

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET**

Maja Damjanović

**RAZVOJ MANIPULACIJE PLIJENOM U
KUKURUZNE ZMIJE (*Elaphe guttata*, LINNAEUS 1766)**

Diplomski rad

Zagreb, 2010

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Opće značajke zmija.....	1
1.2. Zmije i njihova osjetila.....	2
1.3. O manipulaciji plijenom.....	3
1.3.1 Zmije i njihov plijen.....	3
1.3.1.1. Odnos predator/plijen.....	3
1.3.1.2. Tipovi predatorstva.....	3
1.3.1.3. Svladavanje plijena.....	4
1.3.2. Strategije manipulacije plijena.....	5
1.3.3. Ontogenetske razlike u taktikama svladavanja plijena.....	6
2. PORODICA COLUBRIDAE.....	7
2.1. Rod <i>Elaphe</i>	7
2.1.1. Kukuruzna zmija (<i>Elaphe guttata</i>).....	7
2.1.1.1. Filogenija.....	7
2.1.1.2. Ekologija.....	8
2.1.1.3. Morfometrija.....	8
2.1.1.4. Prehrana.....	9
3. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	10
4. MATERIJALI I METODE.....	11
4.1. Životinje.....	11
4.2. Održavanje životinja.....	11
4.3. Plijen i način prezentacije plijena.....	11
4.4. Mjerene odrednice.....	12
4.5. Statistička obrada rezultata.....	16
5. REZULTATI.....	17

5.1. Usporedba među mladim zmijama (utjecaj iskustva na hranjenje mladih zmija).....	17
5.1.1. Opis faktora.....	19
5.1.2. Analiza faktora.....	21
5.2. Usporedba mladih i odraslih zmija (usporedba različitosti svake skupine mladih zmija sa odraslim jedinkama).....	31
5.2.1. Opis faktora.....	33
5.2.2. Analiza faktora.....	35
6. RASPRAVA.....	62
7. ZAKLJUČAK.....	67
8. LITERATURA.....	68

Zahvale

Najtoplije se zahvaljujem dr. sc. Duji Lisičiću na stručnim savjetima, nesebičnoj pomoći, velikom entuzijazmu i susretljivosti koju mi je pružio pri izradi ovog rada.

Posebnu zahvalu upućujem dr. sc. Zoranu Tadiću, doc. za sveukupno mentorstvo, stručne savjete i susretljivost tijekom izrade diplomskog rada.

Veliko hvala svim mojim prijateljima i kolegama potpori, razumijevanju i pomoći, bez kojih studiranje ne bi bilo isto.

Najveće hvala mojim roditeljima koji su me strpljivo podržavali i uzdržavali kroz sve godine mog studija i koji su imali razumijevanja za sve probleme s kojima sam se susretala.

Ovaj rad, izrađen u Zavodu za animalnu fiziologiju Prirodoslovno – matematičkog fakulteta, pod vodstvom dr. sc. Zorana Tadića, doc., predan je na cjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja dipl. ing. biologije, smjer ekologija.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

ONTOGENIJA MANIPULACIJE PLIJENOM U KUKURUZNE ZMIJE (*Elaphe guttata*, LINNAEUS 1766)

Maja Damjanović

Rooseveltovej trg 6, Zagreb

Cilj ovog diplomskog rada bio je odrediti koliko brzo mlade zmijske napreduju u istraživanju plijena, napadu, manipulaciji plijenom prije i poslije gutanja. Također sam usporedbom svakog hranjenja mladih zmijske sa hranjenjem odraslih zmijske htjela otkriti koliko brzo zmijske napreduju u učenju. Pri izvođenju pokusa koristili samo trinaest mladih i šest odraslih zmijske. Prije svakog pokusa izmjerene su fizičke značajke zmijske, kako velikih tako i malih i to širina glave, dužina i masa zmijske. Svi podaci su obrađeni računalnim programom „Statistica 7“. Usporedba hranjenja mladih zmijske pokazuje da se iskustvo manipulacije plijenom mijenja i da mlade zmijske pokazuju određen stupanj učenja kako hranjenja prolaze, dok je usporedba hranjenja odraslih zmijske sa svih devet hranjenja mladih zmijske pokazala da se svako pojedino hranjenje mladih razlikuje od hranjenja odraslih zmijske, ali kroz koja vidimo da se mlade zmijske pokazuju napredak u manipulaciji plijenom. Ovo istraživanje je jedno od rijetkih na ovom području i po tome je značajno za daljnje proučavanje i bolje razumijevanje načina lova i razvoja mladih zmijske.

(68 stranica, 20 slika, 2 tablice, 9 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkom knjižnici

Ključne riječi: ontogenija, manipulacija, kukuruzna zmijske

Voditelj: Dr. sc. Zoran Tadić, doc.

Ocjenitelji: Dr. sc. Zoran Tadić, doc.

Dr. sc. Ivančica Ternjej, prof.

Dr. sc. Branka Pevalek – Kozlina, prof.

Rad prihvaćen:

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation thesis

ONTOGENY OF PREY MANIPULATION IN THE CORN SNAKE (*Elaphe guttata*, LINNAEUS 1766)

Maja Damjanović

Rooseveltova trg 6, Zagreb

The goal of this work was to determine how fast neonate snakes develop behaviours such as searching for prey, attack, and manipulation of prey before swallowing. Also, I wanted to see if neonate snakes learn the above mentioned behaviours by comparing the feeding of young snakes with the feeding of adults. In the experiments, we used 13 young and 6 adult snakes. Before each experiment, measurements of both juvenile and adult snakes were taken such as: Head width, body length and weight. The results show that young snakes learn hunting and killing techniques. Furthermore, the results show that, as young snakes become more experienced, their prey-subduing behavioural repertoire become similar to that of adult snakes.

(68 pages, 20 figures, 2 tables, 9 references, original in Croatian)

Thesis is deposited in Central biological library

Key words: ontogeny, manipulation, corn snake

Supervisor: Dr. Zoran Tadić, Asst. Prof.

Reviewers: Dr. Zoran Tadić, Asst. Prof.

Dr. Ivančica Ternjej, Asst. Prof.

Dr. Branka Pevalek – Kozlina, Asst. Prof

Thesis accepted:

1. UVOD

1.1. Opće značajke zmija

Više od 100 000 godina zmije obitavaju na zemlji, razvile su se od gušterolikih dinosaura tako da im se jako izdužilo tijelo, a noge im se reducirale. Danas zmije zauzimaju svoje mjesto unutar razreda Reptilia (gmazovi), reda Squamata (ljuskaši) i podreda Serpentes (zmije). Nastanjuju sve kontinente osim Antartike. Žive u vrlo različitim okolišima, od brdskih područja do slatkih voda i mora, pa sve do pustinja. Na dugačkom valjkastom tijelu razlikujemo glavu, trup i rep. Zmijino tijelo prekriveno je ljuskama. Koža u zmija je u izravnom kontaktu s tlom, pa zbog svoje specifične građe štiti zmiju od abrazija, ozljeda i dehidracije. Koža građena od ljusaka koje su sa strane i na gornjem dijelu tijela manje i tanje, rjeđe, a na donjem dijelu tijela koji je u doticaju sa tlom su deblje (Mattison, 1998). Mišići zmija su specifični, ne služe samo za pokretanje čitavoga tijela, već omogućuju i da zmija proguta čitav plijen. Skelet u zmija nije kompleksno građen upravo zbog činjenice da zmije nemaju ekstremitete. Zmije imaju 150 – 500 kralješnjaka, koji su čvrsto povezani i nepomični, osim repnih kralješnjaka. Kostí glave i zubi omogućuju da zmija proguta plijen puno veći od sebe. Te kosti imaju vrlo elastične ligamente, koji upravo omogućuju maksimalno „rastezanje“ glave (Pough, 2001). Respiratorni sustav sastoji se od dušnika, bronhija, pluća i zračnog tobolca. Kod nekih zmija zračni tobolac nastavlja se sve do repne regije, a kao hidrostatski organ ima funkciju regulacije tlaka u tjelesnim šupljinama. Pošto zmije nemaju dijafragmu, udisaj i izdisaj se odvija pomoću mišića u tijelu. Probavni sustav uključuje jednjak, želudac, tanko crijevo, kolon i žlijezde. Mišići jednjaka su slabo razvijeni, pa se hrana pokreće u želudac mišićima tijela. U tankom crijevu se odvija apsorpcija hranjivih tvari i transport hrane u debelo crijevo. Preko kloake ne izlazi samo feces, već i proizvodi mokraćnog i reproduktivnog sustava. Jetra, žučni mjehur i gušterača povezani su sa probavnim sustavom. Srce zmija je podijeljeno na dvije pretkljetke i jednu kljetku. Srce zmija je pokretno, i na taj način se zmije štite od oštećenja kada hrana prolazi jednjakom. Bubrezi u zmija su asimetrično smješteni, nemaju mokraćni mjehur, već se urin ureterima izlučuje direktno u kloaku. Spolne žlijezde i u ženke i u mužjaka su parne. Neke zmije su oviparne, a neke ovoviviparne.

1.2. Zmije i njihova osjetila

Zmije pri lovu koriste vidne, kemijske i mehaničke informacije. Najbitnije osjetilo u zmija su osjetilo mirisa i dodira. Nemaju pokretljiv očni kapak, ali posjeduju tzv. prozirnu opnu koja štiti oko. Upravo zbog toga očne kretnje u zmija su ograničene (Pough, 2001). Važnost vida mijenja se u odnosu na tip staništa. Ustanovljeno je da zmije koje žive na otvorenom imaju više osjetilnih stanica u mrežnici od onih koji žive npr. na tlu pokrivenom gustom vegetacijom. Pretpostavlja se da bi i arborealne zmije trebale imati veću moć razlučivanja zbog posebnosti njihova staništa. Osim navedenoga, zmije nemaju vanjsko ni srednje uho niti bubnjić. Imaju tzv. malu „ušnu košćicu“, pomoću koje detektiraju vibracije iz okoline i to preko zemlje. Vibracije iz zraka vrlo teško detektiraju i to samo one vrlo niskih frekvencija. Maksimalna osjetljivost zvuka nalazi se između 200 i 400 Hz s pragom od 35 dB zvučnog pritiska. Mehanoreceptori u tijelu, tzv. somatski sustav, primaju frekvencije između 50 i 100 Hz s pragom od 70 dB, i služe za primanje vibracija tla. Slušni i somatski sustav spojeni su, što znači da zmije ne razlikuju vibracije tla i zvučne valove. Smatra se da su slušne vibracije većinom manje bitne za ponašanje pri lovu. Zmije imaju dvije nosnice, ali za razliku od sisavaca ih ne koriste kao osjetilo mirisa. Umjesto toga koriste jezik kao osjetilni aparat mirisa. Posjeduju mali organ u gornjoj strani usta koji se naziva Jacobsonov organ (vomeronazalni organ), koji preko jezika prima sitne čestice iz okoline i na taj način detektira miris plijena ili predatora. Za razliku od sisavaca, jezik im ne služi kao osjetilo okusa, već isključivo kao osjetilo mirisa. Općenito se smatra da je vomeronazalni organ glavni izvor kemijskih informacija o okolini. Zmije za razliku od sisavaca imaju tzv. šesto čulo, odnosno osjetila topline. Toplinska osjetila nalaze se između nosnih otvora i očiju. Pomoću tih senzora zmije vide toplokrvne životinje, odnosno plijen, kao infracrveno zračenje. Toplinska osjetila nemaju sve zmije (de Cock Buning, 1983).

1.3. O manipulaciji plijenom

1.3.1. Zmije i njihov plijen

1.3.1.1. Odnos predator/plijen

Relativna veličina plijena utječe na odnos predatora i plijena. Neki predatori love plijen koji je nešto manji od njih, dok drugi predatori konzumiraju ogromne količine sitnog, ali vrlo brojnog plijena. Isto tako postoje predatori koji love plijen veći od sebe, ali ne prelaze kritični veličinski omjer (npr. lav nikada ne lovi odraslog slona). Neki predatori love u skupini, pa mogu svladati plijen i znatno krupniji od sebe. Zmije nadoknađuju nedostatak udova rastezljivim čeljustima koje im omogućavaju da progutaju veliki plijen u komadu. Predatori posjeduju brojna osjetila koja im pomažu u pronalaženju plijena. Zmije su, zbog posebnosti svoje anatomije, usvojile posebne oblike ponašanja. Zmije prvenstveno koriste snagu mišića ili otrov (Huey i Pianka, 1981).

1.3.1.2. Tipovi predatorstva

Postoje dva tipa predatorstva. Tzv SIW tip predatorstva i „foraging“ tip predatorstva. SIW, odnosno „sit and wait“, što u prijevodu znači sjediti i čekati odnosi se na predatore koji sjede i čekaju svoj plijen. Među zmijama možemo naći oba oblika predatorstva. Ovakvi oblici predatorstva su u koleraciji s velikim razlikama u ekologiji. Pretpostavlja se da predatori koji dan provode u potrazi za hranom pojedju puno više različitog plijena koji je rašireniji na nekom području, od onih predatora koji samo sjede i čekaju. No predatori koji sjede i čekaju pojedju više plijena koji je aktivan. Takav način prehrane ima utjecaj i na predatore koji vrebaju predatore, tj. zmije koje veći dio vremena provode u potrazi za hranom izloženije su napadima svojih predatora, od zmija koje vrijeme provode čekajući sakrivene u zasjedi (Huey i Pianka, 1981). Fiziologija, morfologija i opasnost od grabežljivaca uglavnom može ograničiti fleksibilnost predatora koji vrijeme provode u potrazi za hranom.

1.3.1.3. Svladavanje plijena

Zmije su kroz evoluciju razvile mnoge načine svladavanja plijena koje se mogu podijeliti na razne vrste konstrikcije i na ubrizgavanje otrova. Smatra se da su primitivne

zmije hvatale i svladavale plijen jednostavno snagom stiska čeljusti, kako to i danas čine neke zmije iz porodice Aniliidae, Typhlopidae i Leptotyphlopidae, ali i neke filogenetski naprednije zmije. Plijen se mora svladati kako bi se mogao progutati, a pritom je zmiji potrebno osigurati se od mogućih ozljeda koje bi joj plijen mogao nanijeti. Ovisno o veličini zmije, zmija će plijen odmah progutati ili će primijeniti neku od taktika svladavanja. Tako će novookočene zmije odmah početi gutati ni ne pokušavajući primijeniti neku od tehnika svladavanja, na pr. bez da im ubrizgaju otrov, već će ih eventualno samo jako zagristi, (Hock, 1999). Također postoje i neke druge razlike koje se odnose na određene značajke plijena. Stezanje (konstrukcija) se može podijeliti na nekoliko različitih strategija. Pritiskanje plijena o podlogu naziva se tehnika kada zmija svojim tijelom jednostavno stisne plijen o podlogu držeći ga istovremeno ustima. Omatanje u obliku ukosnice tehnika je kada zmija stisne plijen tijelom, ali tako da se dijelovi njezina tijela ne preklapaju, tj. ne okružuje plijen tijelom u potpunosti. Pravom konstrukcijom smatra se potpuno obmatanje plijena u obliku uzvojnice, koje opet možemo podijeliti nekoliko vrsta. Zmijska anatomija ograničava broj načina na koji se životinja može omotati oko plijena. Ni jedna vrsta ne može napraviti krug tijelom dovoljno mala promjera ako bi se dorzalna ili ventralna strana njezina plijena nalazila okrenuta prema plijenu, iako je kod nekih pitona opaženo da im je u, doduše samo prvom, zavoju tijelo okrenuto prema plijenu. Zmija se može omotati oko plijena tako da ga stišće lateralno i to tako da joj se ventralna strana nalazi okrenuta prema glavi, što je slučaj kod udava i pitona (porodice Boidae i Pythonidae), ili da joj dorzalna strana bude okrenuta prema glavi kao kod većine guževa (porodica Colubridae). Postoji također i mogućnost nepravilne zavojnice gdje nema određene lateralne strane koja je stalno u kontaktu sa plijenom, a zavoji se mogu preklapati, što se pojavljuje kod nekih guževa. Zmije porodica Boidae i Pythonidae pravi su konstriktori koji uvijek pokušavaju napraviti pravilnu zavojnicu i kod relativno malog plijena, pa čak i ako je plijen prezentiran mrtav. Nakon početnog ugriza zmija pokušava plijen privući sebi, ukoliko nije prevelik. Zmija se obično pokušava i „usidriti“ obuhvaćajući repom neki čvrsti predmet, te obično zadržava svoj početni ugriz sve do završetka napada. Guževi su skupina u kojoj postoje mnoge razlike u veličini i obliku te načinu života, pa stoga ne čudi velika raznolikost u načinu svladavanja plijena. U guževa prisutne su sve gore navedene tehnike stezanja, a neke vrste se u lovu koriste i otrovom. Razlike u strategiji, tj. razlozi zašto neka zmija koristi baš određenu vrstu stezanja nisu do kraja poznata. Postoje naznake da način lova ili vrsta plijena utječu na metodu svladavanja plijena, pa tako arborealne zmije većinom love iz zasjede, usidruju repove i koriste pravilne zavojnice, dok zmije koje aktivno love na tlu većinom ne usidruju rep, aktivno traže i napadaju plijen te pri tom obično ne koriste samo

jednu tehniku. Smatra se i da u slučaju da je plijen životinja promjenjive tjelesne temperature za stezanje više služi samo za pridržavanje nego za ubijanje, budući da takve životinje dugo ostaju žive unatoč stisku, vjerojatno zbog sporijeg metabolizma. Postoje naznake da vrsta staništa također ima ulogu u odabiru vrste stezanja pri napadu na plijen, pa tako je u vrsta koje love u skućenim prostorima, poput jazbina, prisutno nepravilno i promjenjivo ponašanje pri svladavanju plijena (Willard, 1977). Otrov zmijama služi kao sredstvo za svladavanje plijena. Stvara se u dvije žlijezde i istiskuje u plijen ili neprijatelja kroz šuplje zube. Otravne žlijezde su se razvile iz žlijezda slinovnica. Izlučeni otrov se slijeva u žljezdane cjevčice gdje se onda zadržava. Ne postoji nikakva posebna struktura za čuvanje otrova. Otravni zubi su dulji od ostalih zubi i imaju utor koji je ili vrlo dubok ili je srastao u cijev, a koji omogućava izlazak otrova prilikom napada (Pough, 2001).

1.3.2. Strategije manipulacije plijena

Evolucijski stečena odsutnost udova postavila je nove probleme u mnogim segmentima života i uvjetovala daljnje prilagođavanje, poput izduživanja i smanjivanja promjera tijela za olakšavanje kretanja, što je napr. dalje uvjetovalo i poseban raspored tjelesnih organa. Prilagodbe su bile potrebne i kod hranjenja, tj. hvatanja i manipulacije plijenom, Zmije se, budući da nemaju udova, za manipulaciju i gutanje plijena služe pokretima tijela i pokretima kosti lubanje, posebno čeljusnim kostima (Greene, 1983). Budući da je za snažan ugriz potrebno imati čvrste spojeve između kostiju lubanje, zmije su žrtvovalе snagu ugriza povećanoj pokretnosti kranijalnih elemenata, koja im je pored olakšavanja gutanja, pružila i mogućnost sve većeg plijena. Tu valja također naglasiti i gubitak simfize između kosti donje čeljusti koja je naročito pogodovala povećanju promjera plijena koji je mogao biti pojeden (Pough, 2001).

1.3.3. Ontogenetske razlike u taktikama svladavanja plijena

Zmije jedu relativno veliki plijen u odnosu na svoju veličinu. Često izbjegavaju „premali“ plijen iz energetskih razlika (utrošeno vrijeme i energija za lov). Iz tog razloga morali su razviti morfološke prilagodbe kao što su labavo povezana donja i gornja čeljust, nema sternuma (prsne kosti). Upravo zbog te veličine i dostupnosti plijena prehrana se može

razlikovati, i često se razlikuje, kod mladih i odraslih jedinki. Neke mlade zmije se primjerice hrane kukcima ili gušterima, a kao odrasle se uglavnom hrane većim plijenom bilo da su to mali sisavci, ptice, manje zmije i slično (Metha, 2008).

2. PORODICA COLUBRIDAE

2.1. Rod Elaphe

2.1.1. Kukuruzna zmija (*Elaphe guttata*)

2.1.1.1. Filogenija

Zmije na Zemlji postoje više od 100 milijuna godina. Fosilni ostaci pokazuju da su zmije evoluirale iz neke druge grupe gmazova tokom ranog perioda Krede, prije negdje oko 140 milijuna godina. Prvi gmazovi bili su jako različiti od današnjih zmija. Imali su čvrste okoštale lubanje bez otvora, sačuvanih za očne šupljine, bili su četveronožni, s četiri ispružene noge. Kasnije su se razvile druge vrste gmazova: kornjače, preci krokodila i dinosauri, gušteri, a tek onda zmije. Neki znanstvenici smatraju da su se zmije razvile od guštera, dok drugi smatraju da su se razvili neovisno jedan o drugome vjerojatno od zajedničkog pretka. Fosili zmija su relativno oskudni. Kostur zmija, u usporedbi sa kosturima drugih skupina gmazova, nježne je građe, pa njihovim fosilima mogu nedostajati mnogi kralješci, koji mogu biti razasuti ili uništeni. Najstariji fosili nađeni su u Sjevernoj Africi, a datiraju iz rane Krede, prije oko 140 milijuna godina, a pripadaju zmijama porodice Boidae. Moderne vrste zmija stare su oko 5 milijuna godina. Porodica Colubridae je najveća i najraznolikija porodica zmija. Ovoj porodici pripada 70% svih vrsta zmija na svijetu. Porodica Colubridae pokazuje iznimne prilagodbe na okoliš u kojem žive. Prvi fosili koje možemo pripisati porodici Colubridae prvi put se pojavljuju u donjem Oligocenu, prije oko 35 milijuna godina. Ubrzani razvoj ova porodica doživljava tokom Miocena (prije 5 do 25 milijuna godina), a do kraja tog perioda okoliš u kojem su prevladavale pretežno vrste koje su nalikovale današnjim boama, zamijenio je okoliš u kojem su prevladavale Colubridae, Viperidae i Elapidae. Odnosi između različitih rodova porodice Colubridae, slabo su izraženi i, u najmanju ruku kontroverzni. Rana klasifikacija se temelji na sličnosti u mjerenju obilježja, usne šupljine, oblika hemipenisa, itd (Pough, 2001). Primjena filogenetskih sustava i molekularnih metoda pomogla je da se razjasne odnosi između mnogo rodova unutra porodice Colubridae. Jedna od najpoznatijih zmija iz roda Elaphe je kukuruzna zmija (*Elaphe guttata*).

