

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Petra Baček

**Morfološka diferencijacija križanaca dviju fenotipski divergiranih populacija
primorske gušterice *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810)**

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

Ovaj rad je izrađen na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom dr. sc. Anamarie Štambuk. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

Ovim putem se zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Anamarii Štambuk na stručnoj pomoći i izdvojenom vremenu te vodstvu tijekom izrade ovog rada.

Veliko hvala dr. Óscaru Mira bez koga ovaj rad ne bi bio ni blizu kraja.

Zahvaljujem svim djelatnicima i volonterima Zoološkog vrta grada Zagreba koji su sudjelovali u kako se činilo beskrajnom prikupljanju podataka.

Hvala svima koji su posredno i neposredno sudjelovali u izradi ovog rada.

Najveće hvala mojoj obitelji (koja je oduvijek moj najveći fan) na bezuvjetnoj podršci i ogromnim količinama strpljenja prilikom pisanja ovog rada.

I hvala Domagoju za sve čokolade koje su mi pomogle da napišem ovaj rad.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Morfološka diferencijacija križanaca dviju fenotipski divergiranih populacija primorske gušterice *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810)

Petra Baček
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Brza evolucija biološki je proces u kojem se promjene neke populacije događaju toliko brzo da su vidljive već unutar nekoliko generacija. Jedan od intrigantnijih primjera brze fenotipske divergencije je rezultat translokacijskog eksperimenta provedenog 1971. godine. Pet parova primorske gušterice (*Podarcis siculus*) prebačeno je s otočića Pod Kopište na Pod Mrčaru gdje do tada vrsta nije bila prisutna. 37 godina kasnije otkriveno je da je novo introducirana populacija na otoku Pod Mrčaru u to kratko vrijeme razvila razne fenotipske promjene u odnosu na izvornu populaciju. U ovom radu uspoređivani su potomci prve generacije unakrsnog križanja jedinki s oba otoka. Cilj ovog rada je bio ustvrditi nasljednost morfoloških svojstava kod križanaca jer se time indicira da utvrđene fenotipske razlike imaju genetsku osnovu. Kroz razvojni period od izlijevanja do navršene prve godine života mjerilo se osam morfoloških obilježja (mjere cijeloga tijela, s naglaskom na mjere glave obzirom da su najveće uočene razlike između populacija vezane za veličinu glave). Statistička obrada dobivenih podataka pokazala je da spol ima velik utjecaj na veličinu jedinke, a promatranjem trendova vidi se da križanci imaju mjere različite od čistih jedinki što je nagovještaj da postoji genetska osnova za prikazane rezultate, no potreban je puno veći uzorak kako bi se to moglo sa sigurnošću potvrditi.

(42 stranica, 31 slika, 9 tablica, 23 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)
Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: brza evolucija, morfologija, unakrsno križanje, fenotipske varijacije

Voditelj: dr. sc. Anamaria Štambuk, doc.
Neposredni voditelj: dr. Óscar Mira Perez
Ocjenitelji: dr. sc. Anamaria Štambuk, doc.
dr. sc. Sandra Radić Brkanac, izv. prof.
dr. sc. Blanka Cvetko Tešović, izv. prof.
dr. sc. Neven Bočić, izv. prof.

Rad prihvaćen: 13.02.2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Division of Biology

Graduation Thesis

Morphological differentiation of crosses of two phenotypically divergent populations of Italian wall lizard *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810)

Petra Baček

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Rapid evolution is a biological process in which phenotypic and genetic changes happen so fast that they are noticeable within generations. One of the intriguing examples of rapid phenotypic divergence is a result of a translocating experiment conducted in 1971. Five pairs of Italian wall lizard (*Podarcis siculus*) were transferred from a small islet Pod Kopače onto Pod Mrčaru islet where the species was not present before. After only 36 years it was discovered that the new established, introduced population from Pod Mrčaru had developed diverse phenotypic changes compared to the native population. With the objective of determine the inheritance of those morphological traits we set a reciprocal cross-experiment with individuals from both islands. The crossbreeding was performed in common garden conditions to determine if the phenotypic differences between offspring have genetic background. We measured eight morphologic traits, emphasizing head measures, considering that the biggest observed differences between populations were in head shape. Those traits were measured every two months through the developmental period, from the moment of hatching until one year afterwards. In this work we present the results of the morphometric analysis of the the first generation of offspring. The results show that the sex has a big influence on the individual size. While observing the overall data pattern it seems that hybrids have different values than pure crosses which suggests that there is a genetic background for the differences. However, bigger sample size is needed to confirm it with certainty.

