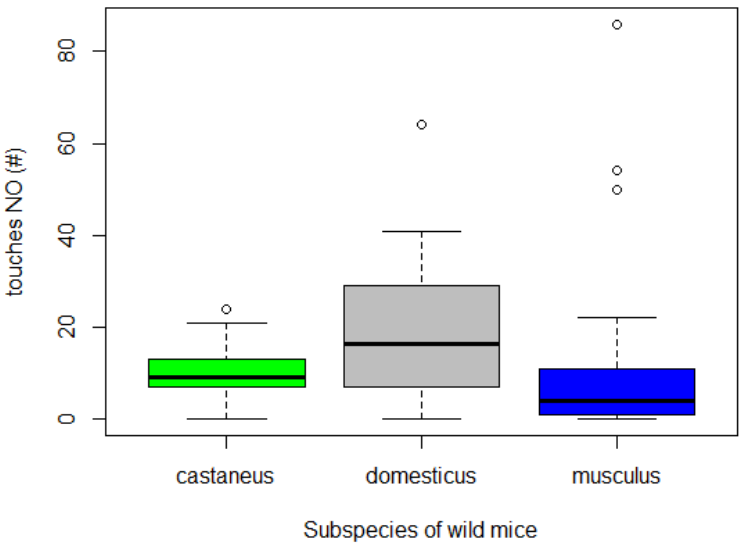
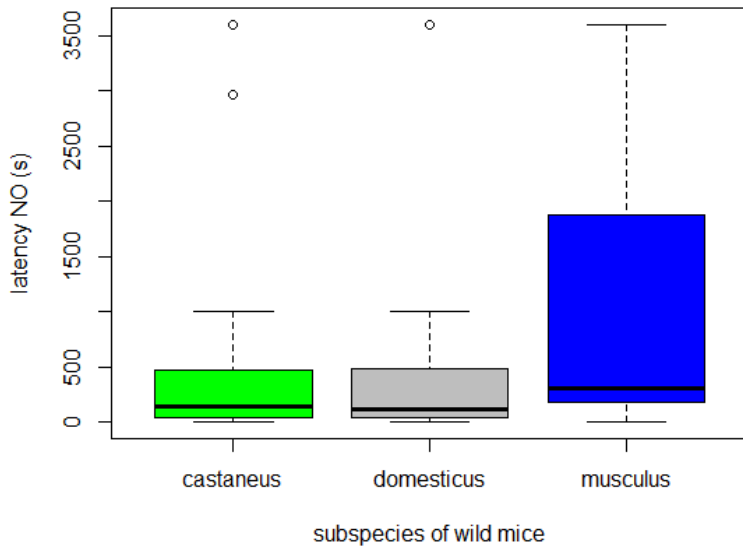
### 3. 2. 3. Eksperiment 3 – novel object test

Analiza Kruskal-Wallis testom pokazala je značajne razlike između podvrsta za sve tri mjerene varijable.

Vrijeme latencije kod svih podvrsta bilo je značajno različito ( $\chi^2 = 9.6767$ ,  $df = 2$ ,  $p$ -vrijednost = 0,0079). Naknadna analiza među podvrstama pokazala je da *M. m. musculus* pokazuje značajno duže vrijeme latencije od *M. m. domesticus* ( $p$ -vrijednost = 0,011), kao i od *M. m. castaneus* ( $p$ -vrijednost = 0,015). *M. m. domesticus* i *M. m. castaneus* ne pokazuju značajne razlike ( $p$ -vrijednost = 0,927) (slika 12).