2.1.1.2. Ekologija

Kukuruzna zmija potječe iz jugoistočnih dijelova SAD – a. Jedna je od najčešće uzgajanih vrsta i nalazimo je u terarijima širom svijeta. Ova vrsta je poznata po tome što se veoma brzo može prilagoditi novom staništu, ako je klima pogodna i ima dovoljno plijena. Kukuruzne zmije su polu-fosorijalne vrste, a javljaju se u suhim, kao i relativno vlažnim ekosistemima. Većinu vremena provode skrivene ispod površinskog sloja zemlje, kamenja ili dupljama drveta. Poznato je da koriste podzemne hodnike koje su napravile druge životinje. Iako se radi prvenstveno o fosorijalnoj vrsti, postoje zapisi u kojima je viđena i u krošnjama drveća. Najaktivnija je noću, ali i u zoru i sumrak. Razmnožavanje kukuruzne zmije odvija se u proljeće, od ožujka do svibnja. Oviparna ženka nese do 25 kožastih jaja elastične konzistencije oko 30 dana nakon parenja. Inkubacija traje oko 60 dana, kad iz jajeta izlazi zmija duga oko 10 cm. Spolno su zrele sa 18 – 36 mjeseci. Kukuruzna zmija je neotrovn, mirna vrsta (Schulz, 1996).

2.1.1.3. Morfometija

Kukuruzne zmije su vitke sa dužinom od 90 do 150 cm. Obično su obično narančaste ili smeđe-žute boje, s velikim crno-crvenim obrubljenim mrljama dolje u sredini leđa. Na trbuhu se izmjenjuju redovi crne i bijele boje. Značajne promjene javljaju se u obojenosti i uzorcima pojedinih zmija ovisno u regiji zemlje u kojoj se nalazi. Dakle veličina i intenzitet rasta ovise o lokalitetu, načinu hranjenja i uvjetima držanja. Najmanji predstavnici kukuruznih zmija su iz južne Floride i dosežu dužinu od 91,4 cm, dok zmije iz Srednje atlantskog područja dosežu dužinu i do 188 cm. Kukuruzne zmije žive od 20 – 25 godina, premda je bilo slučajeva gdje su doživjele i do 31 godinu (Schulz, 1996).

Slika.1. Kukuruzna zmija (*Elaphe guttata*), preuzeto sa www.swreptile.com



2.1.1.4. Prehrana

Kukuruzne zmije su neotrovne i plijen ubijaju konstrikcijom, što znači da guše plijen prije jela. One se obično ne hrane svaki dan, nego svakih nekoliko dana. Mladunci imaju tendenciju da se hrane gušterima i žabama sa stabla, dok se odrasle hrane većim plijenom kao što su miševi, štakori, ptice i šišmiši (Schulz, 1996).

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovih istraživanja bio je odrediti kako se razvija manipulacija plijenom u mladim kukuruznih zmija. Također sam usporedbom svakog hranjenja mladih zmija sa hranjenjem odraslih zmija htjela istražiti koliko brzo zmije napreduju u učenju.

4. MATERIJALI I METODE

4.1. Životinje

U pokusima su korištene mladunci i odrasle jedinke zmijske vrste kukuruza zmijske (Elaphe guttata). Uzorak se sastojao od trinaest mladih i 5 odraslih životinja među kojima su bile ženke i mužjaci u nepoznatom omjeru. Zmije korištene u pokusima uzgojene su na Zavodu za animalnu fiziologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. U vrijeme pokusa zmijske su bile stare oko tri tjedana. Pokusi su bili izvođeni od kolovoza 2009. do kolovoza 2010.

4.2. Održavanje životinja

Životinje su držane na Zavodu za animalnu fiziologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u plastičnim kavezima dimenzija 23x15x16 cm (mlade jedinke) i 37x21x28 (odrasle jedinke). U kavezima su se nalazile kućice za skrivanje, i staklena zdjelica za vodu, a dno kaveza bilo je prekriveno papirnatim ručnikom kod mladih zmijske ili novinskim papirom kod odraslih zmijske. Sve životinje su držane zasebno, u svom vlastitom kavezu. Temperatura u prostoriji iznosila je minimalno 21°C, a maksimalno 29°C. Osvjetljenje je pružala žarulja od 75W. Omjer duljine svjetla i tame bio je u skladu sa vanjskim promjenama svjetlosti i tame tijekom godine.

4.3. Plijen i način prezentacije plijena

Kao plijen služili su laboratorijski miševi (*Mus musculus*) soja CBA uzgojeni na Zavodu za animalnu fiziologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Dob plijena protezala se od netom okoćenih do sasvim odraslih životinja. Težina plijena je iznosila oko 30% težine zmijske. Plijen je davan u različitim intervalima prije i poslije zimskog sna. Prezentiran je pomoću pincete kroz otvoren kavez. Miševi su uvijek prezentirani živi. U

pokusu u kojem se željela proučiti ontogenija manipulacije plijenom, nakon prezentacije zmiji se živi miš spustio na dno kaveza. Pri tome su iz kaveza uklonjeni razni predmeti koji bi mogli prekriti miša i tako onemogućiti snimanje. Ako zmija nije krenula u napad neko vrijeme nakon prezentacije miša, izvršila se manipulacija mišem u obliku gurkanja sa pincetom, kako bi se izazvala reakcija. Zmija zatim ne bi više bila uznemiravana do završetka mjerenja. U slučaju da zmija nije pokazala interes za plijen (na pr. zmija je bila u fazi presvlačenja), ili je iz nekog razloga bila uznemirena, plijen bi im se oduzeo i nakon nekoliko dana prezentacija je ponovljena.

4.4. Mjerne odrednice

Prije svakog pokusa bilo je potrebno izmjeriti određene odrednice kod zmija i laboratorijskih miševa. Kod zmija se prije svakog pokusa mjerila širina glave, dužina tijela i masa, a kod miševa samo širina glave i masa. Svaka prezentacija kao i svaki pokus bili su snimani kamerom kako bi se kasnije snimke mogle pregledati i kako bi se moglo lakše kvantificirati ponašanje. Parametri koje sam htjela kvantificirati bili su:

1. Prezentacija: a) *diranje miša*

b) *reakcija zmije na pokret miša*

Kod same prezentacije htjela sam kvantificirati ponašanja zmije koja obuhvaćaju njenu reakciju na prezentirani plijen i to u obliku reagiranja na pokret ili reakciju neovisno o tome da li se plijen kretao. Bilježila sam i način prezentacije koju sam podijelila u dvije kategorije od kojih je prva bila samo spuštanje plijena bez manipulacije, a druga je bila spuštanje i manipulacija plijenom i to najčešće kako bi se izazvala reakcija.

2. Istraživanje plijena: a) *tip istraživanja miša*

b) *vremensko trajanje tipa istraživanja*

c) *broj palucanja*

d) *gurkanje miša nosom*

Tipove istraživanja podijelila sam na vizualno, olfaktorno, vizualno i olfaktorno, ali isto tako bilježila sam i ako istraživanja nije bilo, tj. ako je zmija odmah napala miša. Ako zmija tokom vremena istraživanja plijena nije palucala jezikom, to sam bilježila kao vizualno istraživanje. Ako je zmija tokom istraživanja mnogo puta palucala jezikom to sam bilježila kao olfaktorno istraživanje. A ako je zmija tokom istraživanja kratko palucala jezikom i zatim napala miša to smo bilježili kao vizualno i olfaktorno istraživanje. Bilo je naravno slučajeva kada je zmija gotovo odmah napala miša i to sam bilježila kao da istraživanja nije ni bilo. Sljedeće što sam htjela kvantificirati bilo je vremensko trajanje tipa istraživanja koje je obuhvaćalo vrijeme od početka istraživanja do samog napada. Tokom tog vremena istraživanja bilježila sam broj palucanja. Također smo bilježili gurkanje nosom kao još jedan oblik istraživanja.

3. Napad: a) *dio tijela koji zmija napada*

b) *da li se miš otima i koliko jako*

c) *da li zmija pokušava obuzdati miša i svojim tijelom*

d) *koliko vremena je prošlo od napada do pomaganja tijelom zmije*

e) *koliko je puta zmija napala*

f) *koliko vremena je prošlo od prvog do zadnjeg napada*

g) *da li se zmija omata oko plijena*

i) *da li postoji i drugo omatanje*

j) *vrijeme od napada do početka omatanja*

k) *koliko se puta zmija omotala oko miša*

l) *koji dijelovi tijela miša su omotani*

m) *vrijeme od početka do kraja omatanja*

n) *vrijeme od početka omatanja do otpuštanja miša iz usta*

Zbog njegove kompleksnosti samu kategoriju napada morala sam podijeliti na puno manjih potkategorija. Prvo što sam bilježila bilo je mjesto napada na mišu. Kako bi to mogla bilježiti, morala sam tijelo miša podijeliti na različite dijelove, glava, toraks, abdomen, stražnji dio tijela, vrat, prednje i stražnje noge i rep. Zatim sam motrila da li se miš otima. Samo otimanje podijelila smo na nekoliko kategorija, da li se miš otima jako, slabo ili se ne otima uopće. Kod odraslih jedinki zbog same brzine napada, miš se ne otima uopće. Bilježila sam i da li pri napadu zmiya pokušava obuzdati otimanje miša svojim tijelom i koliko je vremena prošlo od napada do pomaganja tijelom. Mjerila sam i koliko je puta zmiya napala istog miša te koliko je vremena prošlo od prvog do zadnjeg napada u slučaju da ih je bilo više od jednog. Bilježila sam da li se zmiya omata oko plijena i da li se omata jednom ili više puta, te koliko je vremena prošlo od napada do početka omatanja. Ponekad je vrijeme od napada do omatanja bilo unutar jedne sekunde pa je to vrijeme bilo 0. Također je bilo slučajeva kada se zmiya nije omatala oko miša već ga je odmah počela gutati. U tom slučaju sam neke kategorije morala preskočiti. Mjerila sam koliko se puta zmiya omotala oko miša i koji dijelovi miša su omotani. Tijelo miša podijelila sam na dijelove, glavu, toraks, abdomen i stražnjicu. Bilježila sam vrijeme od prvog do zadnjeg omatanja u slučajevima kada je omatanja bilo više, kao i vrijeme od početka omatanja do otpuštanja miša iz usta. Znalo se desiti da zmiya nije otpustila miša iz usta već je odmah počela sa gutanjem, što sam morala posebno zabilježiti.

4. Priprema za gutanje: a) *vrijeme od otpuštanja miša iz usta do prvog zagrizanja za gutanje*

b) *mjesto prvog zagrizanja na mišu*

c) *otpuštanje omotaja prije ili poslije prvog zagrizanja na mišu*

d) *vrijeme od prvog zagrizanja do otpuštanja omotaja*

e) *vrijeme od zadnjeg omotaja do početka gutanja*

f) *broj zagrizanja prije gutanja*

g) *vrijeme od prvog do zadnjeg zagrizanja*

h) *vrijeme od zadnjeg zagrizanja do početka gutanja*

Pripremu za gutanje sam također podijelila na nekoliko kategorija. Mjerila sam vrijeme od otpuštanja ugriza do prvog zagrizanja za gutanje kao i mjesto prvog zagrizanja na mišu. Tijelo miša sam podijelila na dijelove, i to glava, toraks, abdomen, stražnji dio tijela, prednja noga, stražnja noga i rep. Bilježila sam da li je zmija otpustila omotaj prije, poslije ili tokom prvog zagrizanja za gutanje. Unutar toga mjerila sam vrijeme od prvog zagrizanja do otpuštanja omotaja. Kako bi mogla razlikovati vremena pisala sam minus ako je zmija otpustila miša prije prvog zagrizanja za gutanje ili plus ako je zmija otpustila miša poslije prvog zagrizanja na mišu. Mjerila sam vrijeme od zadnjeg omotaja do početka gutanja, kao i broj zagrizanja prije gutanja. Zatim sam mjerila vrijeme od prvog do zadnjeg zagrizanja, te vrijeme od zadnjeg zagrizanja do početka gutanja. Ovo zadnje se odnosi na vrijeme koliko je zmiji trebalo da se namjesti za gutanje. Isto tako ovo vrijeme je 0 ako zadnji zagrizanje prelazi u gutanje.

5. Gutanje: a) *mjesto početnog gutanja*

b) *vrijeme od pogrešnog gutanja do početka pravog gutanja*

c) *mjesto pravog gutanja*

d) *vrijeme gutanja (od početka pravog gutanja do nestanka miša)*

e) *pomaganje tijelom zmije pri gutanju*

f) *micanje zmije prilikom gutanja*

g) *vrijeme od nestanka miša do prvog palucanja*

Pod gutanjem bilježila sam mjesto početnog gutanja za što sam tijelo miša morala podijeliti na dijelove, i to glavu, toraks, abdomen i stražnji dio tijela. Mjerila sam vrijeme od početka pogrešnog gutanja do početka pravog gutanja, ali ponekad se desilo da zmija odmah počinje sa gutanjem. Bilježila sam mjesto pravog gutanja, gdje je tijelo miša bilo podijeljeno na dijelove, i to opet, glava, toraks, abdomen, stražnji dio tijela. Mjerila sam vrijeme gutanja i to od početka pravog gutanja do nestanka miša. Bilježila sam da li je postojalo pomaganje tijelom zmije prilikom gutanja, kao i to da li se zmija micala tokom gutanja. Posebno sam bilježila ako se zmija osim unazad micala i unaprijed. Bilježila sam vrijeme od nestanka miša do prvog palucanja. Prvi palucaj je bio dokaz da je zmija završila sa gutanjem.

4.5. Statistička obrada rezultata

Pripremila sam podatke za obradu koristeći faktorijalnu analizu Varimax Keiser - ovom normalizacijom. Za testiranje razlika među mladim zmijama koristila sam Mauchley test, koji je pokazao da podaci zadovoljavaju kriterij sfericiteta. Dalje sam podatke testirala ANOVA-om za zavisne uzorke. Koristila sam se i *tukey post hoc analizom*. Ispitivanje univarijatnom ANOVA-om pokazalo je značajni utjecaj različitosti među hranjenjima.

Za testiranje razlika između pojedinih hranjenja mladih zmija i hranjenja odraslih, koristila sam neparametrijsku metodu Mann-Whitney U test.

5. REZULTATI

5.1. Usporedba među mladim zmijama (utjecaj iskustva na hranjenje mladih zmija)

Reakcija na micanje miša nije uzeta u analizu jer je svaka zmija reagirala na micanje miša. Ovom analizom ispitala sam utjecaj iskustva na moguće promjene u ponašanjima vezanim za manipulaciju plijenom kod različitih iskustvenih skupina mladih zmija. Cilj analize je bio otkriti da li se iskustvo zmija u manipulaciji plijenom mijenja sa brojem hranjenja. Od svih parametara reakcija na micanje miša nije uzeta u analizu jer ne pokazuje različitosti među jedinkama (sve zmije su reagirale na micanje miša).

Faktorijalna analiza (FA) podataka za ponašanja povezana sa manipulacijom plijenom zadržala su devet faktora koji zajedno objašnjavaju 75% varijacije među podacima (Tablica 1).

Tablica 1. Izdvajanje faktora dobivenih faktorijalnom analizom i njihova korelacija sa mjerenim kategorijama ponašanja vezanih za manipulaciju plijenom (**masnim brojevima** su označene značajne korelacije).

	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eigenvalue	7.123	4.394	2.831	2.456	2.023	1.587	1.487	1.212	1.101
% objašnjena varijabilnosti	22,26	13.73	8.85	7.67	6.32	4.96	4.65	3.79	3.44
Diranje miša	-0.229	-0.007	-0.069	0.604	0.200	-0.112	-0.121	0.157	-0.086
Tip istraživanja miša	-0.176	0.103	-0.013	-0.085	0.028	-0.055	-0.176	0.087	0.801
Vremensko trajanje tipa istraživanja	-0.064	0.118	0.019	0.794	0.405	-0.061	0.075	-0.172	0.182
Broj palucaja	-0.041	0.068	0.084	0.519	0.452	-0.120	0.174	-0.219	0.435
Gurkanje nosom	-0.113	-0.102	0.054	0.781	-0.082	0.205	0.026	-0.010	-0.002
Dio tijela koji zmija napada	0.186	-0.061	0.029	-0.155	-0.038	0.015	0.723	-0.025	-0.063

Otimanje miša	0.048	-0.102	0.016	0.062	-0.098	-0.008	0.140	0.610	0.153
Pomaganje tijelom zmiје	0.130	-0.072	-0.137	-0.111	-0.783	-0.130	-0.060	0.114	0.042
Vrijeme od prvog do zadnjeg napada	0.071	-0.024	0.179	0.076	0.158	0.916	-0.032	-0.042	.042
Broj napada	0.110	0.086	0.011	-0.017	0.109	0.936	-0.047	-0.069	0.015
Vrijeme od napada do pomaganja	-0.020	0.060	0.151	0.195	0.856	0.159	-0.061	-0.011	0.032
Omatanje oko plijena	-0.858	0.032	0.114	0.285	-0.091	0.006	-0.087	-0.125	0.020
Vrijeme od prvog napada na plijen do početka omatanja oko njega	0.577	0.049	-0.098	-0.077	0.538	0.052	0.020	0.286	-0.042
Konačni broj omotaja	0.834	0.090	-0.057	-0.095	-0.001	0.119	0.156	0.045	0.049
Dijelovi tijela miša koji su omotani	0.884	-0.017	-0.073	-0.225	0.003	0.067	0.135	0.063	0.066
Vrijeme od prvog omotaja do zadnjeg omotaja	0.796	0.069	-0.009	0.032	0.062	-0.052	-0.030	0.148	-0.240
Vrijeme od početka omatanja do otpuštanja miša iz usta	0.828	0.163	0.039	0.152	-0.185	0.093	0.002	-0.021	-0.098
Vrijeme od otpuštanja miša iz usta do prvog zagrizu za gutanje	0.703	0.157	0.033	0.137	-0.313	-0.016	-0.029	-0.304	0.013
Mjesto prvog zagrizu na mišu	-0.031	0.347	0.152	0.154	0.163	-0.064	0.707	0.268	0.131
Otpuštanje omotaja prije ili poslije prvog zagrizu za gutanje	0.847	-0.117	-0.055	-0.292	0.057	0.017	0.018	0.290	-0.061
Vrijeme od prvog zagrizu do otpuštanja omotaja	0.442	-0.056	0.092	-0.251	0.100	-0.073	-0.111	0.640	-0.045
Vrijeme od zadnjeg omotaja do početka gutanja	0.866	0.133	0.001	-0.032	-0.083	0.064	-0.024	-0.077	0.051
Broj zagrizu prije gutanja	0.048	0.843	-0.070	-0.031	0.068	0.074	0.178	-0.146	0.173
Vrijeme od prvog do zadnjeg zagrizu	0.118	0.880	-0.010	-0.075	0.042	0.045	0.040	-0.058	0.047
Vrijeme od zadnjeg zagrizu do početka gutanja	-0.094	0.022	0.873	-0.130	0.178	0.021	0.095	-0.117	0.021
Mjesto početnog gutanja	0.062	0.527	0.071	0.119	0.028	-0.122	0.614	0.347	0.027
Vrijeme od pogrešnog gutanja do početka pravog gutanja	0.160	0.776	0.343	0.114	0.063	-0.033	0.030	0.112	-0.062
Mjesto pravog gutanja	-0.021	0.271	0.035	0.054	-0.084	-0.125	0.470	0.622	-0.007
Vrijeme gutanja (vrijeme od početka zadnjeg gutanja do nestanka miša)	0.064	0.017	0.861	0.091	0.037	0.187	0.007	0.125	0.096
Pomaganje tijelom pri gutanju	-0.490	0.376	-0.091	0.442	-0.048	0.098	-0.151	0.117	-0.026
Micanje zmiје pri gutanju	0.058	0.052	0.107	0.189	-0.054	0.185	0.249	0.111	0.521
Vrijeme od nestanka miša do prvog palucanja	-0.147	0.111	0.931	0.040	0.051	-0.003	0.065	0.069	-0.024

5.1.1. Opis faktora

Faktor 1 - napad i priprema za gutanje

Faktor 1 prikazuje nam ponašanja vezana za napad i pripremu za gutanje, pri čemu su značajno pozitivno korelirani konačni broj omotaja, dijelovi tijela miša koji su omotani, vrijeme od prvog omotaja do zadnjeg omotaja, vrijeme od početka omatanja do otpuštanja miša iz usta, vrijeme od otpuštanja ugriza do prvog zagriža za gutanje, vrijeme od zadnjeg omotaja do početka gutanja i otpuštanje omotaja prije ili poslije prvog zagriža za gutanje, dok je ponašanje vezano za omatanje značajno negativno korelirano sa prvim faktorom.

Faktor 2 - priprema za gutanje i gutanje

Faktor 2 prikazuje nam ponašanja vezana za pripremu za gutanje i gutanje, pri čemu su značajno pozitivno korelirani broj zagriža prije gutanja, vrijeme od prvog do zadnjeg zagriža i vrijeme od pogrešnog gutanja do početka pravog gutanja.

Faktor 3 - priprema za gutanje i gutanje

Faktor 3 prikazuje nam ponašanja vezana za pripremu gutanje i gutanje, pri čemu su značajno pozitivno korelirani vrijeme od zadnjeg zagriža do početka gutanja, vrijeme gutanja i vrijeme od nestanka miša do prvog palucaja.

Faktor 4 - istraživanje plijena

Faktor 4 prikazuje nam ponašanja vezana za istraživanje plijena, pri čemu su značajno pozitivno korelirani gurkanje nosom i vremensko trajanje istraživanja.

Faktor 5 - napad

Faktor 5 prikazuje nam ponašanja vezana za napad, pri čemu su značajno pozitivno korelirani vrijeme od napada do pomaganja, dok je ponašanje vezano za pomaganje tijelom zmije značajno negativno korelirano sa petim faktorom.

Faktor 6 - napad

Faktor 6 prikazuje nam ponašanja vezana za napad, pri čemu su značajno pozitivno korelirani broj napada i vrijeme od prvog do zadnjeg napada.

Faktor 7 - napad

Faktor 7 prikazuje nam ponašanja vezana za napad, pri čemu su značajno pozitivno korelirani dio tijela miša koji zmija napada i mjesto prvog zagriža na mišu.

Faktor 8 – nema značajne koreliranosti

Faktor 8 prikazuje nam da nema ponašanja koja bi bila značajno pozitivno ili negativno korelirana sa osmim faktorom.