(42 pages, 31 figures, 9 tables, 23 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: rapid evolution, morphology, crossbreeding, phenotypic variations

Supervisor: dr. sc. Anamaria Štambuk, Asst. prof.

Assistant Supervisor: dr. Óscar Mira Perez

Reviewers: dr. sc. Anamaria Štambuk, Asst. prof.

dr. sc. Sandra Radić Brkanac, Assoc. prof.

dr. sc. Blanka Cvetko Tešović, Assoc. prof.

dr. sc. Neven Bočić, Assoc. prof.

Thesis accepted: 13.02.2019.

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Primorska gušterica <i>Podarcis siculus</i> Rafinesque-Schmaltz, 1810.....	1
1.1.1. Invazivnost.....	2
1.1.2. Prirodna hibridizacija.....	3
1.2. Brza evolucija	4
1.2.1. Mehanizmi brze evolucije	5
1.3. Translokacijski eksperiment	6
1.4. Cilj istraživanja	7
2. Područje istraživanja	7
2.1. Uloga staništa u brznoj evoluciji.....	8
3. Materijali i metode.....	9
3.1. Sredstva i postupci rada	9
3.1.1. Inicijalno istraživanje	9
3.1.2. Izlijeganje i obrada jedinki	10
3.2. Morfološka mjerenja	11
3.3. Statističke metode.....	12
3.3.1. Neparometrijski testovi	13
3.3.2. Wilcoxonov test sume rangova.....	13
3.3.3. Kruskal – Wallisov test.....	13
3.3.4. Post-hoc testovi.....	14
4. Rezultati.....	15
4.1. Križanje.....	15
4.2. Podrijetlo oca	20
4.3. Podrijetlo majke	22
4.4. Spol.....	24
4.5. Grupa	26
4.6. Veličina tijela	30
5. Rasprava	35
6. Zaključak.....	38
7. Literatura	39
8. Prilozi.....	42
9. Životopis	VII

Popis oznaka i kratica

HHgh	Visina glave, mjerena na najvišem dijelu glave
HLgth	Duljina glave, mjerena od njuške do kraja glave
SnLgh	Duljina njuške, mjerena od vrha njuške do kraja supralabialne ljuste
LwJaL	Duljina donje čeljusti, mjerena od početka donje čeljusti do kraja bubnjića
LwJaO	<i>"outlever"</i> donje čeljusti, mjerena od početka donje čeljusti do početka bubnjića
HWdth	Širina glave, mjerena na najširem dijelu glave
TailL	Duljina repa, mjerena od nečisnice do kraja repa
LtHip	Duljina tijela, mjerena od vrha njuške do nečisnice

1. Uvod

1.1. Primorska gušterica *Podarcis siculus* Rafinesque-Schmaltz, 1810

Podarcis siculus (Rafinesque-Schmaltz, 1810), primorska gušterica, je gmaz iz porodice gušterica, odnosno *Lacertidae*.

Boja tijela je smeđe-zelena, s varijacijama od jarko do maslinasto zelene, s obojenim uzorkom na leđima. Čine ga prepoznatljive tamne pruge koje se protežu cijelom dužinom tijela. Sastoje se od niza tamnih razdvojenih mrlja koje se nastavljaju sve do kraja smeđeg repa. Trbuh je uglavnom jednolične bijele ili kremaste boje, a na vanjskom dijelu trbušnih pločica vidljive su jarko plave točkice. Primorska gušterica ima veliku kromatsku varijabilnost duž svog ranga rasprostranjenosti što je posebno uočljivo na otočnim populacijama (Arnold, 2002).