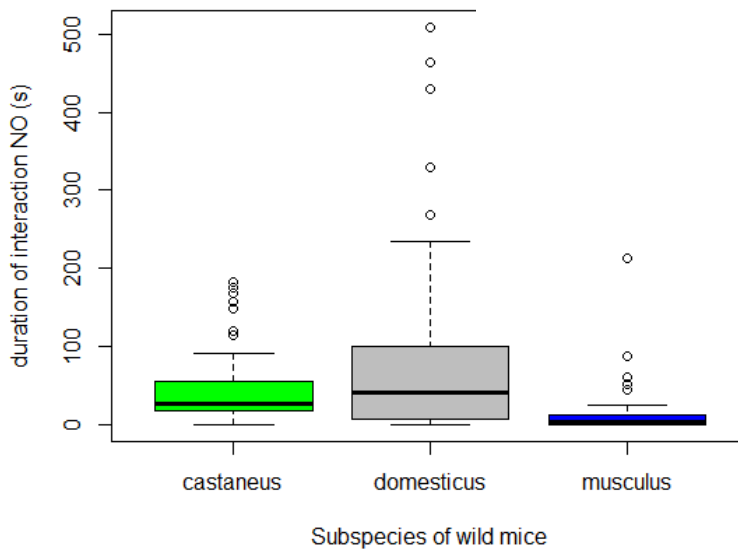
U broju doticaja nepoznatog predmeta, sve podvrste se ponovno značajno razlikuju ( $\chi^2 = 17.847$ ,  $df = 2$ ,  $p$ -vrijednost = 0,0001). Kao što se vidi iz slike 13, *M. m. domesticus* je nepoznat predmet dotaknuo značajno veći broj puta nego *M. m. castaneus* ( $p$ -vrijednost = 0,0025), te *M. m. musculus* ( $p$ -vrijednost = 0,0019). *M. m. castaneus* i *M. m. musculus* međusobno su pokazali značajno različit broj interakcija s predmetom ( $p$ -vrijednost = 0,0095). *Mus musculus musculus* ostvario je najmanji broj doticaja s predmetom.

Analizirajući duljinu interakcije s nepoznatim predmetom, sve podvrste se međusobno značajno razlikuju ( $\chi^2 = 26.102$ ,  $df = 2$ ,  $p$ -vrijednost < 0,05), no *M. m. musculus* je proveo značajno manje vremena u interakciji s predmetom od *M. m. domesticus* ( $p$ -vrijednost = 0,0001) i *M. m. castaneus* ( $p$ -vrijednost < 0,05) (slika 14). *M. m. domesticus* i *M. m. castaneus* ne pokazuju značajnih razlika među sobom ( $p$ -vrijednost = 0,5791).



**Slika 12.** Vrijeme latencije (u sekundama) do kontakta nepoznatog predmeta u triju testiranih podvrsta

**Slika 13..** Broj doticaja nepoznatog predmeta u triju testiranih podvrsta



**Slika 10.** Trajanje interakcije(u sekundama) s nepoznatim predmetom u triju testiranih podvrsta

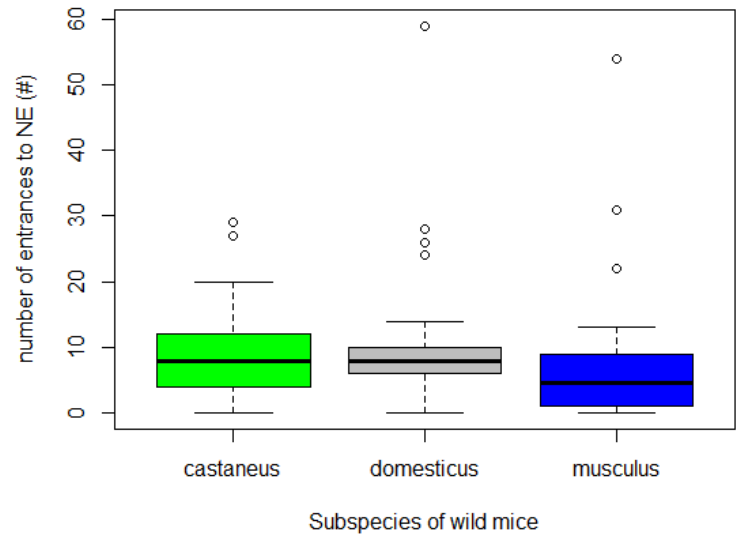
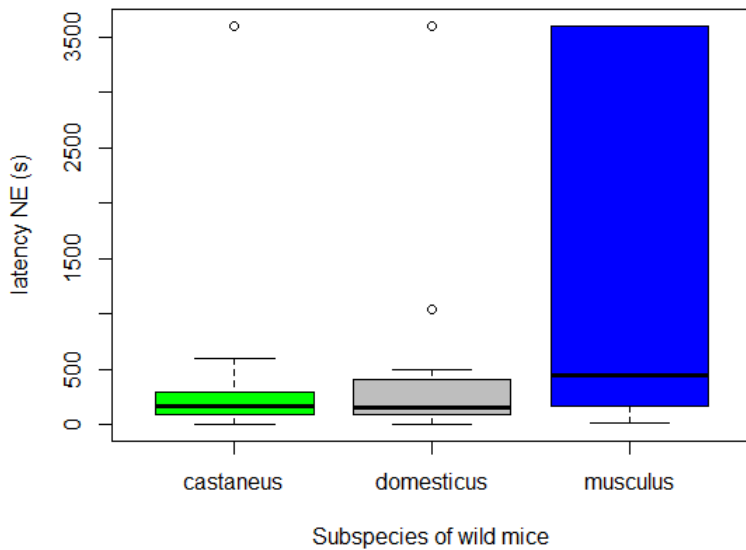
### 3. 2. 4. Eksperiment 4 – novel environment test