Faktor 9 - istraživanje

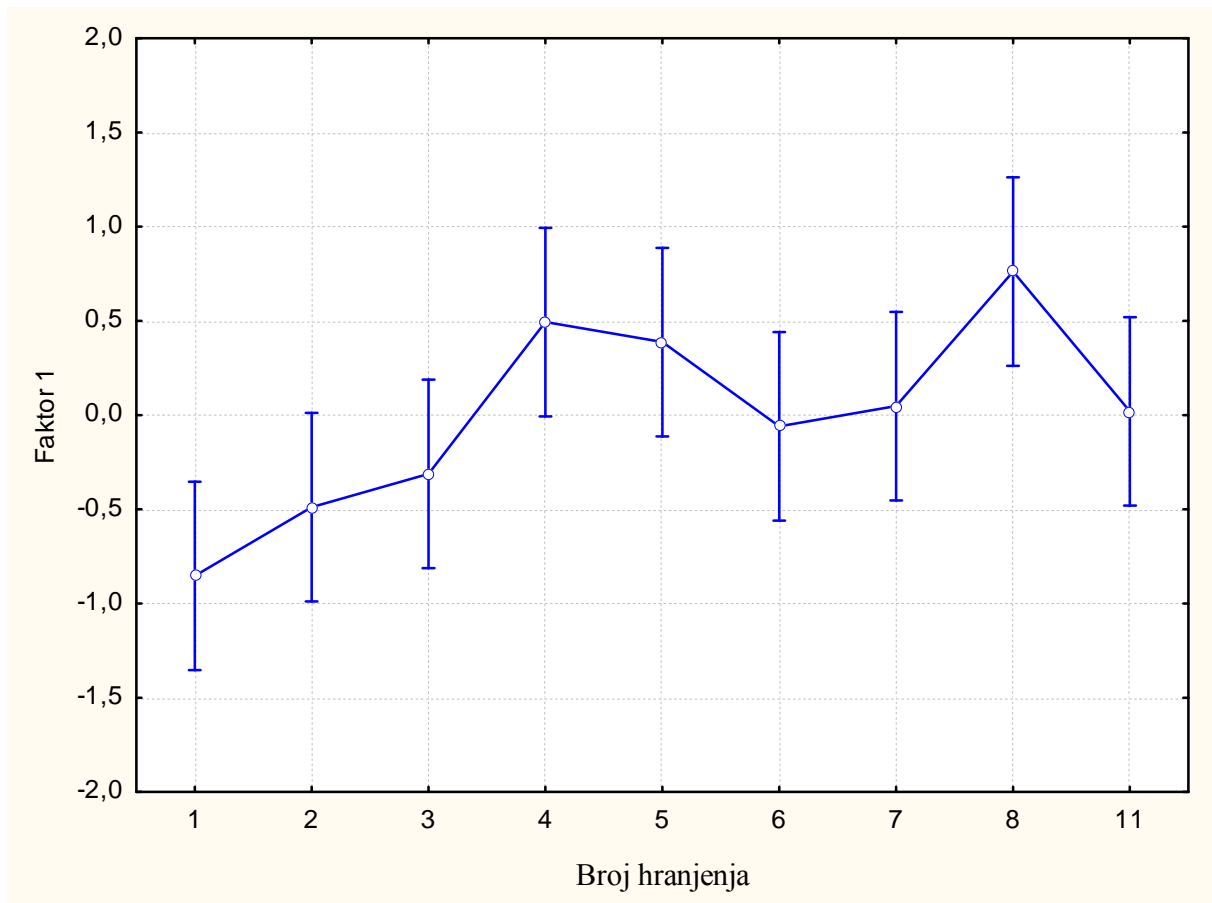
Faktor 9 prikazuje nam ponašanja vezana za istraživanje plijena, pri čemu je značajno pozitivno koreliran tip istraživanja.

5.1.2. Analiza faktora

Mauchley test je pokazao da podaci zadovoljavaju kriterij sfericiteta ($\chi^2_{35} = 10,971$, $P = 0,99$). Testiranje dobivenih rezultata testom analize varijance za zavisne uzorke pokazuje da postoje značajne razlike među pojedinim hranjenjima mladih zmija ($F_{64, 864} = 1,735$, $P = 0,0005$). Ispitivanje univarijantnim testom analize varijance pokazalo je značajni učinak različitosti među hranjenjima za faktor 1 (napad i priprema za gutanje) ($F_{8, 108} = 4,012$, $P = 0,0003$), 3 (priprema za gutanje i gutanje) ($F_{8, 108} = 2,042$, $P = 0,0480$), 4 (istraživanje plijena) ($F_{8, 108} = 3,176$, $P = 0,0028$) i 8 (nema ponašanja značajno pozitivno ili negativno korelirana sa faktorom 8) ($F_{8, 108} = 2,046$, $P = 0,0476$).

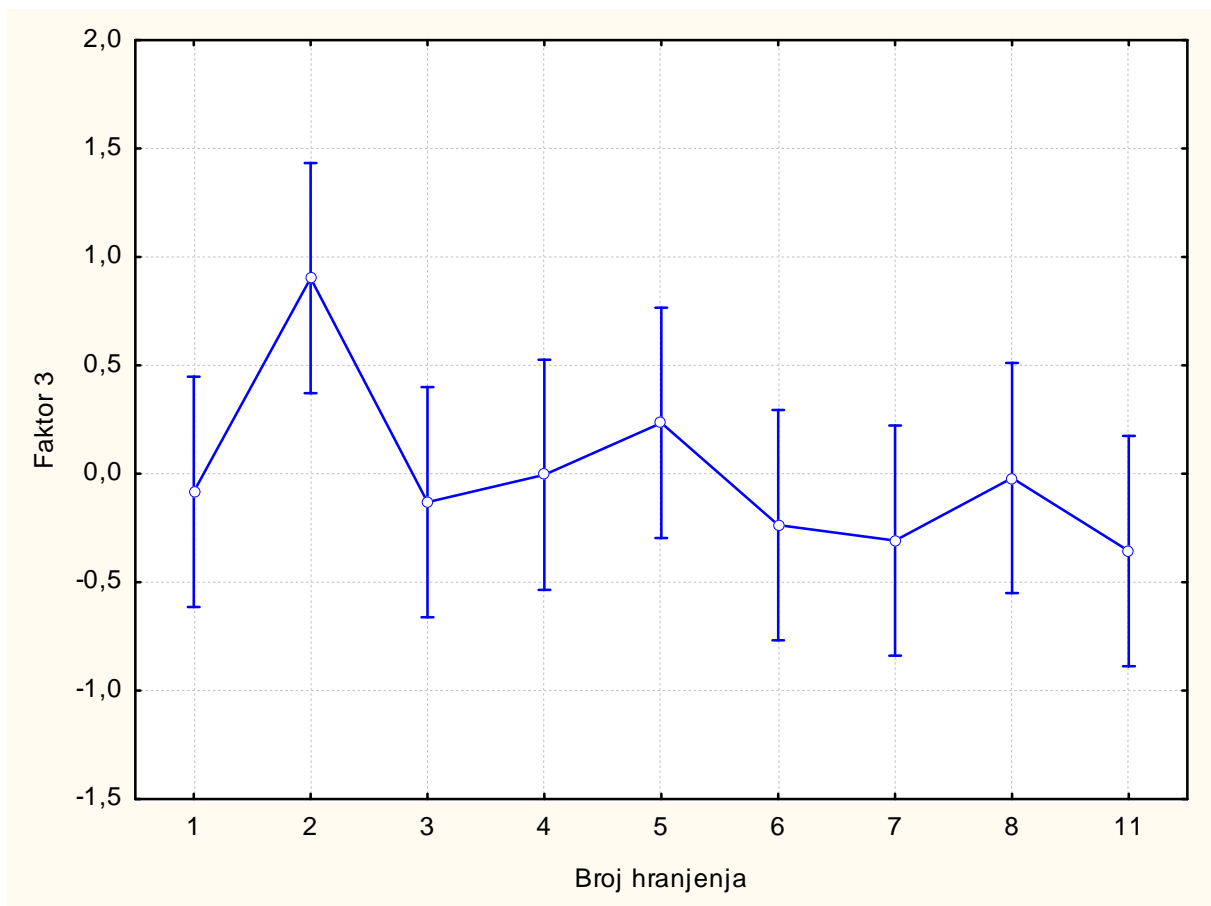
Faktor 1 (napad i priprema za gutanje): napad se u slučaju faktora 1 odnosi na konačni broj omotaja, dijelovi tijela miša koji su omotani, vrijeme od prvog do zadnjeg omotaja, vrijeme od početka omatanja do otpuštanja miša iz usta i samo omatanje. Priprema za gutanje u slučaju faktora 1 odnosi se na vrijeme od otpuštanja ugriza do prvog zagrizanja za gutanje, vrijeme od zadnjeg omotaja do početka gutanja i otpuštanje omotaja prije ili poslije prvog zagrizanja za gutanje. Ispitivanje univarijantnim testom analize varijance pokazalo je da ovaj faktor značajno odvaja različita hranjena. Konačni broj omotaja, dijelovi tijela miša koji su omotani, vrijeme od prvog do zadnjeg omotaja i vrijeme od početka omatanja do otpuštanja miša iz usta na početku pokazuju manje vrijednosti jer se zmije u prvim hranjenjima nisu omatale, već su odmah nakon napada počinjale sa gutanjem. Veći broj omotaja znači da je više dijelova tijela miša omotano i da će zmija prije usmrtiti svoj plijen, te da je vrijeme od prvog do zadnjeg omotaja veće. Omatanje je značajno negativno korelirano sa prvim faktorom, a odnosi se samo na njegovu prisutnost, odnosno odsutnost.

Slika.3. Odnos faktora 1 (napad i pripremu za gutanje) sa brojem hranjenja. 95% interval pouzdanosti.



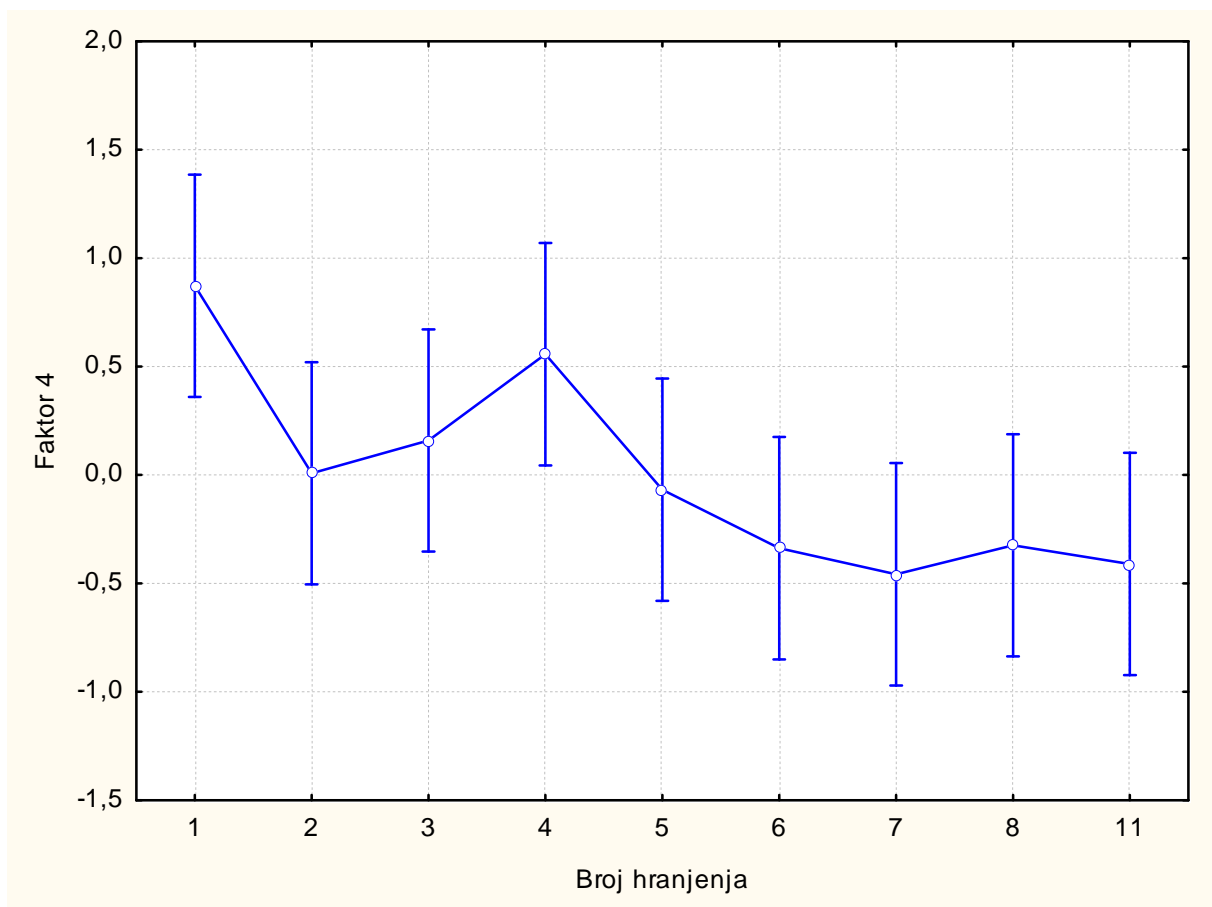
Faktor 3 (priprema za gutanje i gutanje): priprema za gutanje se u slučaju faktora 3 odnosi na vrijeme od zadnjeg zagriža do početka gutanja. Gutanje se u slučaju faktora 3 odnosi na vrijeme gutanja koje obuhvaća vrijeme od početka zadnjeg pokušaja gutanja do nestanka miša i vrijeme od nestanka miša do prvog palucanja. Ispitivanje univarijantnim testom analize varijance pokazalo je da ovaj faktor značajno odvaja različita hranjenja. Iz ove analize možemo zaključiti kako zmijama treba manje vremena da progutaju miša, kao i manje vremena da se oporave od gutanja.

Slika.4. Odnos faktora 3 (priprema za gutanje i gutanje) sa brojem hranjenja. 95% interval pouzdanosti.



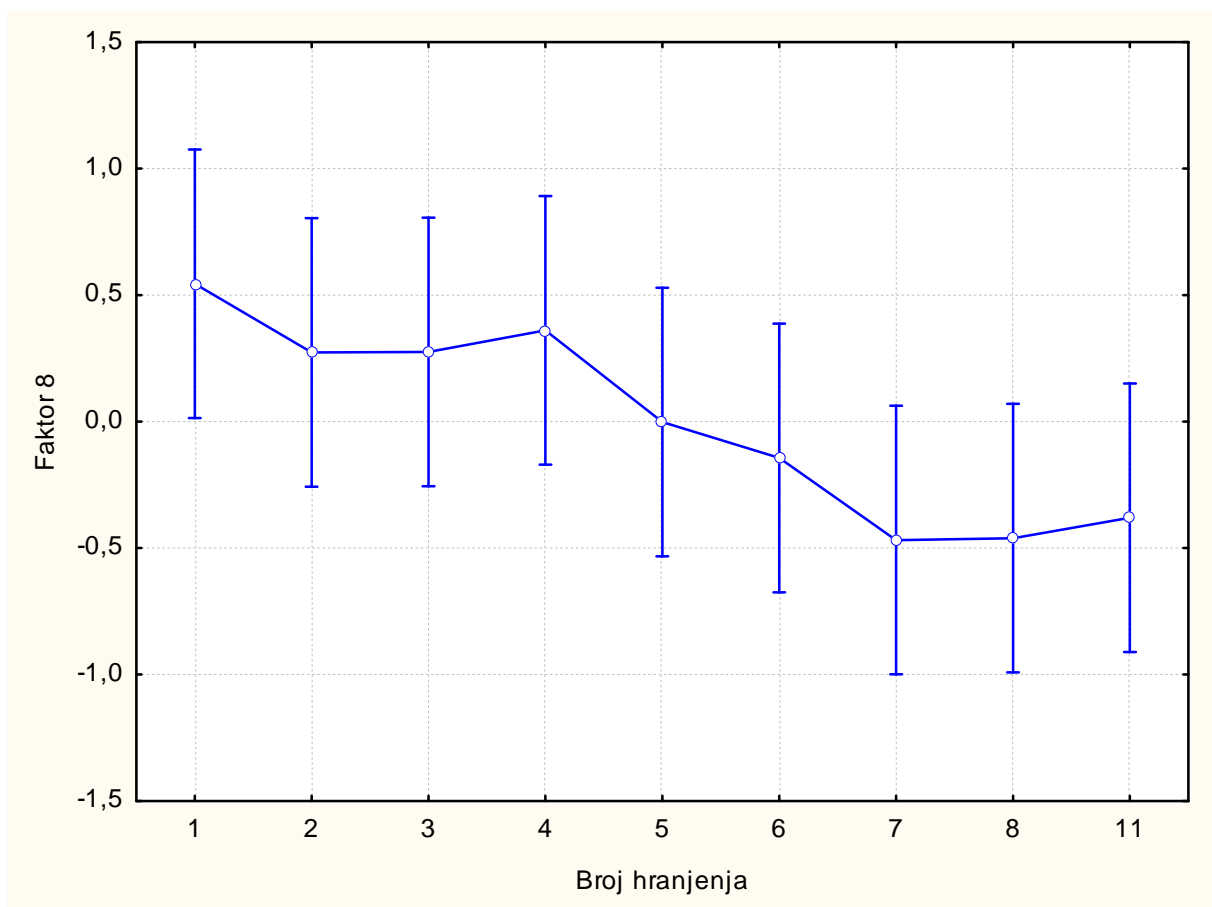
Faktor 4 (istraživanje plijena): istraživanje plijena se u slučaju faktora 4 odnosi se na gurkanje nosom i vremensko trajanje tipa istraživanja. Ispitivanje univarijantnim testom analize varijance pokazalo je da ovaj faktor značajno razdvaja različita hranjenja. Mlade i neiskusne zmiје troše više vremena na istraživanje plijena pa su na početku vrijednosti više, a kako hranjenja prolaze vrijednosti se smanjuju.

Slika.5. Odnos faktora 4 (istraživanje plijena) sa brojem hranjenja. 95% interval pouzdanosti.



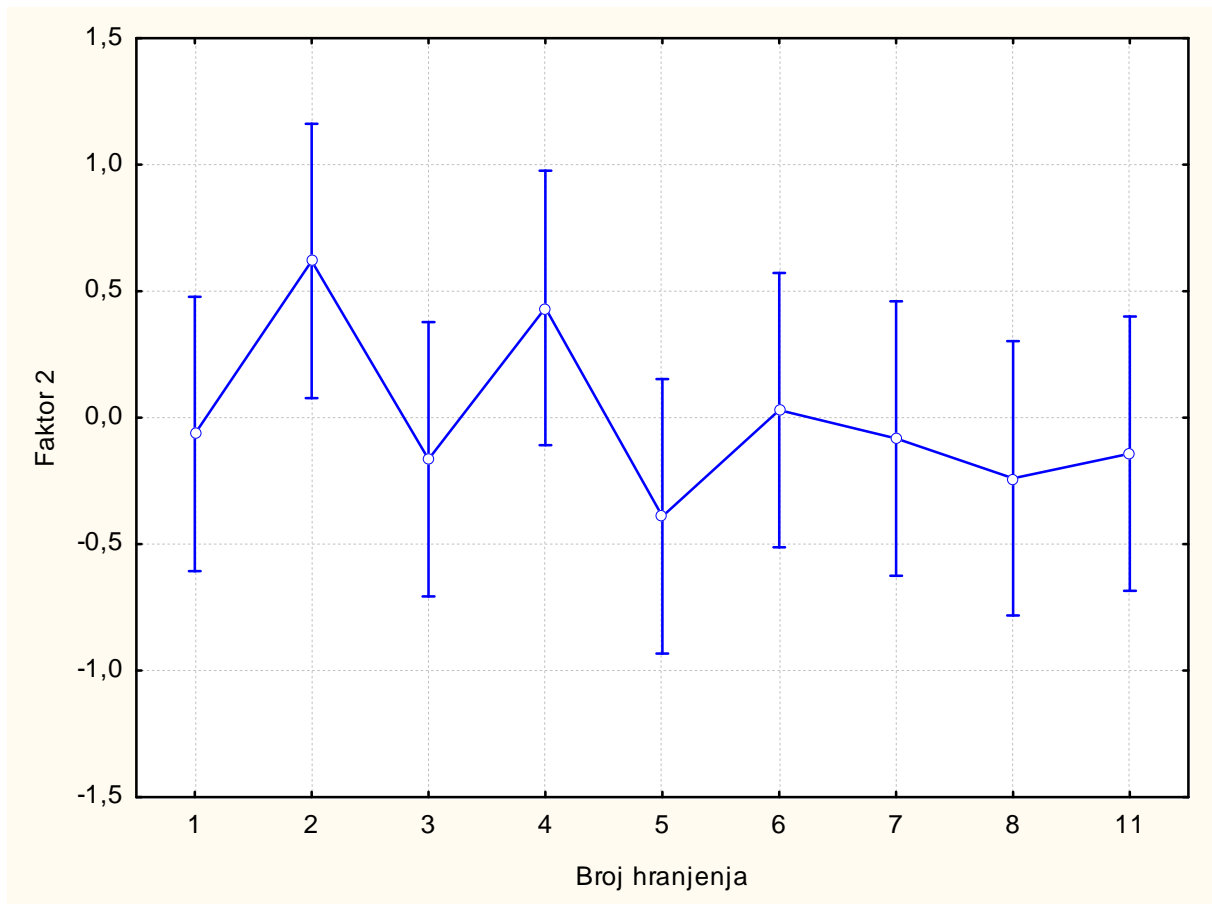
Faktor 8 (nije značajno koreliran): on ne ukazuje na ponašanja koja bi značajno korelirala sa njim, ali je ispitivanje univarijantnim testom analize varijance pokazalo je da ovaj faktor značajno razdvaja različita hranjenja. Vrijednosti za faktor 8 su blizu granice značajnosti i obuhvaćaju ponašanja vezana za napad (otimanje miša), pripremu za gutanje (vrijeme od prvog zagriža do otpuštanja omotaja) i gutanje (mjesto pravog gutanja). Ostale vrijednosti su gotovo dvostruko manje. Te se korelacije dobro uklapaju u postavljenu hipotezu.

Slika.6. Odnos faktora 8 (napad, priprema za gutanje, gutanje) sa brojem hranjenja. 95% interval pouzdanosti.