Na vitko tijelo nastavljaju se snažni udovi, posebice stražnji, te izdužena glava s tupom njuškom. To je robustan gušter duljine tijela od 55 do 70 mm duljine s repom jednake ili čak veće dužine. Primijećen je spolni dimorfizam, mužjaci tipično imaju veće glave, dulje stražnje udove te bolje razvijene bedrene pore, dok su ženke općenito sitnije (Vervust i sur., 2007).

Pare se u travnju i svibnju te su tada mužjaci posebno agresivni jer se bore za ženke, a tijekom parenja mužjak čeljustima čvrsto hvata ženku (Marguš, 2009). Ženka polaže uobičajeno 2 do 7 jaja ispod lišća, a mogu imati do pet legla godišnje. Nakon 6 do 8 tjedana, ovisno o temperaturi na kojoj se inkubiraju, iz jaja se izliježu mladunci koji su odmah samostalni. Mužjaci dosežu spolnu zrelost nakon godinu dana, dok je ženkama ponekad potrebno oko dvije godine (Vervust i sur., 2007).

Rasprostranjena je po cijelom Sredozemlju, u Italiji, dijelovima Francuske, Španjolske i Turske te u Sloveniji i Bosni i Hercegovini. Može je se pronaći čak i u SAD-u te rubnim dijelovima Afrike poput Libije i Tunisa. U Hrvatskoj je nalazimo na obalnom području i na otocima (Podnar, 2005). Pokriva jako raznolika staništa, od morske obale, livada i grmovitih područja preko suhozida, makije, suhih kamenjarskih pašnjaka pa sve do rubova šuma i naselja. Također nastanjuje i krške planine pa je se često može vidjeti uz planinarske puteve, skroz do 2 000 m nadmorske visine. Primorska gušterica je dobar trkač, a loš penjač pa više bira

staništa na tlu, a njena agresivnost prema drugim gušterima omogućava joj biranje, odnosno nastanjivanje povoljnijih staništa (Crnobrnja-Isailović i sur., 2009).

Kao i ostatak gmazova, ektotermna je životinja te njezina tjelesna temperatura ovisi o temperaturi okoliša u kojem se nalazi. Aktivna je danju pa toplinu dobiva sunčanjem ili upijanjem s neke tople, zagrijane površine. Hibernira kroz jesen i zimu, od početka studenog pa sve do početka ožujka. Hrani se raznim beskralježnjacima poput puževa i pauka, no glavninu prehrane joj čine kukci i njihove ličinke. Iako su joj čeljust i probavilo prilagođeni mesoždernom načinu prehrane, ponekad jede i plodove. Najveća prijetnja su joj ptice, ali i poneke zmije i sisavci, a u naseljenim krajevima često završi kao hrana domaćim mačkama (Marguš, 2009).

1.1.1. Invazivnost

Primorska gušterica je oportunistička vrsta, vrlo lako se prilagođava na različite uvjete i staništa i to u vrlo kratkom vremenskom roku. Ta karakteristika je čini veoma opasnom invazivnom vrstom jer se prilikom kolonizacije staništa često nalazi u kompeticiji s autohtonim vrstama. Iz tog razloga predstavlja prijetnju za bioraznolikost jer nerijetko istiskuje autohtone vrste pri čemu kod otočnih populacija često dolazi do izumiranja endemskih vrsta (Podnar, 2005; Cascio i Corti, 2006). Uz gore navedeno područje rasprostranjenosti važno je naglasiti da je njezin prirodni raspon u početku bio unutar granica Apeninskog poluotoka te na Siciliji (Silva-Rocha i sur., 2012), a s obzirom da nastanjuje antropogena staništa i danas se često slučajnim transportom prenosi na nove lokacije (Podnar, 2005; Silva-Rocha i sur., 2014).