Usporedbom podataka za vrijeme latencije do ulaska u nepoznati okoliš, Kruskal – Wallis test statistička analiza značajne razlike među podvrstama ( $\chi^2 = 9.0094$ ,  $df = 2$ ,  $p$ -vrijednost = 0,0111), a naknadna usporedba svake podvrste pokazala je značajno najviše vrijednost za podvrstu *M. m. musculus* u odnosu na *M. m. domesticus* i od *M. m. castaneus*

(p – vrijednost = 0,014 za obje podvrste u odnosu na *M. m. musculus*). Potonje nemaju značajne razlike (p-vrijednost = 0,973) (slika 15).

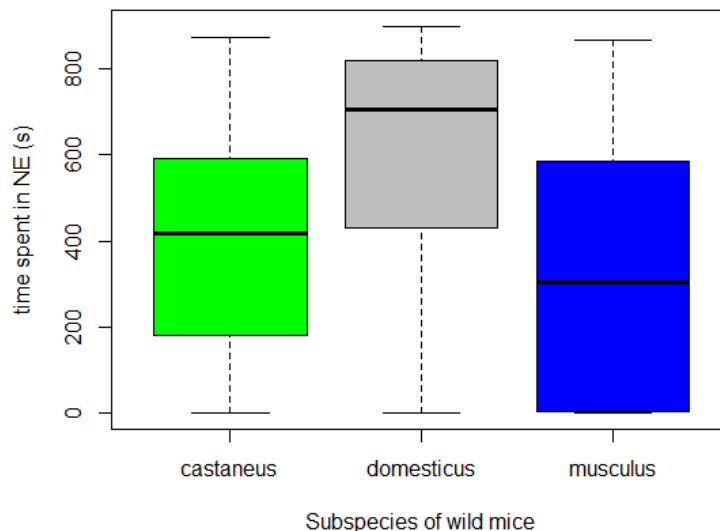
Razlike u broju ulazaka u nepoznat okoliš nisu značajne ( $\chi^2 = 5.5741$ , df = 2, p-vrijednost = 0,0616) (slika 16).

Kod vremena provedenog unutar nepoznatog okoliša, sve podvrste pokazuju razlike ( $\chi^2 = 20,413$ , df = 2, p-vrijednost = 3.693e-05), a *M. m. domesticus* odskače sa najviše provedenog vremena u nepoznatom okolišu te se značajno razlikuje od *M. m. castaneus* (p-vrijednost = 0,0006) i od *M. m. musculus* (p-vrijednost = 0,0002) koji ne pokazuju značajne razlike međusobno (p-vrijednost = 0,2174) (slika 17).



**Slika15.** Vrijeme latencije (u sekundama) do ulaska u nepoznat okoliš u triju testiranih podvrsta

**Slika16.** Broj ulazaka u nepoznati okoliš u triju testiranih podvrsta



**Slika 11.** Vrijeme (u sekundama) provedeno u nepoznatom okolišu u triju testiranih podvrsta

### 3. 3. Rasprava

Open field testom istraživači iz životinja “izvlače” najdublje instinkte. stoga ne čudi što će se u potencijalno opasnoj situaciji, miševi iz svih podvrsta ponašati isto – očito izbjegavati otvoren prostor središta. No s obzirom da su razlike u pretrčanoj udaljenosti značajno različite, strategije nošenja sa stresom su očigledno različite. Miševi podvrste *M. m. domesticus* imaju strategiju bijega trčanjem, dok će se ostali umiriti kako bi se, ukoliko bi se nalazili u svom prirodnom okolišu, „prikрили“.

Prema p vrijednostima, razlike u eksperimentima s elevated plus maze aparatom su značajne. Podvrsta *M. m. domesticus* se najviše razlikuje od ostalih, no budući da je aparat i na tamnim i na svijetlim „krakovima“ imao postavljene zidove koji su sprječavali životinje od bijega, zbog tigmotaksije su se one vjerojatno osjećale sigurno tijekom čitavog izvođenja eksperimenta. Nedavna istraživanja dokazuju da određeni aspekti otvorenih krakova uzrokuju takvo izraženo izbjegavanje, a sistematične su studije pokazale da će razlike u visini zidova kod otvorenih krakova utjecati na količinu istraživanja otvorenog kraka – što su zidovi viši, to je više istraživanja (Lilley, Kuczaj and Yeater, 2017). Strogo izbjegavanje otvorenih krakova poklapa se s općim znanjem da ti dijelovi uzrokuju jače izražavanje straha nego zatvoreni kraci (Lilley, Kuczaj and Yeater, 2017), no u ovom konkretnom slučaju model nije primjenjiv. Zaključak je autora, budući da se ponašanje životinja vrste *M. m. musculus* kosi sa ranijim eksperimentima, ovaj test zbog prozirnih zidova na otvorenim krakovima zacijelo nije indikativan ili relevantan.