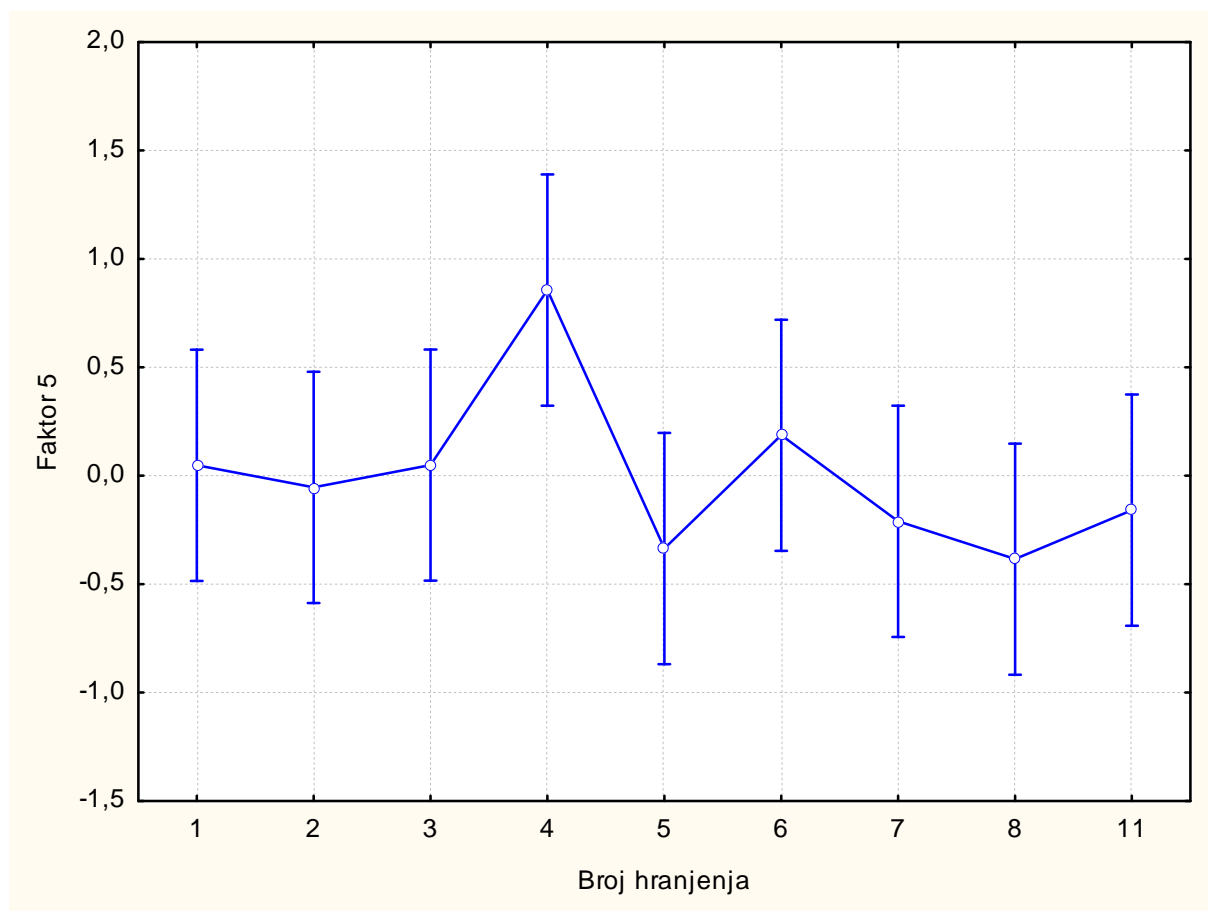


Ispitivanje testom univarijantne analize varijance pokazalo je da nema značajnog utjecaja različitosti među hranjenjima za faktor 2 (priprema za gutanje i gutanje), 5 (napad), 6 (napad), 7 (napad i priprema za gutanje) i 9 (istraživanje plijena).

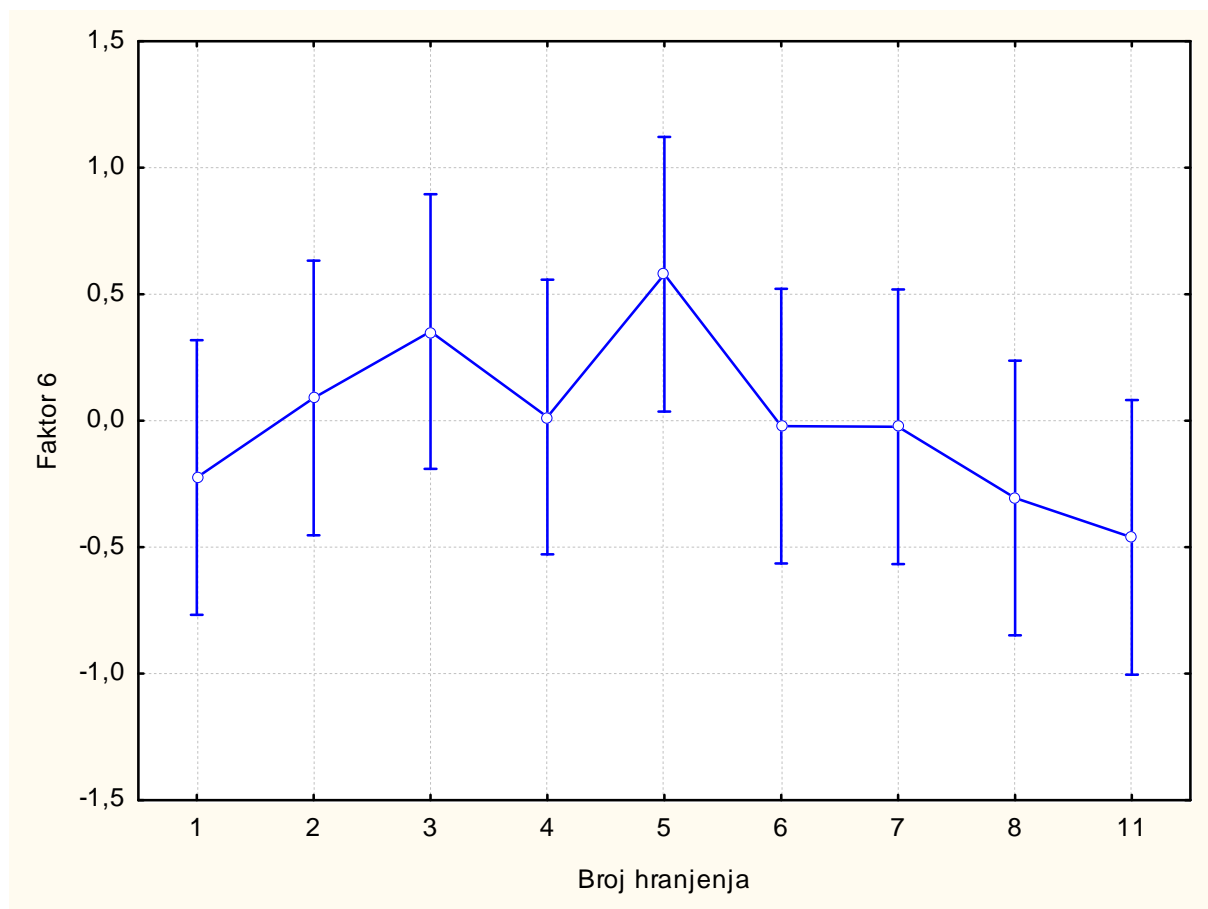
Slika.7. Odnos faktora 2 (priprema za gutanje, gutanje) sa brojem hranjenja. 95% interval pouzdanosti.



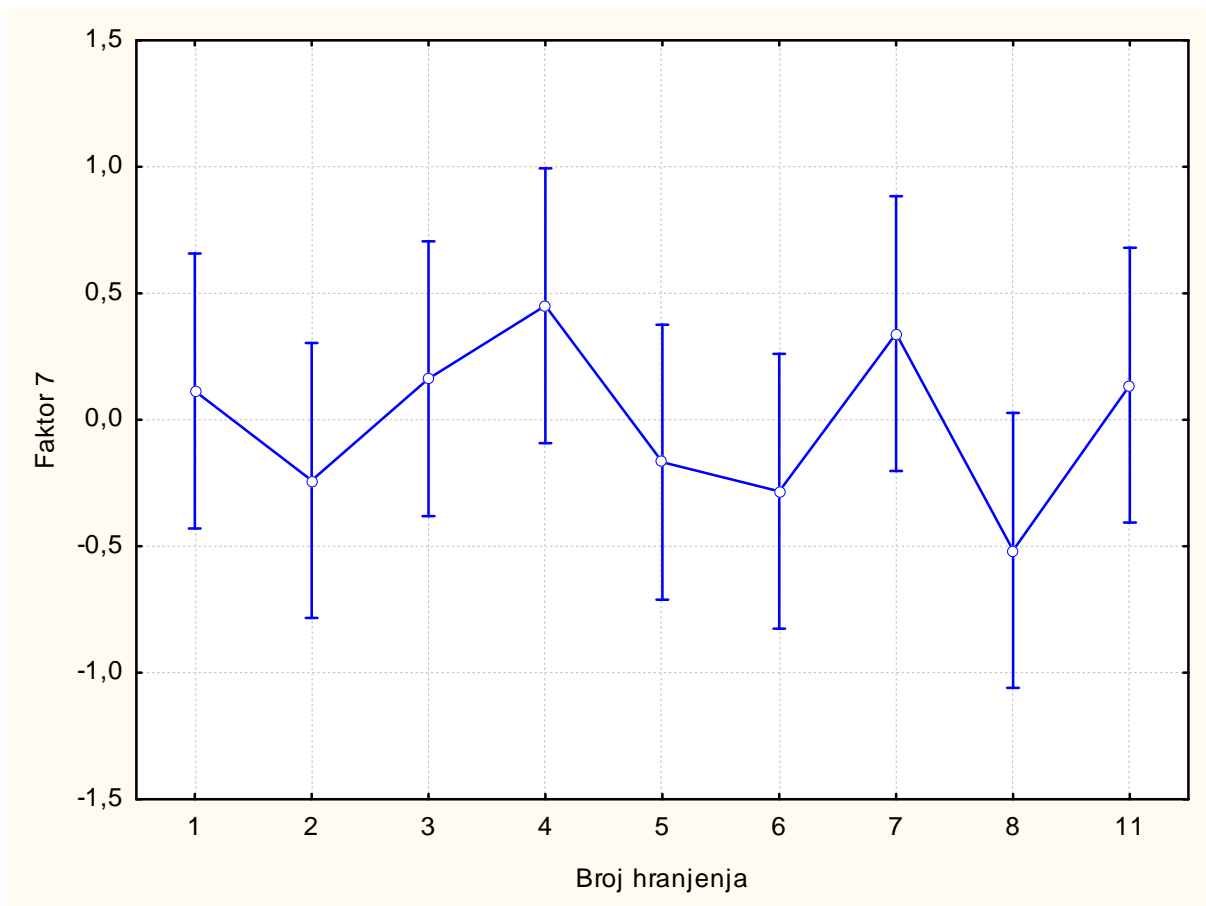
Slika.8. Odnos faktora 5 (napad) sa brojem hranjenja. 95% interval pouzdanosti.



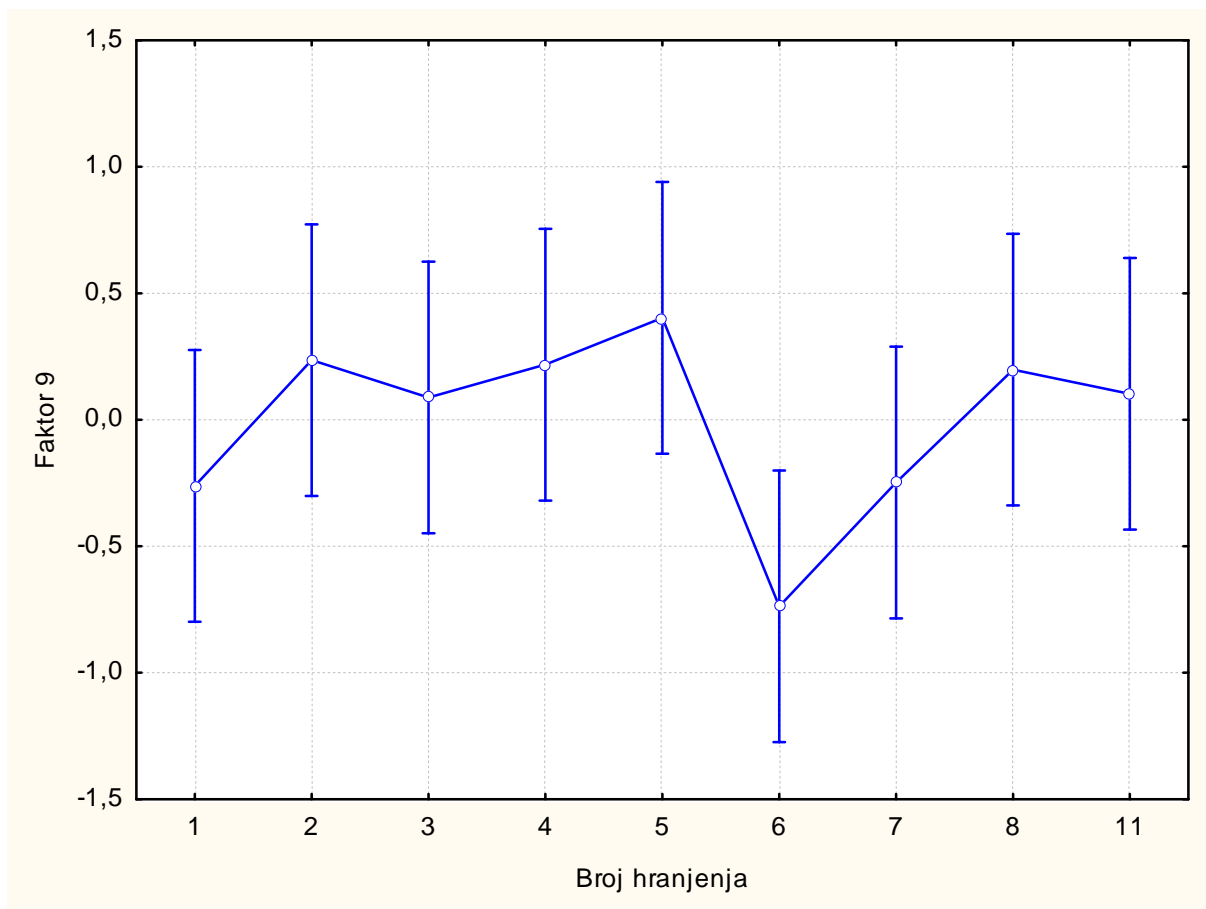
Slika.9. Odnos faktora 6 (napad) sa brojem hranjenja. 95% interval pouzdanosti.



Slika.10. Odnos faktora 7 (napad i priprema za gutanje) sa brojem hranjenja. 95% interval pouzdanosti.



Slika.11. Odnos faktora 9 (istraživanje plijena) sa brojem hranjenja. 95% interval pouzdanosti.



5.2. Usporedba mladih i odraslih zmija (usporedba različitosti svake skupine mladih zmija sa odraslim jedinkama)

Prilikom ove analize ispitala sam utjecaj iskustva na moguće promjene u ponašanjima vezanim za manipulaciju plijenom koje se pojavljuju između pojedinačne skupine mladih zmija (skupina koja uči) i odraslih zmija (iskusna skupina). Cilj analize je bio otkriti kako se i u kojoj mjeri razlikuju hranjenja mladih i odraslih zmija. Od svih parametara, reakcija na micanje miša nije uzeta u analizu jer ne pokazuje različitosti među jedinkama (sve zmije su reagirale na micanje miša).

Faktorijalna analiza podataka za ponašanja povezana sa manipulacijom plijenom zadržala su devet faktora koji zajedno objašnjavaju 75% varijacije među podacima (Tablica 1).

Tablica 2. Izdvajanje faktora dobivenih faktorijalnom analizom i njihova korelacija sa mjerenim kategorijama ponašanja vezanih za manipulaciju plijenom.

	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eigenvalue	6.896	4.548	2.781	2.404	2.001	1.568	1.495	1.220	1.127
% objašnjena varijabilnosti	21.55	14.21	8.69	7.51	6.26	4.90	4.67	3.81	3.52
Diranje miša	-0.226	0.002	-0.057	0.631	0.205	-0.051	-0.096	0.160	-0.089
Tip istraživanja miša	-0.175	0.114	-0.018	-0.082	0.019	-0.154	-0.070	0.070	0.779
Vremensko trajanje tipa istraživanja	-0.047	0.105	0.026	0.775	0.431	0.081	-0.057	-0.202	0.191
Broj palucaja	-0.025	.055	0.091	0.497	0.476	0.154	-0.114	-0.252	0.429
Gurkanje nosom	-0.097	-0.104	0.060	0.779	-0.059	0.038	0.206	-0.039	0.033
Dio tijela koji zmija napada	0.195	-0.102	0.035	-0.163	-0.030	0.674	0.034	-0.115	-0.088
Otimanje miša	0.028	-0.113	0.019	0.097	-0.108	0.266	0.003	0.548	0.139
Pomaganje tijelom zmije	0.133	-0.075	-0.144	-0.115	-0.784	-0.043	-0.144	0.073	0.052
Vrijeme od prvog do zadnjeg napada	0.071	-0.016	0.184	0.083	0.165	-0.044	0.914	-0.022	0.046
Broj napada	0.109	0.095	0.020	-0.001	0.116	-0.059	0.935	-0.033	0.017
Vrijeme od napada do pomaganja	-0.029	0.061	0.152	0.187	0.858	-0.043	0.162	0.013	0.016
Omatanje oko plijena	-0.833	0.046	0.127	0.330	-0.083	-0.071	0.024	-0.127	0.007
Vrijeme od prvog napada na plijen do	0.551	0.048	-0.097	-0.078	0.536	0.063	0.056	0.327	-0.038

početka omatanja oko njega									
Konačni broj omotaja	0.823	0.075	-0.071	-0.135	0.003	0.154	0.103	0.007	0.059
Dijelovi tijela miša koji su omotani	0.864	-0.025	-0.078	-0.243	0.007	0.116	0.063	0.067	0.067
Vrijeme od prvog omotaja do zadnjeg omotaja	0.789	0.060	-0.014	0.017	0.062	-0.012	-0.064	0.176	-0.217
Vrijeme od početka omatanja do otpuštanja miša iz usta	0.833	0.155	0.044	0.157	-0.168	0.009	0.096	0.011	-0.106
Vrijeme od otpuštanja miša iz usta do prvog zagrizu za gutanje	0.715	0.150	0.035	0.131	-0.287	-0.045	-0.009	-0.297	-0.031
Mjesto prvog zagrizu na mišu	-0.024	0.301	0.151	0.134	0.173	0.764	-0.049	0.140	0.148
Otpuštanje omotaja prije ili poslije prvog zagrizu za gutanje	.802	-0.095	-0.046	-0.269	0.060	0.016	0.026	0.395	-0.021
Vrijeme od prvog zagrizu do otpuštanja omotaja	0.372	-0.011	0.101	-0.157	0.087	-0.038	-0.044	0.743	0.004
Vrijeme od zadnjeg omotaja do početka gutanja	0.860	0.138	0.012	-0.014	-0.064	-0.026	0.081	-0.011	0.024
Broj zagrizu prije gutanja	0.061	0.814	-0.071	-0.046	0.077	0.197	0.071	-0.168	0.179
Vrijeme od prvog do zadnjeg zagrizu	0.120	0.880	-0.005	-0.058	0.044	0.083	0.050	-0.050	0.042
Vrijeme od zadnjeg zagrizu do početka gutanja	-0.090	0.019	0.876	-0.141	0.184	0.074	0.024	-0.114	0.017
Mjesto početnog gutanja	0.061	0.469	0.076	0.119	0.037	0.711	-0.105	0.232	0.039
Vrijeme od pogrešnog gutanja do početka pravog gutanja	0.158	0.769	0.344	0.130	0.062	0.100	-0.033	0.108	-0.051
Mjesto pravog gutanja	-0.034	0.226	0.032	0.068	-0.094	0.610	-0.114	0.506	0.009
Vrijeme gutanja (vrijeme od početka zadnjeg gutanja do nestanka miša)	0.056	0.020	0.855	0.099	0.042	0.032	0.189	0.133	0.105
Pomaganje tijelom pri gutanju	-0.475	0.376	-0.075	0.490	-0.041	-0.057	0.110	0.110	-0.033
Micanje zmijske pri gutanju	0.055	0.033	0.104	0.167	-0.048	0.223	0.179	0.085	0.558
Vrijeme od nestanka miša do prvog palucanja	-0.147	0.110	0.926	0.058	0.055	0.100	0.008	0.067	-0.021

5.2.1. Opis faktora

Faktor 1 – napad i priprema za gutanje

Faktor 1 prikazuje nam ponašanja vezana za napad i pripremu za gutanje, pri čemu su značajno pozitivno korelirani konačni broj omotaja, dijelovi tijela miša koji su omotani, vrijeme proteklo od prvog omotaja do zadnjeg omotaja, vrijeme od početka omatanja do otpuštanja miša iz usta, vrijeme od otpuštanja ugriza do prvog zagrizava za gutanje, vrijeme od zadnjeg omotaja do početka gutanja i otpuštanje omotaja prije ili poslije prvog zagrizava za gutanje, dok je ponašanje vezano za omatanje značajno negativno korelirano sa prvim faktorom.

Faktor 2 – priprema za gutanje i gutanje

Faktor 2 prikazuje nam ponašanja vezana za pripremu za gutanje i gutanje, pri čemu su značajno pozitivno korelirani broj zagrizava prije gutanja, vrijeme od prvog do zadnjeg zagrizava i vrijeme od pogrešnog gutanja do početka pravog gutanja.

Faktor 3 – priprema za gutanje i gutanje

Faktor 3 prikazuje nam ponašanja vezana za pripremu gutanje i gutanje, pri čemu su značajno pozitivno korelirani vrijeme od zadnjeg zagrizava do početka gutanja, vrijeme gutanja i vrijeme od nestanka miša do prvog palučaja.

Faktor 4 – istraživanje plijena

Faktor 4 prikazuje nam ponašanja vezana za istraživanje plijena, pri čemu su značajno pozitivno korelirani gurkanje nosom i vremensko trajanje istraživanja.

Faktor 5 – napad

Faktor 5 prikazuje nam ponašanja vezana za napad, pri čemu su značajno pozitivno korelirani vrijeme od napada do pomaganja tijelom zmijske, dok je ponašanje vezano za pomaganje tijelom zmijske značajno negativno korelirano sa petim faktorom.

Faktor 6 – priprema za gutanje i gutanje

Faktor 6 prikazuje nam ponašanja vezana za pripremu za gutanje i gutanje, pri čemu su značajno pozitivno korelirani mjesto početnog gutanja i mjesto prvog zagrizava na mišu.

Faktor 7 – napad

Faktor 7 prikazuje nam ponašanja vezana za napad, pri čemu su značajno pozitivno korelirani vrijeme od prvog do zadnjeg napada i broj napada.

Faktor 8 – priprema za gutanje

Faktor 8 prikazuje nam ponašanja vezana za pripremu za gutanje, pri čemu je značajno korelirano vrijeme od prvog zagriža do otpuštanja omotaja.