Mnogi istraživači su se bavili proučavanjem odnosa između primorske gušterice i ostalih autohtonih vrsta te je primijećeno često istiskivanje autohtonih vrsta sa zajedničkih lokaliteta. 1958. godine Radovanović je uspoređivao populacije dviju lacertidnih gušterica koje su široko rasprostranjene duž Jadranske obale i na mnogim otocima. *Podarcis siculus*, primorska gušterica i *Podarcis melisellensis*, krška gušterica, obje nastanjuju kopneno područje i velike otoke, iako su uvijek prostorno odvojene. Unatoč tome, nikad nisu uočene zajedno na manjim otocima (< 10 hektara). Od proučavanih 46 manjih otoka, na njih 28 bila je prisutna populacija *P. melisellensis*, a na 18 populacija *P. siculus*. (Nevo i sur., 1972 prema Radovanović, 1959). Radovanovićeva hipoteza za takvu raspodjelu jest da je primorska

gušterica kao robusnija vrsta svojom introdukcijom na određene otočiće kompeticijom iskorijenila kršku. Kako bi ustvrdio svoju teoriju, 1958. godine je na jadranski otočić naseljen primorskom guštericom uveo nekoliko jedinki krške gušterice, a godinu kasnije je na tri otočića naseljena krškom guštericom uveo par jedinki primorske gušterice.

1971. godine Nevo je sa skupinom istraživača krenuo u obilazak tri lokaliteta čime su nadopunili njegovo inicijalno istraživanje. Na otoku Koromašna pronađena je samo primorska gušterica, koja je tamo originalno i bila, čime je potvrđeno da je introdukcija krške gušterice bila neuspješna. Na otoku Krpeljina pronađena je bujna populacija krške gušterice čime je, suprotno originalnim rezultatima, dokazano da je na tom lokalitetu introdukcija primorske gušterice bila neuspješna. Zadnji lokalitet koji je ovaj tim znanstvenika posjetio bio je Mali Obrovanj, najmanji od svih otočića u eksperimentu na koji je uneseno 7 jedinki vrste *Podarcis siculus*. Uočene su jedinke obje vrste, iako je broj jedinki primorske gušterice bio značajno veći u odnosu na broj jedinki krške gušterice. Unatoč maloj površini otoka, vrste su pronađene na različitim staništima. Primorska gušterica je opažena na periferiji otoka koja je relativno otvorena, dok je krška pronađena u središtu koje je prekriveno gustom vegetacijom. Zaključeno je da razlike u poželjnim staništima mogu odgoditi iskorjenjivanje neke vrste te da sam proces zamjene nije toliko brz kao što se izvorno mislilo, ali se pretpostavlja da će se isključivanje u konačnici dogoditi s obzirom da nema malih otoka koji prirodno naseljavaju obje vrste.

1.1.2. Prirodna hibridizacija

Velika zainteresiranost znanstvenika za vrste iz roda *Podarcis* nije neopravdana. Pokazalo se da izuzev istiskivanja autohtonih populacija, ponekad dolazi i do hibridizacije dviju kompetitivnih vrsta. Općenito govoreći, prirodna hibridizacija je uspješno parenje u prirodnom okolišu pri čemu jedinke moraju biti iz različitih populacija te se razlikovati u barem jednoj nasljednoj karakteristici. Obje do sada navedene vrste poznate su po velikom broju podvrsta, za *P. melisellensis* zabilježeno je njih 18, dok ih je za *P. siculus* zabilježeno čak 39. Neke od razlika među podvrstama su boja na trbuhu i leđima te uzorak šara, a primjetna je i razlika u veličini. Treba istaknuti kako su najveće i najbrojnije razlike u izoliranim otočnim populacijama (Gorman i sur., 1975 prema Mertens i Wermuth, 1960).

Prirodna hibridizacija kod vrsta iz porodice *Lacertida* je slabo istražena, no postoje tri poznata slučaja kojima je zajedničko da je u hibridizaciji sudjelovala i primorska gušterica. Kada dođe u kontakt sa genetski srodnim vrstama u uskoj zoni preklapanja njihovih areala može doći do hibridiziranja. To je također češće u otočnim staništima, pogotovo onima koja su antropogeno izmijenjena (Capula i Ceccarelli, 2003).