U testiranju reakcije životinja na nepoznati predmet, tri varijable opisuju različite aspekte ponašanja. Vrijeme potrebno za prilazak nepoznatom predmetu vjerojatno odražava strah od nepoznatog (odnosno „neofobiju“). Kad je podražaj nov, životinja izražava neofobiju jer je nepoznata stvar potencijalna prijetnja za život. Ulaganje energije u oprez i strahovanje od nepoznatih predmeta esencijalan je za preživljavanje, no ukoliko je situacija neopasna to bi se vrijeme i energija mogli utrošiti na traženje hrane ili partnera, dakle neofobija „košta“ (Crane i Ferrari, 2017). Nakon što je predmet dotaknut, kod miša se pojavljuje nova komponenta temperamenta, vjerojatno znatiželja zbog izostanka straha odnosno negativnog događaja.

Podvrsta *M. m. musculus* pokazuje najizraženiju neofobiju i najmanji interes za nepoznatim objektima te najduže vrijeme za prilazak predmetu. Neofobične vrste imaju nižu vjerojatnost za istraživanje novih resursa i širenje niša.

Dokaz ove hipoteze su eurivalentne vrste koje pokazuju manje razine neofobije, nego stenovalentne (Crane i Ferrari, 2017). Populacije *M. musculus domesticus* pokazuju najviše interesa i znatiželje prema neistraženim predmetima. U ovom slučaju *M. m. musculus* se ponaša poput stenovalentne vrste/specijalista – ima malu prilagođenost ekološkim čimbenicima, a *M. m. domesticus* poput eurivalentne vrste/generalista - ima široku prilagođenost ekološkim čimbenicima.

Kod testa s potpuno nepoznatim okolišem, *Mus musculus musculus* pokazuje najviše znakova neofobije ili manjka znatiželje (najduže vrijeme potrebno do ulaska u novu okolinu), no nakon prvog, otprilike jednak broj ulazaka se dogodi kod svih podvrsta. Literatura radi jasnu razliku između pretrage okoliša i istraživačkog ponašanja. Iako bi oboma uzrok mogla biti dosada, nedostaje znanja o tome kako životinje traže i istražuju okoliš (Lilley, Kuczaj i Yeater, 2017).

Vrijeme provedeno unutar novog okoliša, za miševu populaciju *M. m. musculus* je izrazito kraće, što ih ponovno izdvaja kao najplašljiviju podvrstu, dok *Mus musculus domesticus* kroz najduže vrijeme provedeno u nepoznatom okolišu pokazuje najviše razine znatiželje. Kad su istom testu bili podvrgnuti štakori (*Rattus norvegicus L.*) vrijeme istraživanja i frekvencija prilaznja su opadale s vremenom – dakle podražaj je izgubio segment novoga (Berlyne, 2016). Prilikom izvođenja ovog eksperimenta, nekolicina životinja nikad nije pristupila nepoznatom kavezu, no zbog malog postotka istih, one nisu isključene iz statističke analize.

Sve ranije navedeno dokazuje da usprkos generacijama miševa koje su uzgojene u standardiziranim laboratorijskim uvjetima, životinjski instinkti opstaju i prenose se iz generacije u generaciju, a ponašanje životinja se itekako razlikuje s obzirom na porijeklo, ekologiju, staništa i drugo. Daljnja istraživanja su uvijek potrebna. Etologija, znanost koja nam polako daje uvid u uzroke i načine funkcioniranja životinja, zasad tek fragmentirano i sporo otkriva najdraža pitanja svih znanstvenika – kako i nadasve, zašto.