Faktor 9 – istraživanje plijena

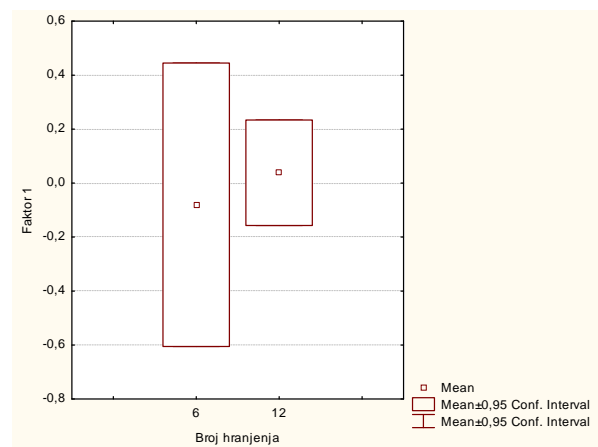
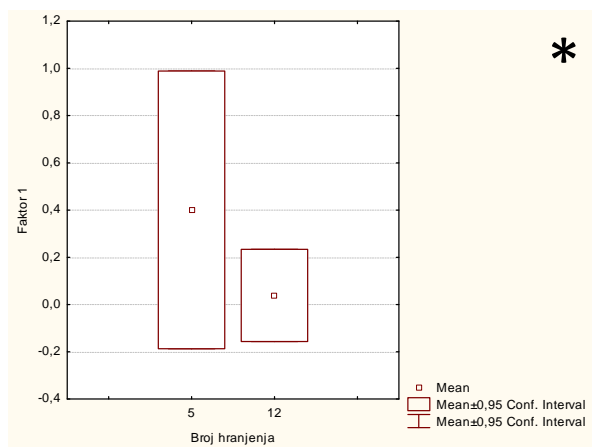
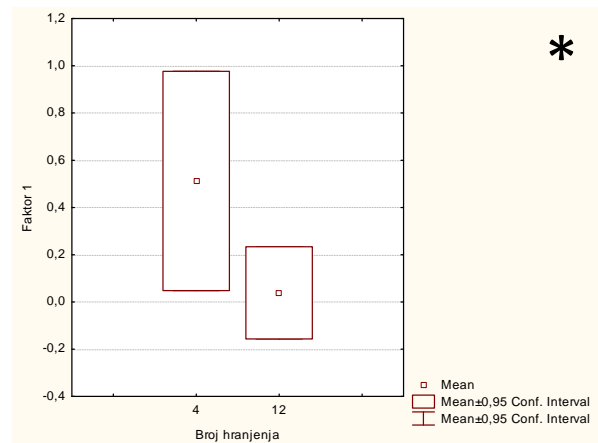
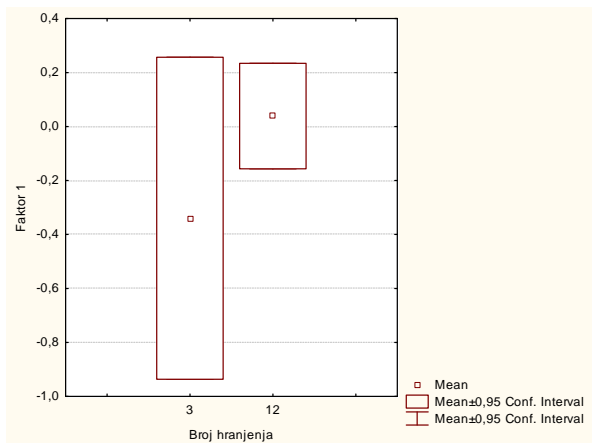
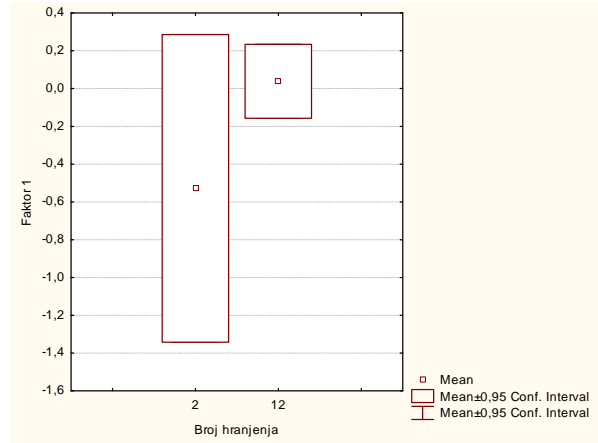
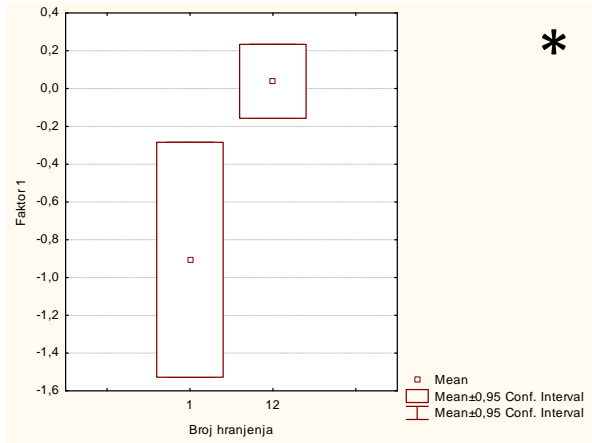
Faktor 9 prikazuje nam ponašanja vezana za istraživanje plijena, pri čemu je značajno pozitivno koreliran tip istraživanja.

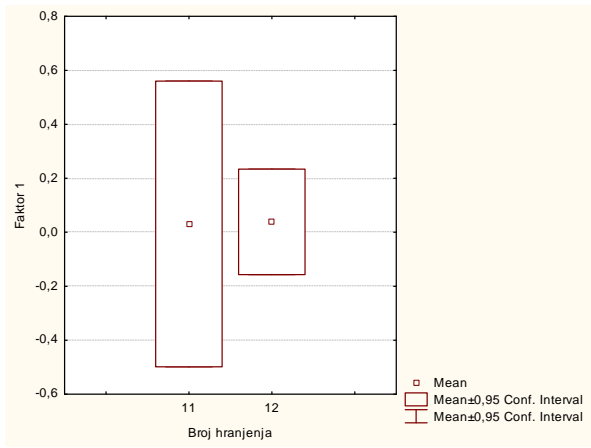
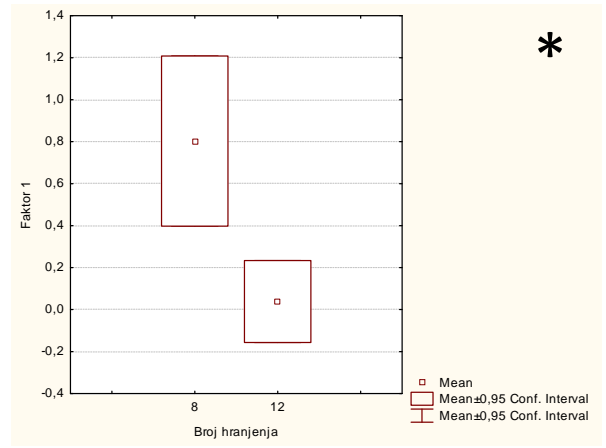
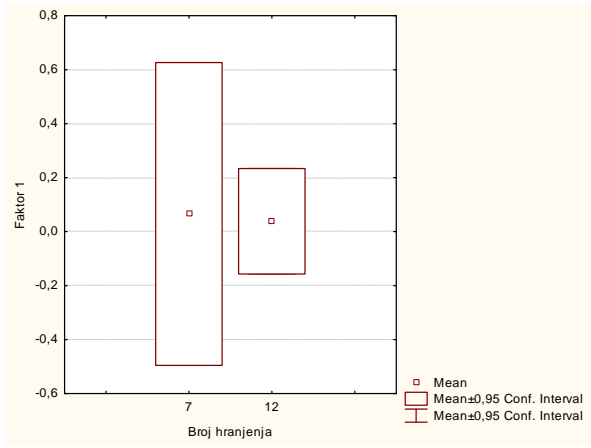
5.2.2. Analiza faktora

Faktor 1 (napad i priprema za gutanje): ispitivanje dobivenih rezultata Mann-Whitney U testom pokazuje značajni učinak različitosti prvog faktora u prvom hranjenju ($U = 35$, $Z = -2,717$, $P = 0,0065$), četvrtom hranjenju ($U = 42$, $Z = 2,377$, $P = 0,0174$), petom hranjenju ($U = 49$, $Z = 2,038$, $P = 0,0415$) i osmom hranjenju ($U = 32$, $Z = 2,863$, $P = 0,0042$).

Napad se u slučaju faktora 1 odnosi se na konačni broj omotaja, dijelove tijela miša koji su omotani, vrijeme proteklo od prvog omotaja do zadnjeg omotaja, vrijeme od početka omatanja do otpuštanja miša iz usta i omatanje. Priprema za gutanje se odnosi na vrijeme od otpuštanja ugriza do prvog zagriža za gutanje, otpuštanje omotaja prije ili poslije prvog zagriža za gutanje i vrijeme od zadnjeg omotaja do početka gutanja. Veliku razliku pokazuju prvo, četvrto, peto i osmo hranjenje. Sve vrijednosti vezane za ponašanja odraslih zmija pokazuju manje vrijednosti u odnosu na hranjenje mladih zmija. U jedanaestom hranjenju možemo primijetiti kako su se vrijednosti odraslih i mladih zmija približile.

Slika.12. Mediani, 25 – 75% intervali pouzdanosti i najmanje i najveće vrijednosti za faktor 1 (napad i priprema za gutanje) tokom svih 9 hranjenja. Zvezdicom označene ustanovljene statistički značajne razlike. ($p < 0,05$)

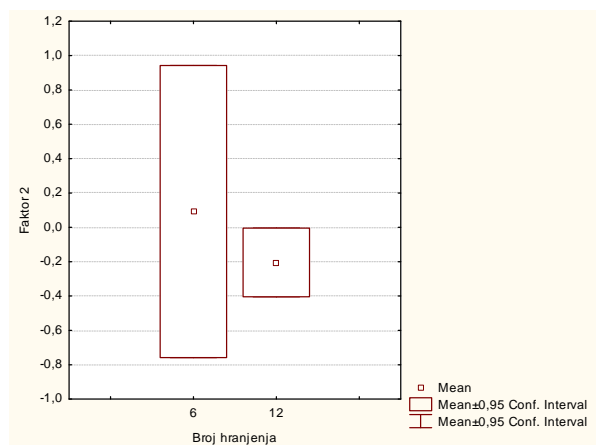
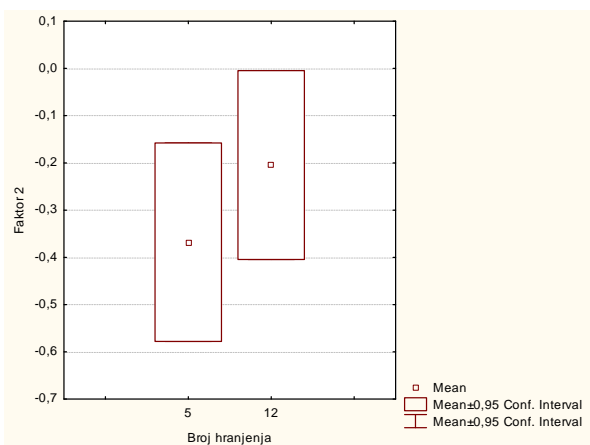
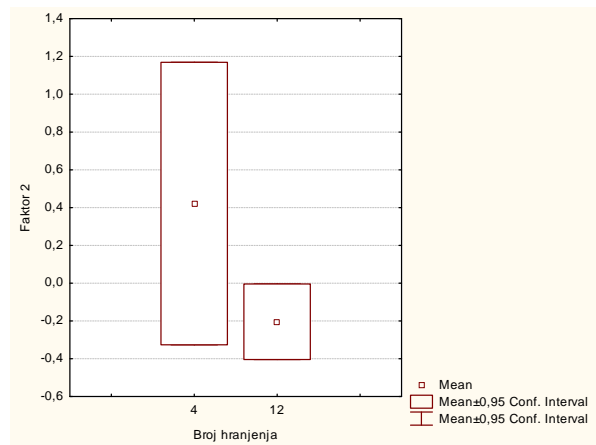
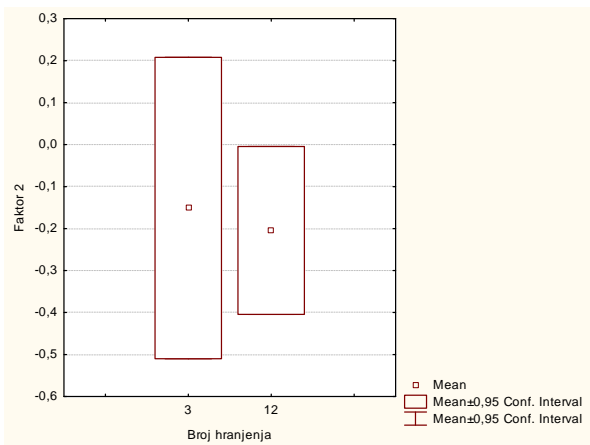
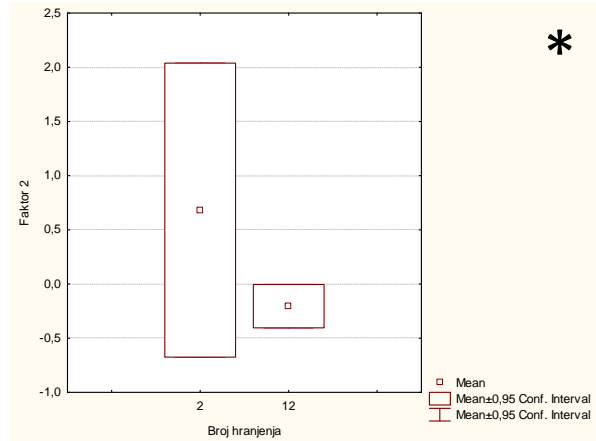
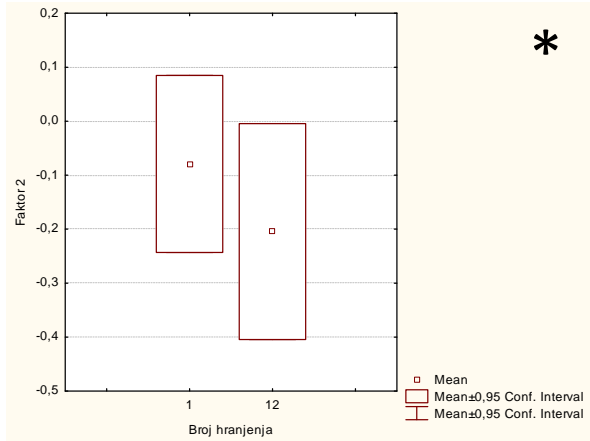


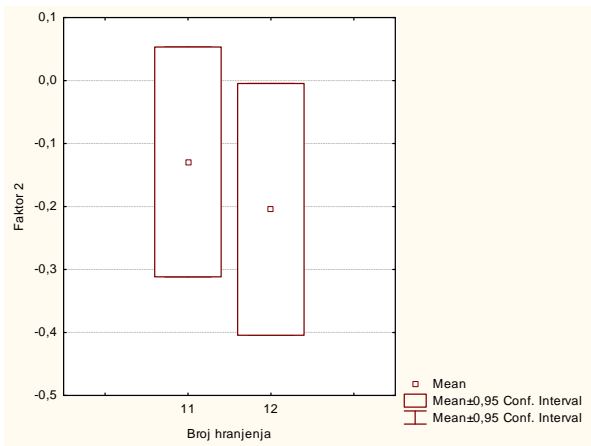
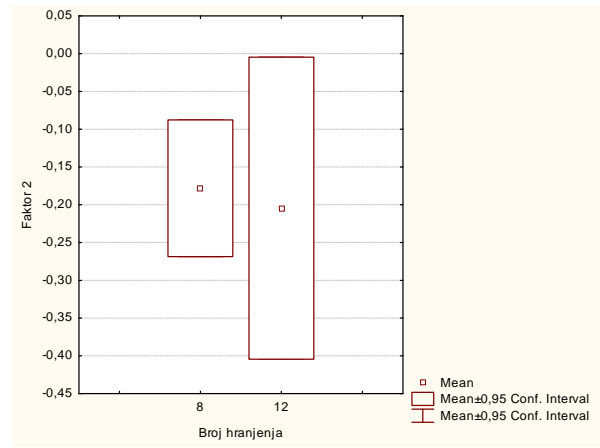
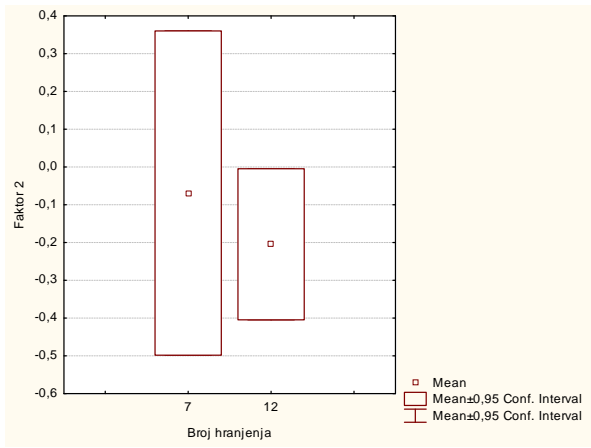


Faktor 2 (priprema za gutanje i gutanje): ispitivanje dobivenih rezultata Mann-Whitney U testom pokazuje značajni učinak različitosti drugog faktora u prvom hranjenju ($U = 45$, $Z = 2,232$, $P = 0,0256$) i drugom hranjenju ($U = 47$, $Z = 2,135$, $P = 0,0327$).

Priprema za gutanje se u slučaju faktora 2 odnosi na broj zagriža prije gutanja i vrijeme od prvog do zadnjeg zagriža. Gutanje se u slučaju faktora 2 odnosi na vrijeme od pogrešnog do početka pravog gutanja. Sve vrijednosti vezane za manipulaciju mišem prije gutanja i gutanje pokazuju niže vrijednosti kod odraslih zmija nego kod mladih zmija.

Slika.13. Mediani, 25 – 75% intervali pouzdanosti i najmanje i najveće vrijednosti za faktor 2 (priprema za gutanje i gutanje) tokom svih 9 hranjenja. Zvezdicom označene ustanovljene statistički značajne razlike. ($p < 0,05$)

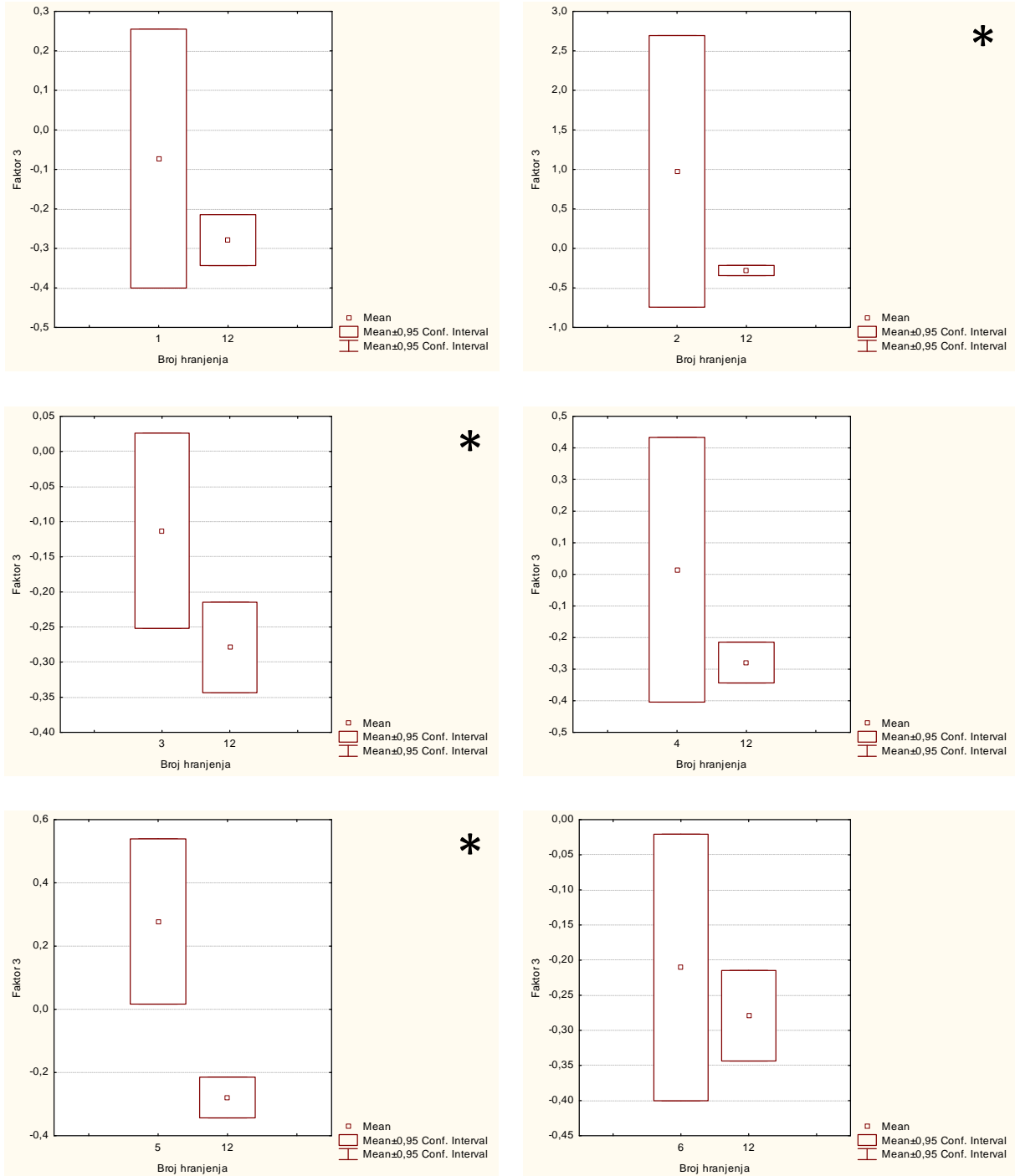


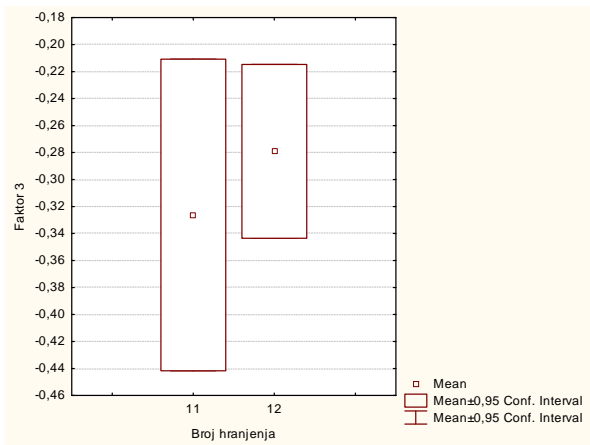
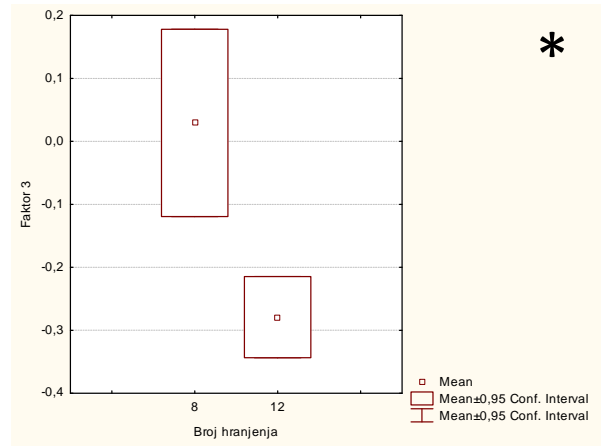
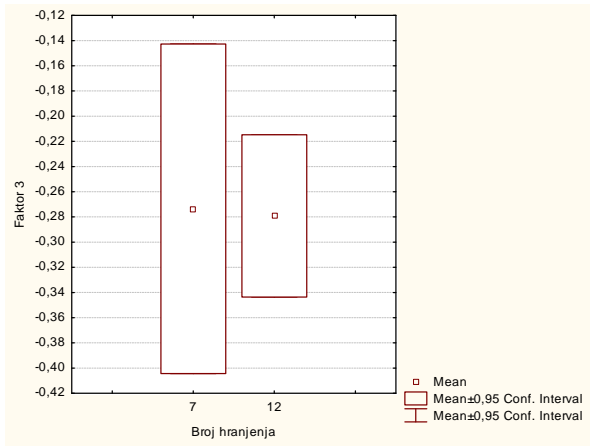


Faktor 3 (priprema za gutanje i gutanje): ispitivanje dobivenih rezultata Mann-Whitney U testom pokazuje učinak utjecaj različitosti trećeg faktora u drugom hranjenju ($U = 23$, $Z = 3,299$, $P = 0,0009$), trećem hranjenju ($U = 45$, $Z = 2,232$, $P = 0,0256$), petom hranjenju ($U = 29$, $Z = 3,154$, $P = 0,0016$) i osmom hranjenju ($U = 29$, $Z = 3,008$, $P = 0,0026$).

Priprema za gutanje se u slučaju faktora 3 odnosi na vrijeme od zadnjeg zagriža do početka gutanja. Gutanje se u slučaju faktora 3 odnosi na vrijeme gutanja i vrijeme od nestanka miša do prvog palucaja. Sve vrijednosti vezane za manipulaciju mišem prije gutanja i gutanje pokazuju niže vrijednosti kod odraslih zmija nego kod hranjenja mladih zmija. Usporedba drugog, trećeg, petog i osmog hranjenja pokazuje da su mlade zmije pokazale napredak u odnosu na prethodno hranjenje.

Slika.14. Mediani, 25 – 75% intervali pouzdanosti i najmanje i najveće vrijednosti za faktor 3 (priprema za gutanje i gutanje) tokom svih 9 hranjenja. Zvezdicom označene ustanovljene statistički značajne razlike. ($p < 0,05$)

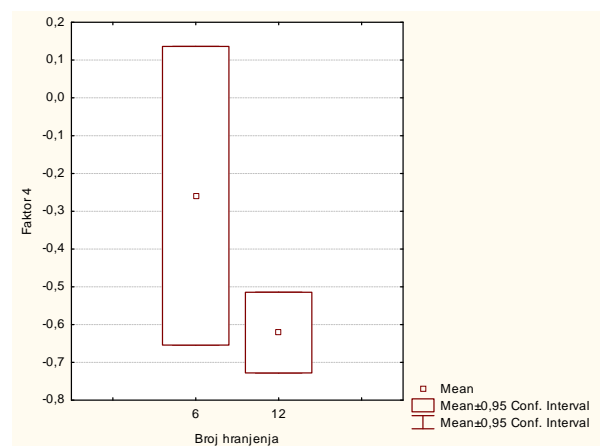
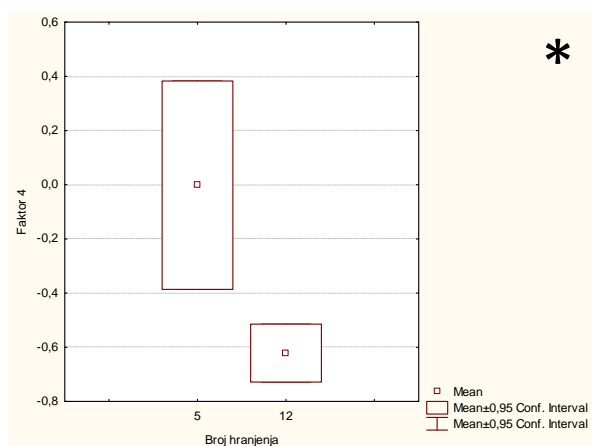
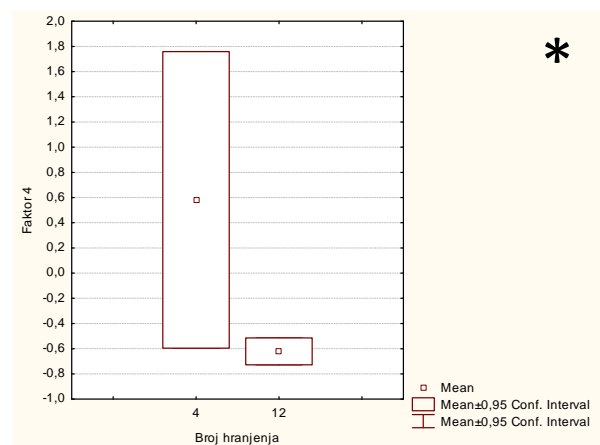
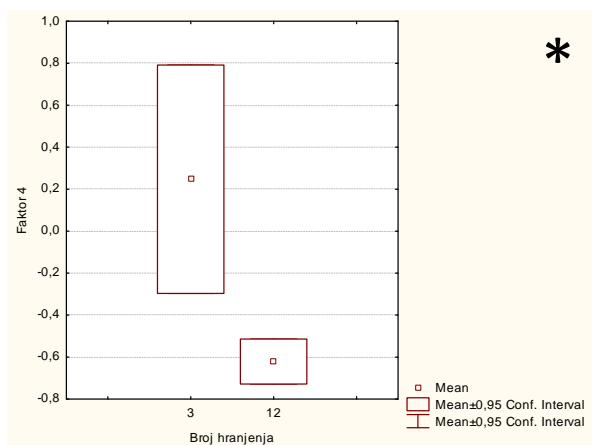
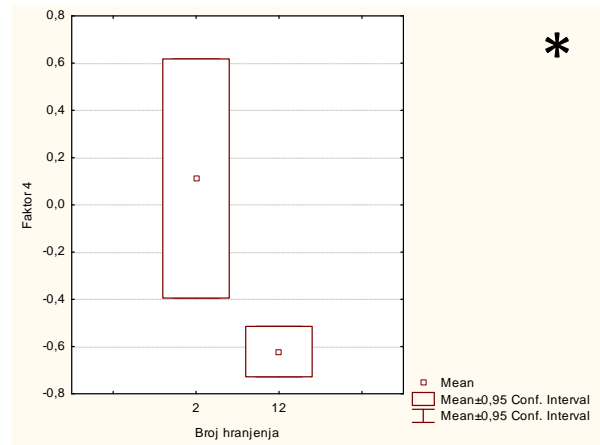
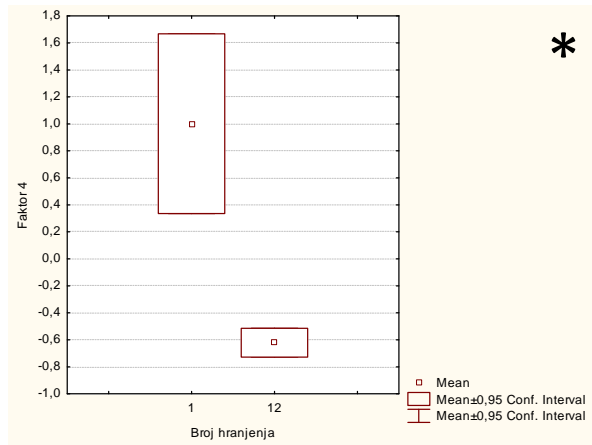


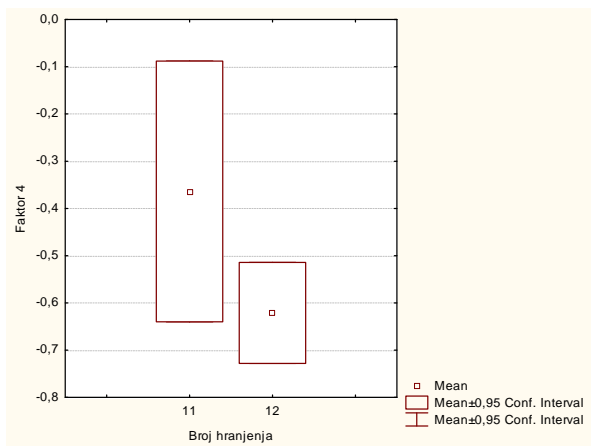
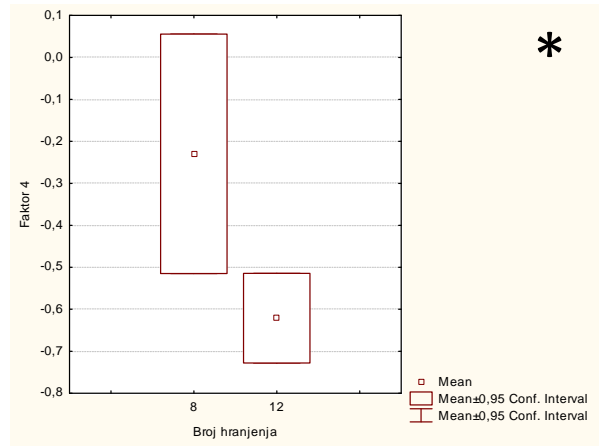
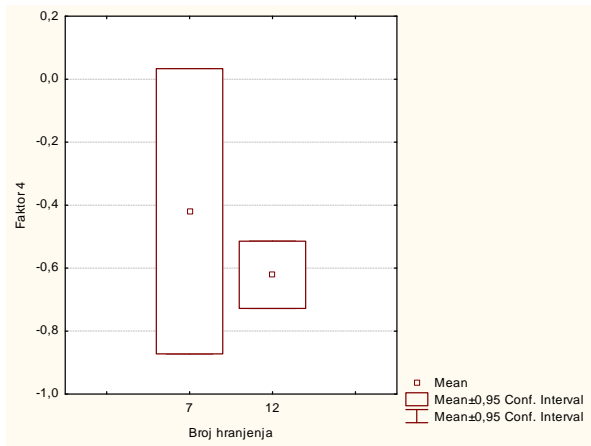


Faktor 4 (istraživanje plijena): ispitivanje dobivenih rezultata Mann-Whitney U testom pokazuje značajni učinak različitosti četvrtog faktora u prvom hranjenju ($U = 15$, $Z = 3,68799$, $P = 0,0002$), drugom hranjenju ($U = 33$, $Z = 2,814$, $P = 0,0048$), trećem hranjenju ($U = 42$, $Z = 2,377$, $P = 0,0174$), četvrtom hranjenju ($U = 35$, $Z = 2,717$, $P = 0,0065$), petom hranjenju ($U = 23$, $Z = 3,299$, $P = 0,0009$) i osmom hranjenju ($U = 43$, $Z = 2,329$, $P = 0,0198$).

Istraživanje plijena se u slučaju faktora 4 odnosi na gurkanje nosom i vremensko trajanje tipa istraživanja. Većina vrijednosti vezane za istraživanje plijena pokazuju niže vrijednosti kod odraslih zmija nego kod mladih, što bi značilo da odrasle zmije puno manje istražuju plijen od mladih zmija.

Slika.15. Mediani, 25 – 75% intervali pouzdanosti i najmanje i najveće vrijednosti za faktor 4 (istraživanje plijena) tokom svih 9 hranjenja. Zvezdicom označene ustanovljene statistički značajne razlike. ($p < 0,05$)

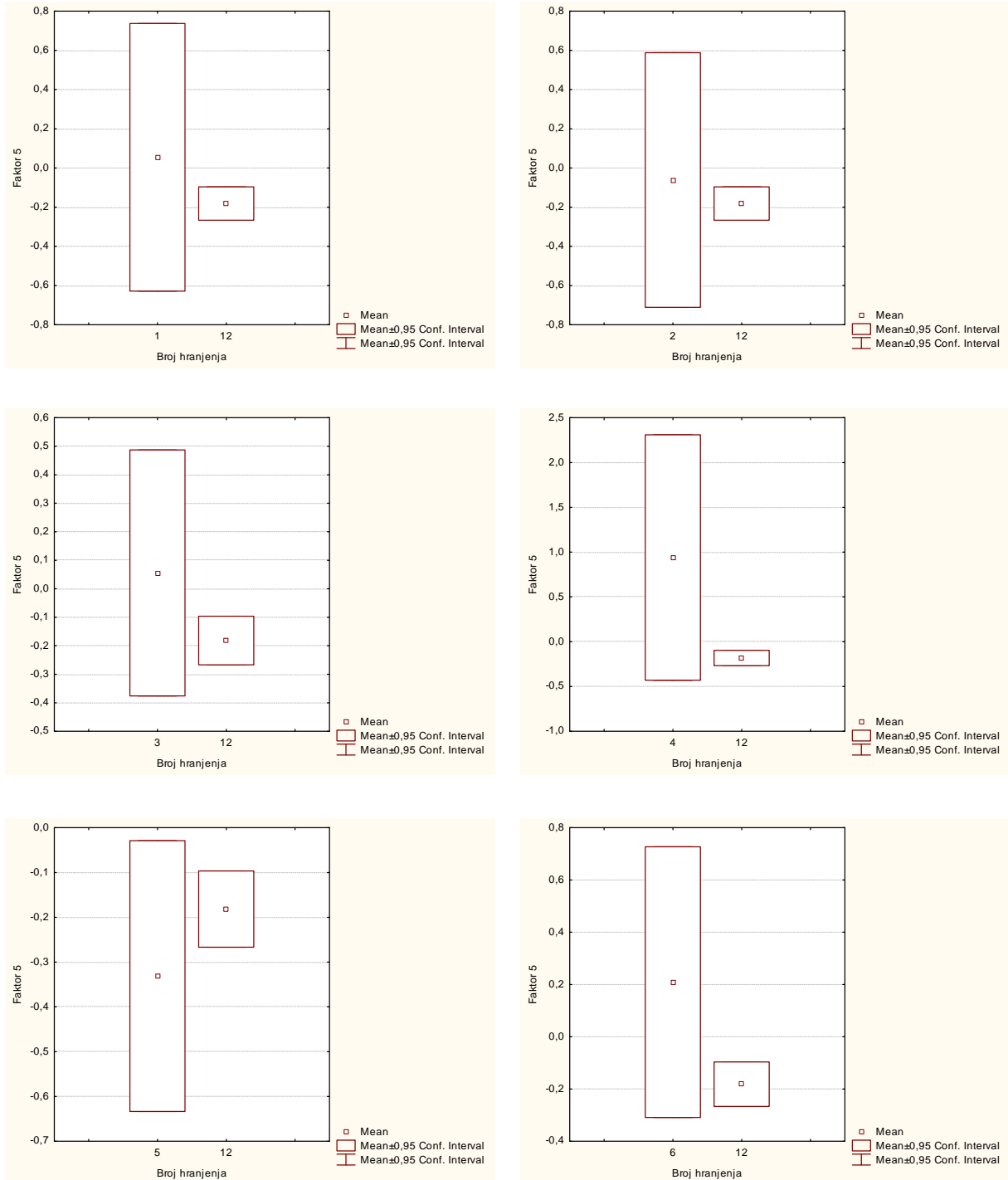


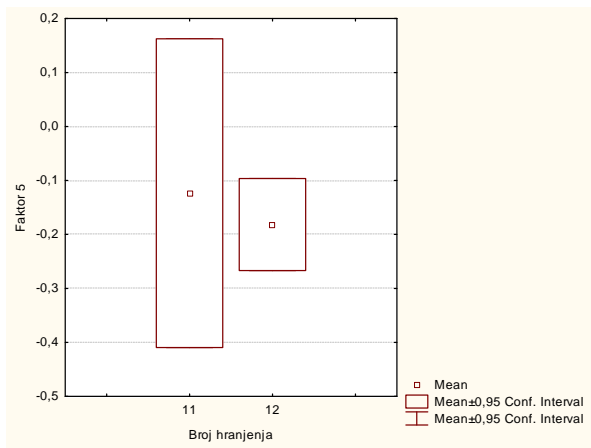
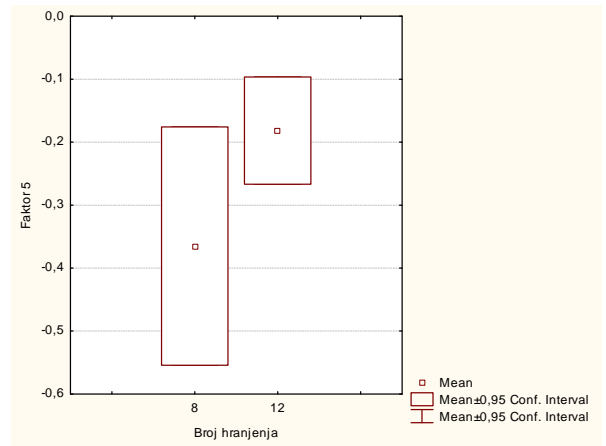
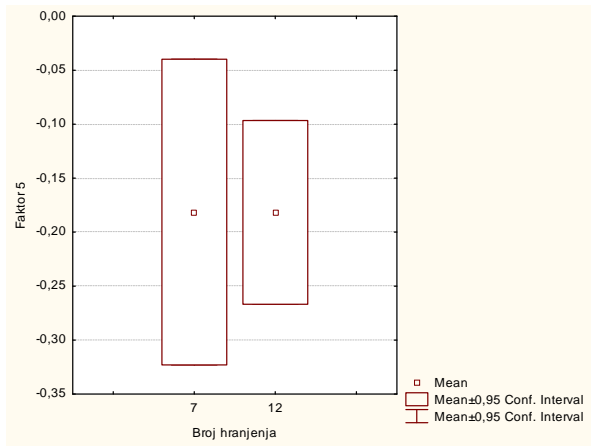


Faktor 5 (napad): ispitivanje dobivenih rezultata Mann-Whitney U testom pokazuje da nema značajnog učinka različitosti kod petog faktora.

Napad se u slučaju petog faktora odnosi na vrijeme od napada do pomaganja i pomaganje tijelom zmije. Sve vrijednosti vezane za napad pokazuju uglavnom niže vrijednosti kod odraslih zmija nego kod mladih, što bi značilo da odrasle zmije rijetko koriste tijelo kako bi si pomogle pri napadu, dok su mlade zmije još uvijek nespretne, često se ne omataju pa koriste tijelo za pridržavanje miša.

Slika.16. Mediani, 25 – 75% intervali pouzdanosti i najmanje i najveće vrijednosti za faktor 5 (napad) tokom svih 9 hranjenja.