#### 4. LITERATURA

- Berlyne, D., 2016. Curiosity and Exploration. *Science, New Series*, 153(3731 (Jul. 1, 1966), pp.25-33.
- Crane, A. and Ferrari, M., 2017. Patterns of predator neophobia: a meta-analytic review. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1861), p.20170583.
- Dingemanse, N., Bouwman, K., van de Pol, M., van Overveld, T., Patrick, S., Matthysen, E. and Quinn, J., 2011. Variation in personality and behavioural plasticity across four populations of the great tit *Parus major*. *Journal of Animal Ecology*, 81(1), pp.116-126.
- Gould, T., Dao, D. and Kovacsics, C., 2009. The Open Field Test. *Neuromethods*, pp.1–20.
- Heyser, C. and Chemero, A., 2012. Novel object exploration in mice: Not all objects are created equal. *Behavioural Processes*, 89(3), pp.232-238.
- Hjp.znanje.hr. 2020. Hrvatski Jezični Portal. [online] Dostupno na <<http://hjp.znanje.hr/>> [preuzeto 24. lipnja 2020].
- Kardum, Goran 2020. *Psihologija Odgoja i Obrazovanja*. 1st ed. Split:. Dostupno na: <https://bookdown.org/gkardum/poo/> [preuzeto 22.07.2020].
- Komada, M., Takao, K., & Miyakawa, T. (2008). Elevated Plus Maze for Mice. *Journal of Visualized Experiments*, (22). doi:10.3791/1088)
- Lilley, M., Kuczaj, S. and Yeater, D., 2017. Individual Differences in Nonhuman Animals: Examining Boredom, Curiosity, and Creativity. *Personality in Nonhuman Animals*, pp.257-275.
- Lzmk.hr. 2020. Leksikografski Zavod Miroslav Krleža. [online] dostuno na: <<https://www.lzmk.hr/>> [preuzeto 20. lipnja 2020].
- Pavlica, M., 2020. Mrežni Udžbenik Iz Genetike, Prof. Dr. Sc. Mirjana Pavlica. [online] [Genetika.biol.pmf.unizg.hr](http://www.genetika.biol.pmf.unizg.hr). Dostupno na: <<http://www.genetika.biol.pmf.unizg.hr/>> [preuzeto 22.07.2020].
- Réale, D., Reader, S., Sol, D., McDougall, P. and Dingemanse, N., 2007. Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological Reviews*, 82(2), pp.291-318.

- Réale, Denis; and Dingemanse, Niels J (July 2012) *Animal Personality*. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. DOI: 10.1002/9780470015902.a0023570
- Team, R. C. (2017). *R: A Language and Environment for Statistical Computing (Version 3.4.3)*: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <http://www.R-project.org/>
- Vrbanec, Matijevic, Guenther in publication process. Evolution of problem-solving as an adaptation to a man-made environment
- Xue, B. and Leibler, S., 2018. Benefits of phenotypic plasticity for population growth in varying environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(50), pp.12745-12750.



## 5. SAŽETAK

Proučavanje ponašanja životinja mlada je znanstvena grana, te se još uvijek istražuju mehanizmi koji dovode do različitih reakcija jedinki na iste ili slične okolišne uvjete. Ovaj rad sumira terminologiju o temperamentu i osobnosti, predstavlja četiri često korištena bihevioralna testa te prezentira metode i rezultate višemjesečnih istraživanja na tri podvrste kućnih miševa (*Mus musculus*). Kako bismo testirali razlike između podvrsta, miševe smo podvrgnuli standardiziranim testovima ponašanja, s idejom da će, s obzirom na svoju ekologiju i okolinu, te evolucijsku dužinu suživota s ljudima oni pokazati drugačije reakcije i temperament na tim testovima. Rezultati su pokazali da su podvrste miševa, usprkos dugom nizu generacija uzgojenih u laboratorijskim uvjetima, uistinu međusobno izuzetno različite te ostaje otkrivati i dalje produbljavati načine razvoja kompleksnih kralježnjaka – glodavaca, što će nam sigurno pomoći objasniti razvoj te ponašanje samih ljudi.

## 6. SUMMARY

The study of animal behavior is a young branch of science. The mechanisms that lead to different reactions of individuals to the same or similar environmental conditions are still being explored. This paper summarizes the terminology of temperament and personality, presents the four commonly used behavioral tests, and also presents methods and the results of research of the three subspecies of house mice (*Mus musculus*). To examine the differences between the subspecies, we subjected the mice to standardized behavioral tests, with the idea that they, given their ecology and environment, and the evolutionary length of coexistence with humans, would show different reactions and temperaments on these tests. The results showed that the subspecies of mice, despite a long series of generations bred in the laboratory, are indeed extremely different from each other, and it remains to discover and deepen the knowledge and the development of complex vertebrates - rodents, which will certainly help explain human development and behavior as well.