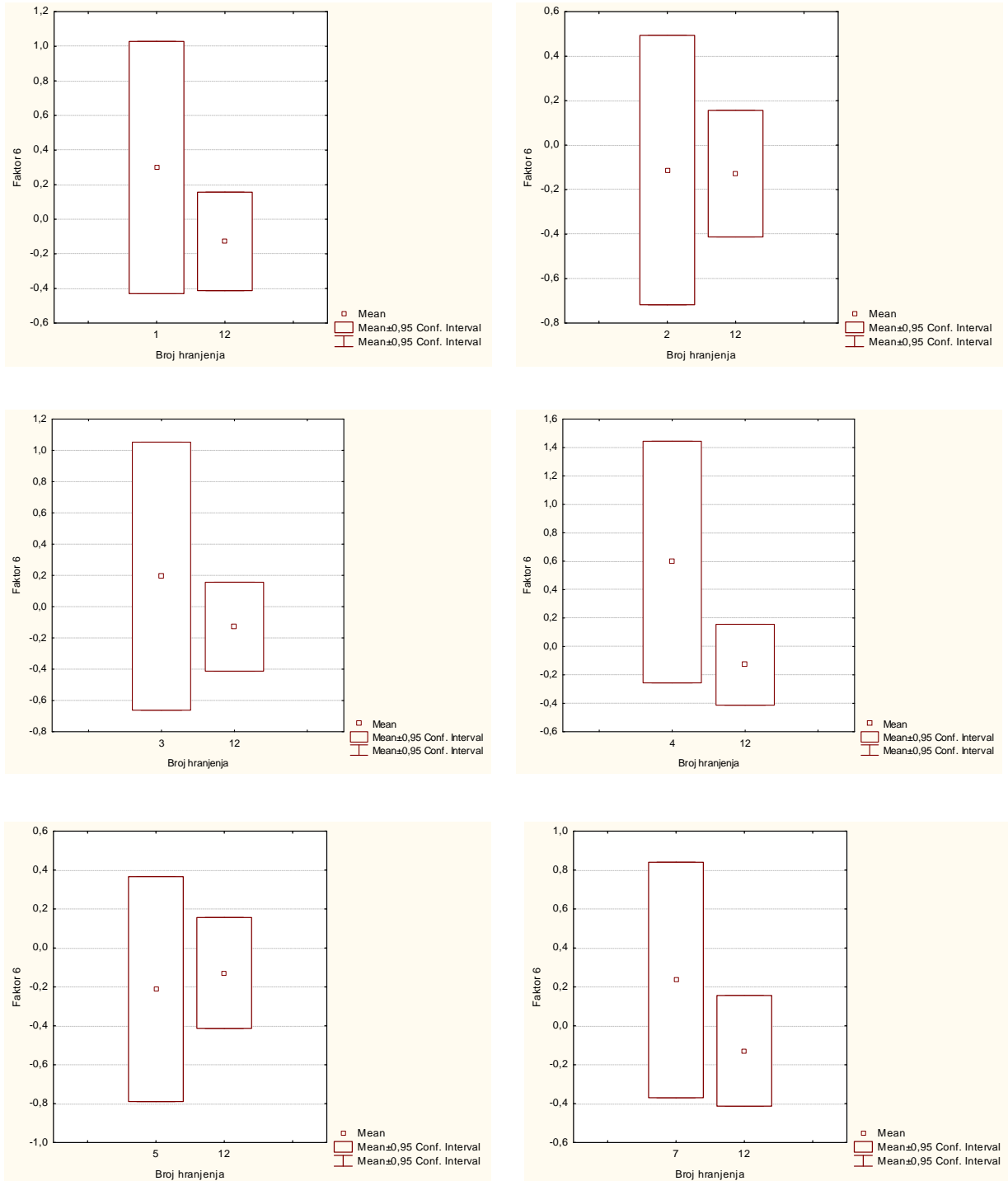


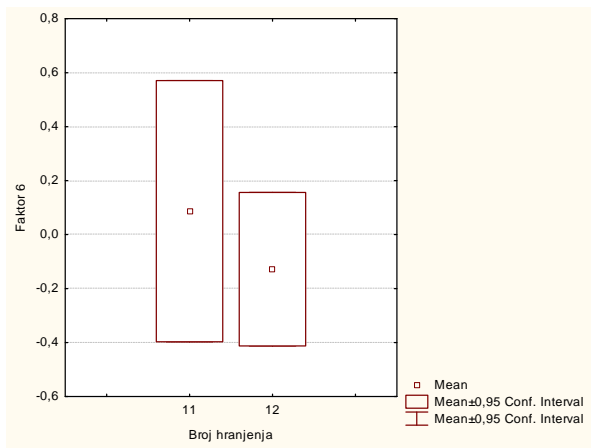
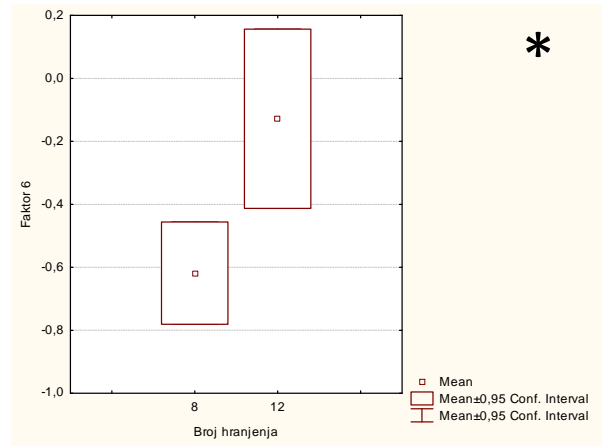
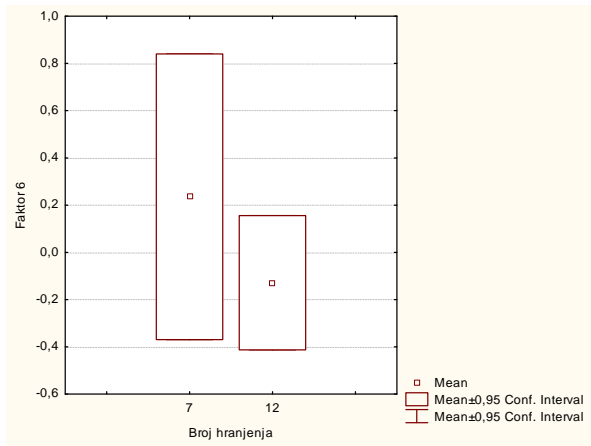


Faktor 6 (priprema za gutanje i gutanje): ispitivanje dobivenih rezultata Mann-Whitney U testom pokazuje značajni učinak različitosti šestog faktora samo u osmom hranjenju ($U= 35$, $Z= -2,717$, $P= 0,0065$).

Priprema za gutanje se u slučaju faktora 6 odnosi na mjesto prvog zagriža na mišu. Gutanje se u slučaju faktora 6 odnosi na mjesto početnog gutanja. Kroz hranjenja se vide jako velike oscilacije u vrijednostima koje ponekad i prelaze vrijednosti hranjenja odraslih zmija. To možemo objasniti time da odrasle zmije zbog veličine odraslog miša teže pronalaze pogodno mjesto gutanja. Kod mladih zmija, ponuđeni miševi su bili manji i na njima je posebno izražena glave, pa nisu imale velikih poteškoća u pronalaženju mjesta gutanja.

Slika.17. Mediani, 25 – 75% intervali pouzdanosti i najmanje i najveće vrijednosti za faktor 6 (priprema za gutanje i gutanje) tokom svih 9 hranjenja. Zvezdicom označene ustanovljene statistički značajne razlike. ($p < 0,05$)

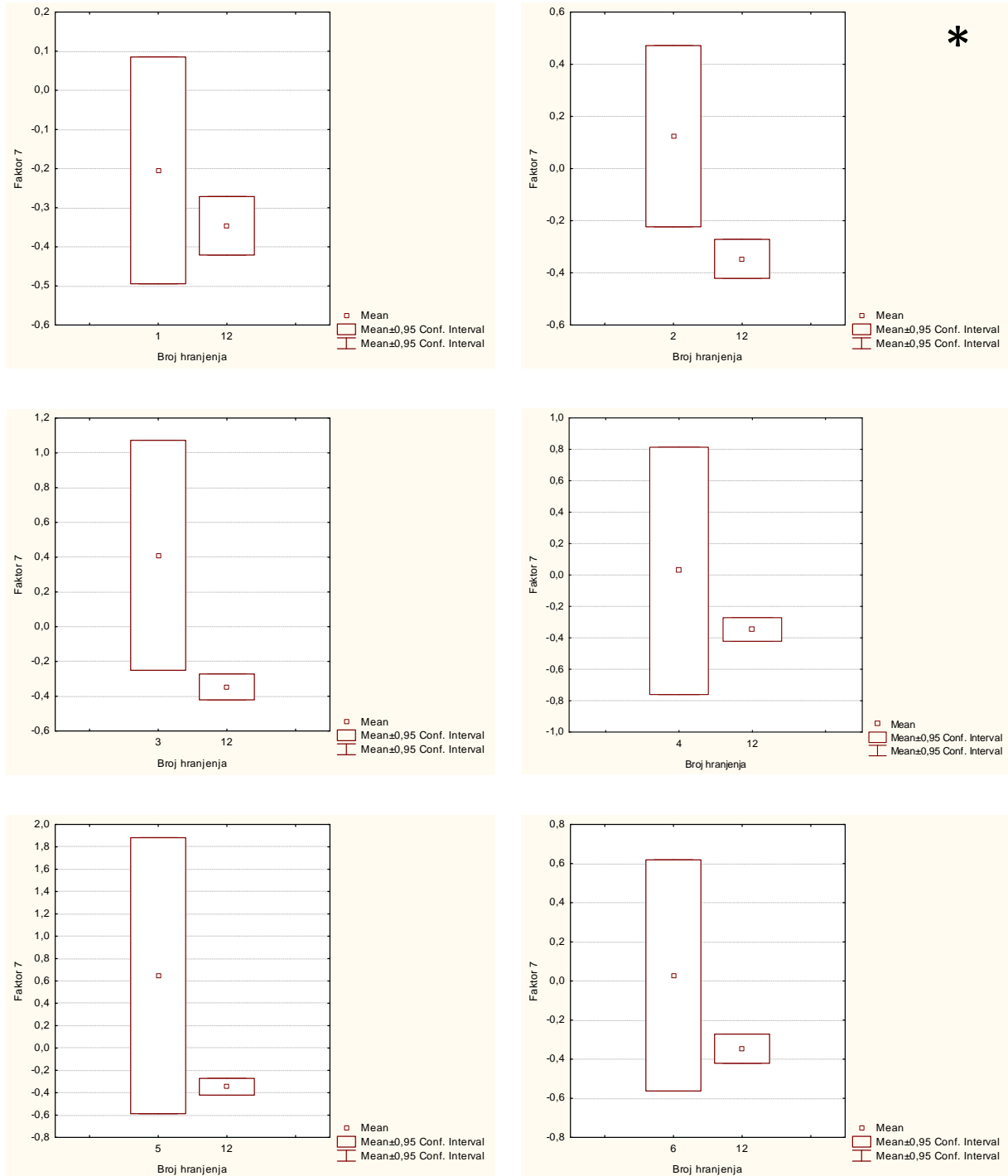


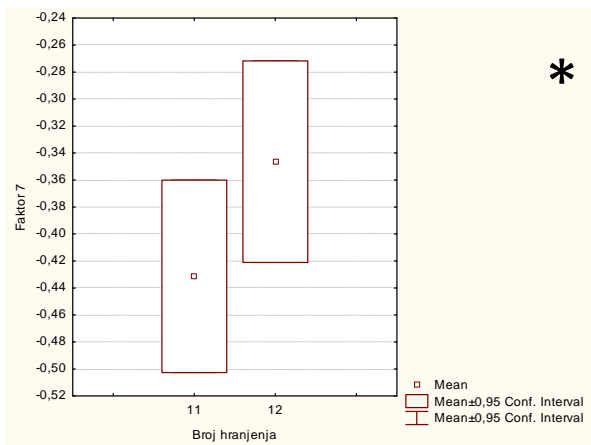
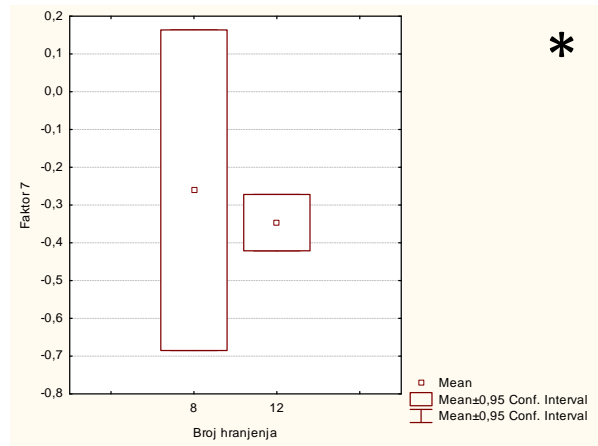
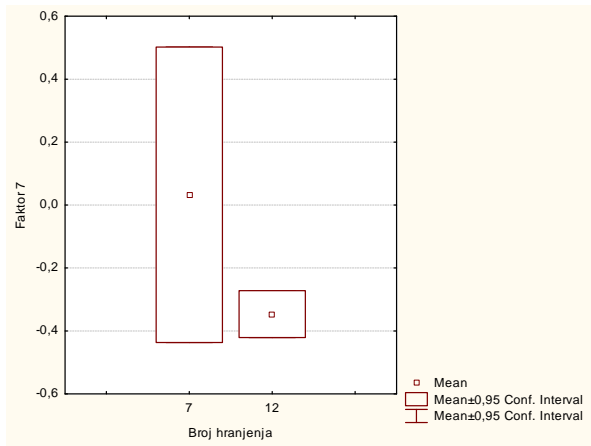


Faktor 7 (napad): ispitivanje dobivenih rezultata Mann-Whitney U testom pokazuje značajni učinak različitosti sedmog faktora u drugom hranjenju ($U= 37, Z= 2,620, P= 0,0087$), osmom hranjenju ($U= 47, Z= -2,135, P= 0,0327$) i devetom hranjenju $U = 48, Z= -2,086, P= 0,0369$).

Napad se u slučaju faktora 7 odnosi na vrijeme od prvog do zadnjeg napada i broj napada. Sve vrijednosti vezane za napad pokazuju niže vrijednosti kod odraslih zmija nego kod hranjenja mladih zmija osim vrijednosti u osmom i jedanaestom hranjenju. Osmo hranjenje se u odnosu na drugo razlikuje u tome što su vrijednosti niže čak i od vrijednosti odraslih zmija. Na kraju možemo zaključiti da se vrijednosti hranjenja mladih zmija približavaju vrijednostima odraslih zmija.

Slika.18. Mediani, 25 – 75% intervali pouzdanosti i najmanje i najveće vrijednosti za faktor 7 (napad) tokom svih 9 hranjenja. Zvezdicom označene ustanovljene statistički značajne razlike. ($p < 0,05$)

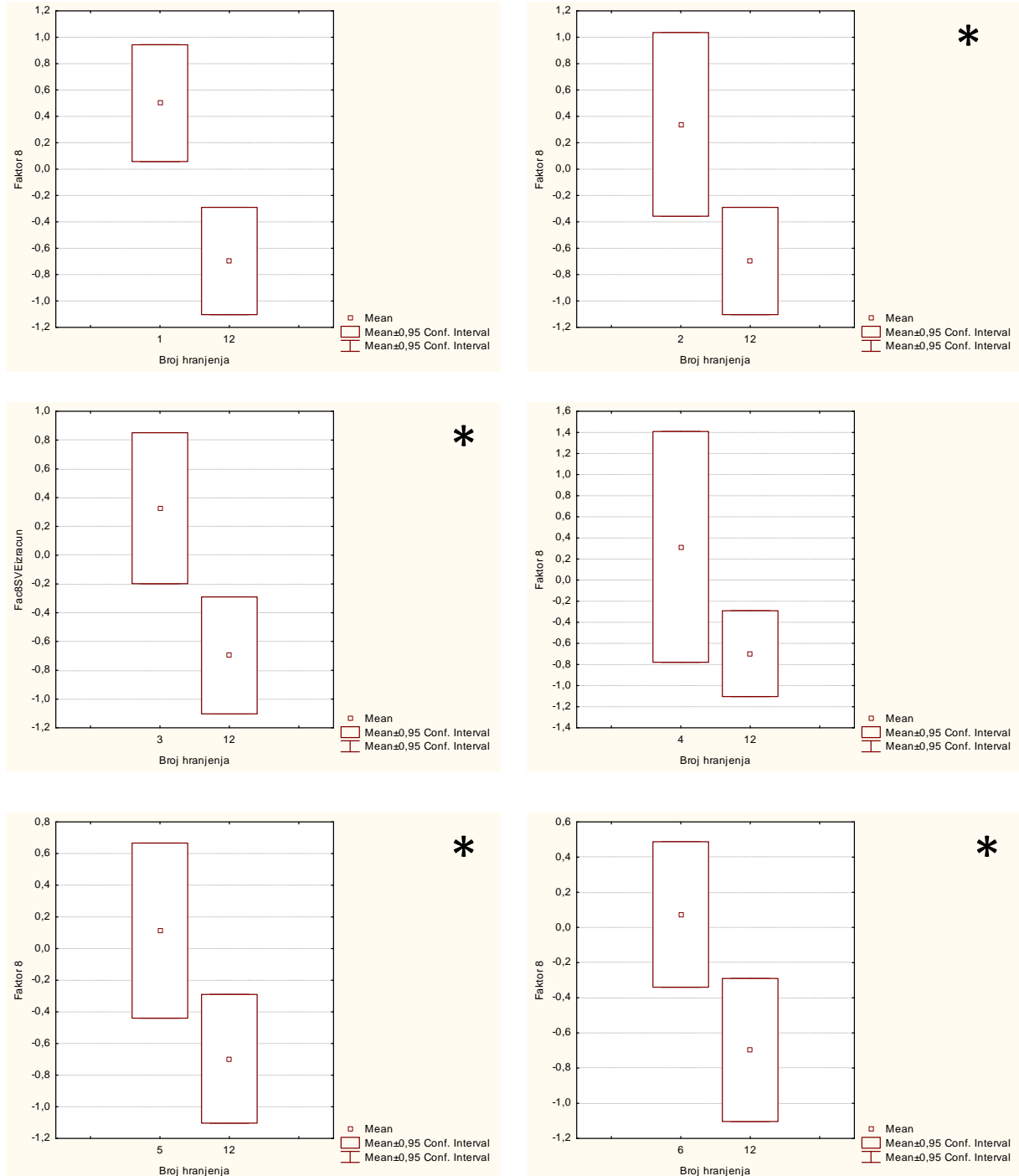


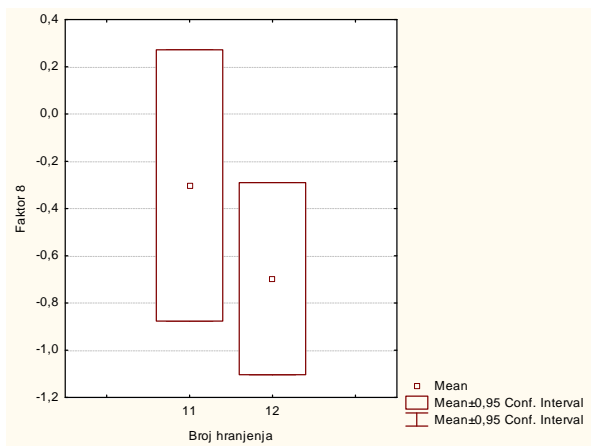
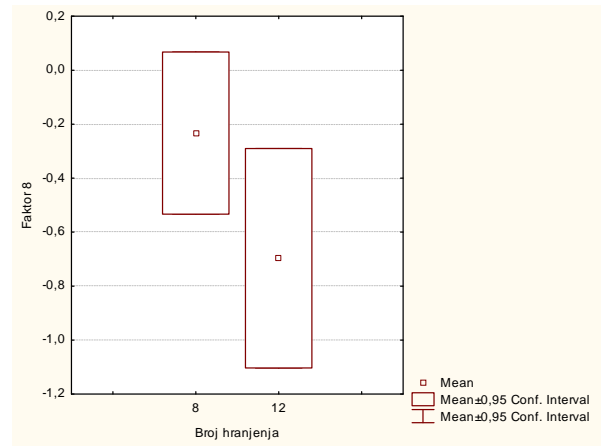
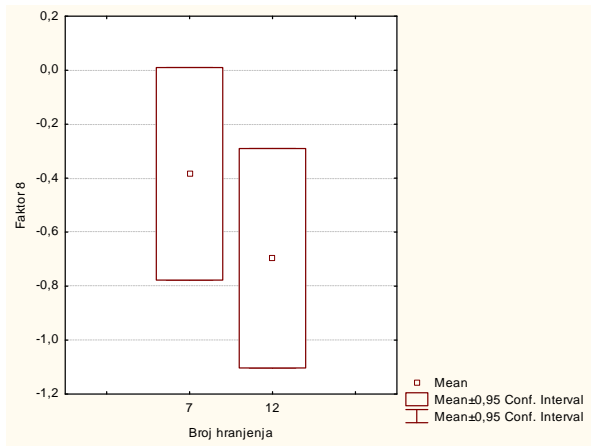


Faktor 8 (priprema za gutanje): ispitivanje dobivenih rezultata Mann-Whitney U testom pokazuje značajni učinak različitosti osmog faktora u prvom hranjenju ($U = 22$, $Z = 3,349$, $P = 0,0008$), drugom hranjenju ($U = 37$, $Z = 2,620$, $P = 0,0087$), trećem hranjenju ($U = 32$, $Z = 2,863$, $P = 0,0042$), petom hranjenju ($U = 47$, $Z = 2,135$, $P = 0,0327$) i šestom hranjenju ($U = 41$, $Z = 2,426$, $P = 0,0152$).

Priprema za gutanje se u slučaju faktora 8 odnosi na vrijeme od prvog zagriža do otpuštanja omotaja. Sve vrijednosti vezane za manipulaciju plijenom pokazuju niže vrijednosti kod odraslih zmija nego kod hranjenja mladih zmija. Kroz hranjenja vidimo trend pada vrijednosti vezanih za vrijeme od prvog zagriža do otpuštanja omotaja kod mladih zmija i njihovog približavanja vrijednostima odraslih zmija, zaključno sa jedanaestim hranjenjem. Ističu se treće, četvrto i šesto hranjenje.

Slika.19. Mediani, 25 – 75% intervali pouzdanosti i najmanje i najveće vrijednosti za faktor 7 (priprema za gutanje) tokom svih 9 hranjenja. Zvezdicom označene ustanovljene statistički značajne razlike. ($p < 0,05$)

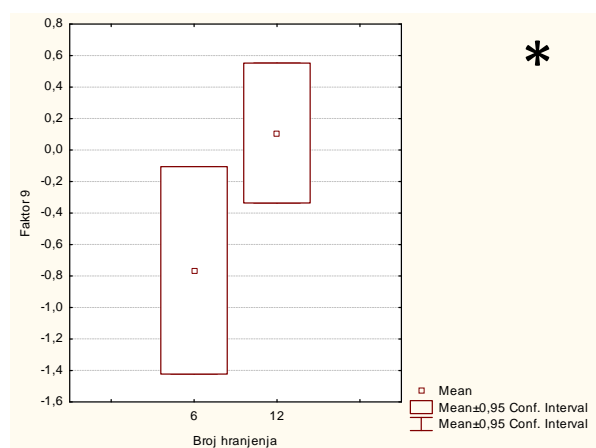
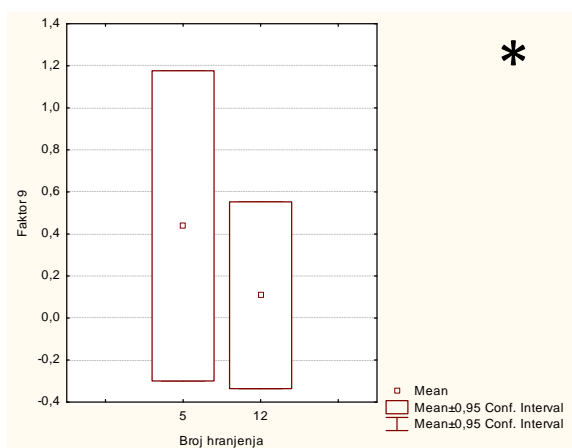
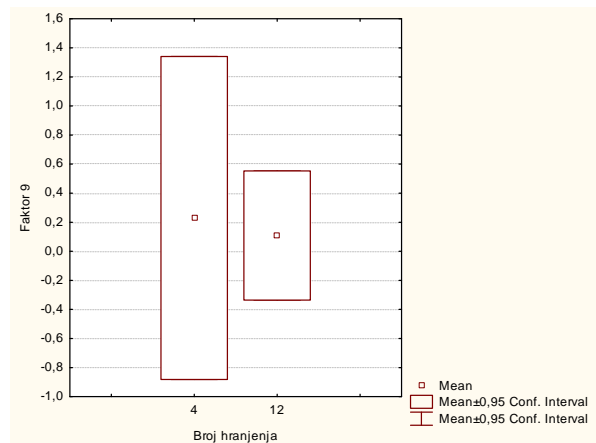
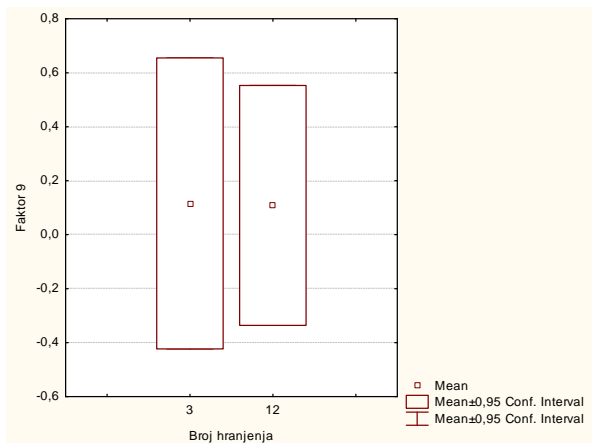
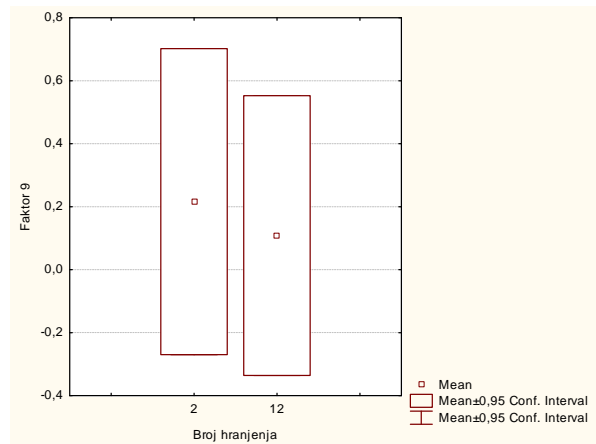
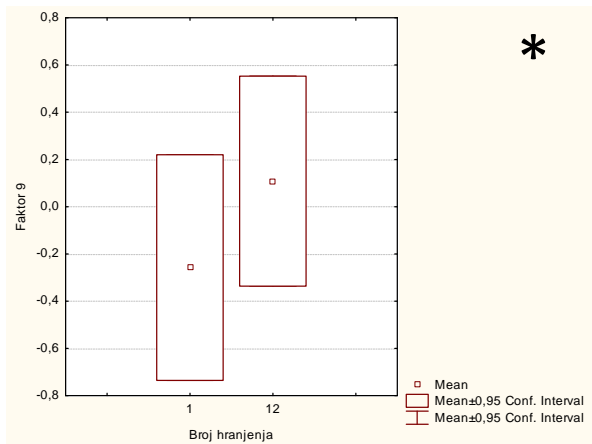


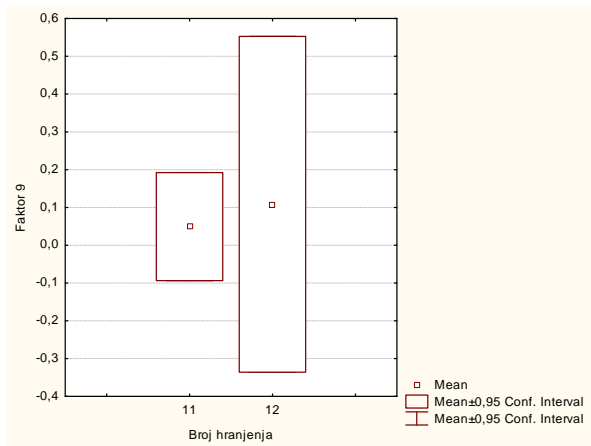
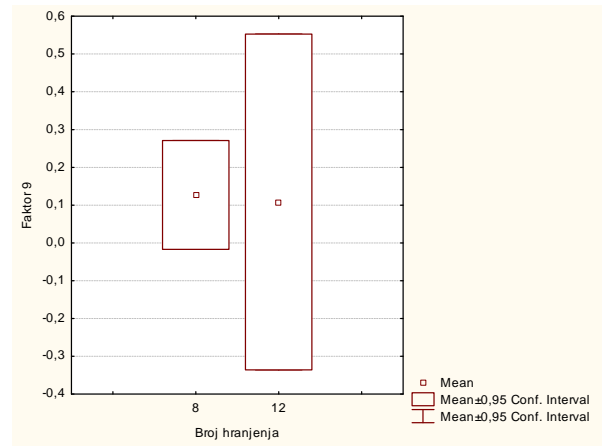
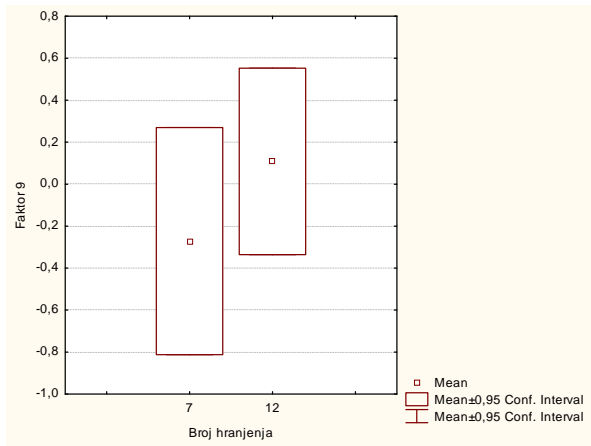


Faktor 9 (istraživanje plijena): ispitivanje dobivenih rezultata Mann-Whitney U testom pokazuje značajni učinak različitosti devetog faktora u prvom hranjenju ($U = 48$, $Z = -2,086$, $P = 0,0369$), petom hranjenju ($U = 50$, $Z = 1,989$, $P = 0,0466$) i šestom hranjenju ($U = 49$, $Z = -2,038$, $P = 0,0415$).

Istraživanje plijena se u slučaju faktora 9 odnosi na tip istraživanja. Sve vrijednosti vezane za tip istraživanja plijena pokazuju više vrijednosti kod odraslih zmija nego kod mladih zmija. Kroz hranjenja se vidi tendencija približavanja vrijednosti hranjenja mladih zmija, ka odraslim zmijama. Kod trećeg i osmog hranjenja gotovo dolazi do izjednačenja u vrijednostima.

Slika.20. Mediani, 25 – 75% intervali pouzdanosti i najmanje i najveće vrijednosti za faktor 9 (istraživanje plijena) tokom svih 9 hranjenja. Zvezdicom označene ustanovljene statistički značajne razlike. ($p < 0,05$)





6. RASPRAVA

Zmije su obligatni predatori koji svoj plijen gutaju cijeli i prema tome moraju razviti napredne tehnike hranjenja, pogotovo ako se radi o većem plijenu. Kako iskustvo utječe na hranjenje zmija nije često bio predmet istraživanja znanstvenika. Tehnike napada su posebno zanimljive u svijetu zmija, jer one nemaju udova, ali su unatoč tome razvile mnogo različitih metoda za svladavanje plijena. Predatorstvo u zmija može se svesti na nekoliko dijelova, a to su istraživanje plijena, napad, priprema za gutanje i gutanje.

Istražujući manipulaciju kukuruzne zmije (*Elaphe guttata*) plijenom ispitala sam predatorstvo mladih i odraslih zmija. Prvo sam napravila usporedbu mladih zmija kroz hranjenja. Htjela sam vidjeti kako se istraživanje plijena, napad, priprema za gutanje i gutanje mijenjaju tokom različitih hranjenja i da li zmije pokazuju određeni stupanj učenja. U to istraživanje sam krenula sa očekivanjem da će zmije u prvim hranjenjima biti nespretni i da će imati poteškoća u svim aspektima lova, ali da će sa vremenom naučiti efikasnije loviti.

Istraživanje plijena koje sam podijelila na tip istraživanja, vremensko trajanje tipa istraživanja, broj palucaja i gurkanje nosom pokazalo je očekivane rezultate. Tip istraživanja i vremensko trajanje tipa istraživanja pokazali su mi da su zmije u prvim hranjenjima oprezne, i da odmah ne prepoznaju miša kao plijen, pa tako više vremena provode u istraživanju plijena od zmija u zadnjim hranjenjima. Kako se smanjuje vrijeme istraživanja, tako se smanjuje i broj palucaja. Gurkanje nosom je prisutno u prvim hranjenjima kao oblik istraživanja plijena, a u zadnjim hranjenjima nije prisutno. Zmije su životinje koje nakon što se izlegu ostaju prepuštene sami sebi, za njih se ne brinu roditelji, tako da one imaju neke prirodene instinkte koje trebaju „izbrusiti“. Poluoportunističkim vrstama treba više vremena da nauče loviti i razlikovati plijen.

Napad je pokazao značajne vrijednosti u rezultatima u sljedećim aspektima: dio tijela miša koji zmija napada, pomaganje tijelom zmije, vrijeme od napada do pomaganja tijelom, broj napada na miša, vrijeme od prvog do zadnjeg napada i postojanje omatanja. Zmiji je lakše progutati plijen ako počinje od glave, jer u suprotnom joj smetaju prednji i stražnji udovi te rep. Pomaganje tijelom i vrijeme od napada do pomaganja je češće u prvim

hranjenjima nego u zadnjim. Broj napada na miša kao i vrijeme od prvog do zadnjeg napada se smanjuju kako hranjenja prolaze, vjerojatno zbog neiskustva – zmijama treba više vremena da prepoznaju miša kao plijen. Što se omatanja tiče, rijetko koja zmija se omatala u prvom hranjenju, što je zapravo značilo da je ona počela gutati živog miša. Kako su hranjenja odmicala zmija je vjerojatno naučila omatanje oko plijena kako bi ga usmrtila. Zmija mora naučiti kako usmrtiti svoj plijen prije gutanja jer joj on može pobjeći, a ako je plijen veći može je ozlijediti. Otimanje miša u prvim hranjenjima ima više vrijednosti što znači da se manje miš manje otima, a to je vjerojatno zbog toga što su miševi premali da bi se jako otimali. Kako broj hranjenja raste, smanjuju se vrijednosti tj. miševi se više otimaju, a to je zbog toga što su miševi veći i jači. Zmija otpušta omotaj tek kada ubije miša. Vrijeme od prvog zagrizanja do otpuštanja omotaja pri prvim hranjenjima ima više vrijednosti što bi značilo da zmijama treba više vremena da bi ubile miša, jer vjerojatno nisu toliko spretne. Kako hranjenja prolaze vrijednosti se smanjuju, a to znači da zmijama treba manje vremena da bi ubile miša. Mjesto pravog gutanja na početku ima više vrijednosti zato što mlade zmije često pogriješe pri gutanju i krenu gutati od stražnjeg dijela tijela ili abdomena. Kako hranjenja prolaze, zmije postaju iskusnije i počinju gutanje od glave, što im omogućuje da lakše progutaju plijen. Iz ove analize možemo zaključiti da zmije, kako hranjenja prolaze, postaju brže u lovu kao i u manipulaciji plijenom nakon ubijanja.

Manipulacija mišem prije gutanja obuhvaća vrijeme od napada do početka omatanja, konačni broj omotaja, dijelovi tijela miša koji su omotani, vrijeme od prvog omotaja do zadnjeg omotaja, vrijeme od početka omatanja do otpuštanja miša iz usta, vrijeme od otpuštanja ugriza do prvog zagrizanja za gutanje, mjesto prvog zagrizanja na mišu, otpuštanja omotaja prije ili poslije prvog zagrizanja za gutanje, vrijeme od prvog zagrizanja do otpuštanja omotaja, broj zagrizanja prije gutanja, vrijeme od prvog do zadnjeg zagrizanja i vrijeme od zadnjeg zagrizanja do početka gutanja. Svi dijelovi manipulacije mišem prije gutanja omogućavaju zmiji da usmrti i lakše proguta svoj plijen. U prvim hranjenjima zmija ne koristi omatanje, a kako hranjenja prolaze zmije vjerojatno nauče da im je lakše savladati plijen ako se omotaju oko njega. Također je moguće da zmije ne uče omatanje oko plijena nego da, kako stare, dolazi do sazrijevanja njihovog motoričkog odgovora, što se manifestira kao efikasnije omatanje. Što se više puta zmija omota oko plijena i što je više dijelova tijela miša omotala to će ga lakše savladati i usmrtiti. Nakon što je ubila svoj plijen zmija mora otpustiti ugriz i tražiti što pogodnije mjesto za gutanje, a to je najčešće glava miša. U prvim hranjenjima zmije su odmah nakon što bi procijenile da je miš uginuo, počinjale sa gutanjem. Kako su hranjenja

odmicala zmije su ipak dio vremena provele istražujući plijen. Vrijeme potrebno za ubijanje miša se sa povećanjem broja hranjenja smanjuje. Vrijednosti su manje u prvim hranjenjima jer se zmije rijetko omataju, a veće pri zadnjim hranjenjima jer se gotovo sve zmije omataju oko plijena. Jedan od događaja tokom pripreme za gutanje je kada zmija otpusti ugriz koji je napravila tokom napada nakon što je sigurna da je ubila miša. Zatim slijedi potraga za plijenom, tj. traženje mjesta koje je najpovoljnije za gutanje, a to je glava. Vrijeme od otpuštanja ugriza do prvog zagriža za gutanje i vrijeme od zadnjeg omotaja do početka gutanja među prvim hranjenjima su kraća jer zmija najčešće ne otpušta ugriz koji se dogodio još tijekom napada već odmah počinje sa gutanjem, čak i ako to mjesto nije pogodno, tj. ako se radi o stražnjem dijelu tijela ili prednjoj nozi miša. Kako se broj hranjenja povećava to vrijeme raste, što znači da zmije otpuštaju ugriz i dio vremena ulažu u pronalazak pogodnog mjesta za gutanja. Vrijednosti otpuštanje omotaja prije ili poslije prvog zagriža za gutanje, kao i dijelom vrijeme od zadnjeg omotaja do početka gutanja manje su vrijednosti jer se pri prvim hranjenjima zmije ne koriste omatanjem, dok su pri zadnjim hranjenjima te vrijednosti veće, jer se zmije koriste omatanjem kako bi ubile plijen. Iz ove analize možemo zaključiti da zmije, kako hranjenja prolaze, postaju iskusnije u lovu kao i u manipulaciji plijenom nakon ubijanja.

Gutanje obuhvaća vrijeme od početka pogrešnog gutanja do početka pravog gutanja, mjesto pravog gutanja, vrijeme gutanja i vrijeme od nestanka miša do prvog palucaja. Vrijeme utrošeno na gutanje miša kao i na oporavak od gutanja se smanjuje kako zmije rastu i uče koristiti omatanje kako bi ubile plijen. Vrijeme od pogrešnog gutanja do pravog gutanja se smanjuje jer pri zadnjem hranjenjima zmije manje griješe. Česte pogreške za njih vjerojatno znače gubitak energije, gušenje ili nemogućnost obrane ako ih napadne predator. Vrijeme do zadnjeg zagriža do početka gutanja u prvim hranjenjima ima više vrijednosti, jer zmiji treba više vremena da nađe mjesto pogodno za gutanje (glava), a u zadnjim hranjenjima su kraće, jer su zmije postale iskusnije. Vrijeme gutanja i vrijeme od nestanka miša do prvog palucaja u prvim hranjenjima pokazuju više vrijednosti jer je zmijama trebalo više vremena da progutaju miša, te da se oporave od gutanja, a kako su hranjenja prolazila to vrijeme se smanjivalo, jer su zmije narasle i postale iskusnije.

Nakon usporedbe hranjenja mladih zmija, napravila sam usporedbu svakog od devet hranjenja sa hranjenjem odraslih zmija. Rezultati su pokazali da se prva hranjenja prema svim značajnim faktorima jako razlikuju od hranjenja kod odraslih zmija. Time sam dokazala svoju hipotezu da se mlade zmije kako hranjenja prolaze približavaju u svim odrednicama

istraživanja plijena, napada, manipulacije prije gutanja te samom gutanju u odnosu na odrasle zmije.

Odrasle zmije imaju više vrijednosti faktora vezanih za istraživanje plijena, a to možemo objasniti time da su mlade zmije nesigurne i puno duže im treba da prepoznaju miša kao plijen. Više vrijednosti vremenskog trajanja tipa istraživanja možemo objasniti time da mlade zmije istražuju plijen, dok odrasle plijen brže prepoznaju pa i napadaju. Kroz hranjenja možemo vidjeti tendenciju približavanja vrijednosti mladih zmija vrijednostima odraslih, što nam pokazuje da su mlade zmije naučile prepoznavati plijen i brže su u napadu. Više vrijednosti tipa istraživanja kod velikih zmija možemo objasniti time da kod njih istraživanja gotovo da nema ili je ono vizualno i olfaktorno. Niže vrijednosti kod mladih zmija možemo objasniti time da one gotovo uvijek istražuju plijen i to većinom vizualno ili olfaktorno. Kroz hranjenja se vidi tendencija približavanja vrijednosti hranjenja mladih i odraslih zmija. Kod trećeg i osmog hranjenja gotovo dolazi do izjednačenja u vrijednostima.

Pri prvim hranjenjima mlade zmije se ne koriste omatanjem pa su vrijednosti niže u odnosu na odrasle zmije. Već u trećem hranjenju se odnos vrijednosti mijenja u korist mladih zmija što znači da su se počele koristiti omatanjem kako bi ubile svoj plijen. Vrijednosti u ostalim hranjenjima i dalje rastu, a to možemo objasniti time da mladim zmijama treba više vremena da se omotaju oko plijena. U jedanaestom hranjenju možemo primijetiti kako su se vrijednosti odraslih i mladih zmija približile, što bi značilo da su se mlade zmije kroz hranjenja poboljšale u lovu. Više vrijednosti broja napada i vremenskog trajanja od prvog do zadnjeg napada kod mladih zmija možemo objasniti time što mlade zmije napadaju više puta zbog neprepoznavanja miša kao plijena. Osmo hranjenje se u odnosu na drugo razlikuje u tome što su vrijednosti niže čak i od vrijednosti odraslih zmija. To objašnjavamo time što su na početku mlade zmije imale veći broj napada, dok su odrasle zmije bile efikasne odmah pri prvom napadu. Više vrijednosti kod mladih zmija možemo objasniti time što mlade zmije napadaju više puta zbog neprepoznavanja miša kao plijena. Na kraju možemo zaključiti da se vrijednosti hranjenja mladih zmija približavaju vrijednostima odraslih zmija, što nam može ukazivati i na proces učenja.

Sve vrijednosti vezane za manipulaciju mišem prije gutanja i gutanje pokazuju niže vrijednosti kod odraslih zmija nego kod mladih zmija, što bi značilo da su odrasle zmije puno iskusnije u manipulaciji plijenom prije gutanja i samom gutanju. Vrijednosti mladih zmija su

različite od vrijednosti odraslih zbog toga što su mlade zmije pri prvim hranjenjima odmah počinjale sa gutanjem. Upravo zbog toga što vrijednosti padaju pa rastu vidi se da mlade zmije zbog ne postojanja omatanja, pa tako i ubijanja plijena puno češće puta pogriješe, moraju zagristi više puta kako bi pravilo uhvatile miša. S obzirom na to da nisu ubijale plijen, miš im je često znao izmigoljiti iz usta pa su one morale ponovo počinjati sa gutanjem. Isto tako može se vidjeti trend izjednačenja vrijednosti sa odraslim zmijama, što znači da su u svakom slučaju mlade zmije postale kroz hranjenja spretnije. Usporedba drugog, trećeg, petog i osmog hranjenja pokazuje da su mlade zmije pokazale napredak u odnosu na prethodno hranjenje i da im treba manje vremena za manipulaciju mišem i gutanje. Više vrijednosti vremena od zadnjeg zagriža do početka gutanja možemo objasniti time da mlade zmije provode više vremena tražeći pravo mjesto za gutanje (glavu). Više vrijednosti vezane za gutanje i oporavak od gutanja možemo objasniti time da mladim zmijama treba više vremena da progutaju plijen kao i da se oporave od gutanja. Hranjenja pokazuju oscilacije u vrijednostima koje objašnjavamo veličinom miša i zmija. Kroz hranjenja vidimo trend pada vrijednosti vezanih za vrijeme od prvog zagriža do otpuštanja omotaja kod mladih zmija i njihovog približavanja vrijednostima odraslih zmija, zaključno sa jedanaestim hranjenjem. Ističu se treće, četvrto i šesto hranjenje. To možemo objasniti time da se u prvim hranjenjima zmije nisu omatale pa im je trebalo više vremena da ubiju miša dok se u ostalim hranjenjima zmije ipak omataju pa je to vrijeme bilo kraće. Oscilacije su najvjerojatnije uzrokovane time što se u pojedinim hranjenjima neke mlade zmije još uvijek nisu omatale oko plijena.

Prva zmija u osmom hranjenju pokazuje gotovo dvostruko više vrijednosti od ostalih zmija u tom hranjenju, u prema tome možemo reći da je ona utjecala na rezultate analiza i da nam zato osmo hranjenje iskače od ostalih i ne uklapa se u analizu.

Jako malo istraživanja je napravljeno na području ontogenije manipulacije plijenom kod gmazova. Dosadašnja istraživanja bila su uglavnom na odraslim jedinkama, a najčešći predmet istraživanja su bile tehnike lova i način odabira plijena. Iako su kukuruzne zmije mnogo puta bile predmet istraživanja zbog lakoće njihovog uzgoja u kontroliranim uvjetima, nikada se nije napravila studija vezana za razvoj i učenje manipulacije plijenom u juvenilnih zmija. Ovo istraživanje je jedno od rijetkih na ovom području i po tome je značajno za daljnje proučavanje i bolje razumijevanje načina lova i razvoja mladih zmija.

7. ZAKLJUČAK

Usporedba hranjenja mladih zmija pokazuje da se iskustvo manipulacije plijenom mijenja i da mlade zmije pokazuju određen stupanj učenja kako hranjenja prolaze.

Usporedba hranjenja odraslih zmija sa svih devet hranjenja mladih zmija pokazuje da se svako pojedino hranjenje mladih razlikuje od hranjenja odraslih zmija, ali kroz koja vidimo da se mlade zmije pokazuju napredak u manipulaciji plijenom.

8. LITERATURA

Cock Buning T de (1983). Thermal sensitivity as a specialisation for prey capture and feeding in snakes. *Amer.Zool.* 23: 363-375

Greene H.W. (1983). Dietary correlates of the origin and radiation of snakes. *Amer.Zool.*23: 431-441

Hock K. (1999). Manipulacija zmije zelene jamičarke (*Trimeresurus albolabris*, Gray 1843) plijenom

Huey R.B., Pianka E.R. (1981). Ecological consequences of foraging mode. *Ecology.*, 62 (-4-): 991-999

Mattison C. (1998). *The encyclopedia of snakes*, Blandford, UK, 1998

Metha R.S. (2009). Early experience shapes the development of behavioural repertoires of hatchling snakes. *J Ethol.* 27: 143-151

Pough F.H., Andrews R.M., Cadle J.E., Crump M.L., Savitzky A.H., Wells K.D. (2001). *Herpetology*, Prentice Hall, New Jersey, 2001

Schulz K.L. (1996). *A monograph of the colubrid snakes of the genus Elaphe*, Koeltz Scientific Books, 2001

Willard D.E. (1977). Constricting methods of snakes. *Copeia* (-2-): 379-382