Primjer hibridizacije proučavan je na Sardiniji na vrstama *Podarcis tiliguerta* i *Podarcis siculus* gdje se pojavljuju obje vrste. Njihova raspodjela na otoku je takva da im se areali većinom ne preklapaju jer ne mogu koegzistirati u istom mikrostaništu. Morfološki su izuzetno slični, s malom razlikom u boji vratova - *P. sicula* ima čisto bijeli vrat, a *P. tiliguerta* crne mrlje. Jedinke su ulovljene na šest različitih lokaliteta te su elektroforeskom analizom dijela repova svrstani u kategorije - genetski čiste jedinke i F1 hibridi. Samo na jednom lokalitetu su uočene genetski čiste jedinke obje vrste te njihovi F1 hibridi i to u veoma kratkoj zoni preklapanja (< 1 km), ali je to dovoljno da se dokaže postojanje prirodne hibridizacije (Capula, 2002).

1.2. Brza evolucija

Različiti evolucijski mehanizmi djeluju na sva živa bića, odnosno na promjenu učestalosti nasljednih osobina koje postaju vidljive nakon niza generacija. Ranije se vjerovalo da je evolucija veoma spor proces, te da se male i postupne genetske promjene nakupljaju kroz tisuće, pa i milijune godina, sve dok se na kraju ne pojavi nova vrsta. Također se smatralo da ekološki i evolucijski procesi zauzimaju različite vremenske okvire te da se kao takvi ne mogu uspoređivati (Thompson, 1998). Ako u obzir uzmemo da se ekološko vrijeme definira kao vrijeme mijenjanja okoline, ono se zapravo usredotočuje na događaje u rasponu od nekoliko desetaka do stotina godina, odnosno to je vrijeme koje mi ljudi možemo izravno promatrati. U obzir treba uzeti i prosječan životni vijek promatrane vrste pa tako dolazimo i do definiranja ekološkog vremena kao vremena mijenjanja okoline unutar nekoliko generacija. S druge strane, evolucijsko vrijeme uključuje ekološko, ali je predstavljeno milijunskom skalom (Hairston i sur., 2005). Promatrajući iz te perspektive izgleda kao da su to suprotstavljeni pojmovi, no u posljednjih 30ak godina pojavili su se primjeri evolucije koja se dogodila pred našim očima.

S obzirom na širok raspon promjena u okolišu izloženi organizmi pokazuju veliku otpornost i sposobnost prilagodbe. U takvim uvjetima nerijetko se javljaju promjene. One mogu biti kratkoročne te se javljati za života određenog organizma u vidu fenotipskih varijacija ili pak dugoročne evolucijske inovacije koje su vidljive među generacijama (López-Maury i sur., 2009). Većina istraživanja ipak započinje uočenim fenotipskim varijacijama pa treba razlikovati fenotipsku i brzu evoluciju. Brza evolucija u širem smislu obuhvaća bilo koju brzu promjenu populacije, uključivo i značajne fenotipske promjene. No, tek kada je moguće dokazati da promjene imaju genetsku osnovu može se govoriti o pravoj brznoj evoluciji. Hairston i suradnici su još 2005. godine predložili da se brza evolucija definira kao genetska promjena koja se događa dovoljno brzo da ima mjerljiv utjecaj na istovremenu ekološku promjenu. Unatoč nedostatku istraživanja, dosadašnji rezultati iznenadili su mnoge s obzirom da su proučavane promjene doista vidljive i znanstveno dokazane, a odvile su se do tada smatrano nemogućom brzinom.

1.2.1. Mehanizmi brze evolucije

Kako bi došlo do same promjene, fenotipske ili genetske, mora se narušiti prirodna ravnoteža. To se događa kada se promjene uvjeti u samoj populaciji ili kada dođe do promjene u okolišu. Razlike u okolišnim uvjetima, ekološkoj niši ili prisutnosti predatora samo su neki od mnogih koji pokreću osnovne evolucijske mehanizme - genetske varijacije, prirodni odabir i genetski pomak (Barton i Charlesworth, 1984).

Kada govorimo o brznoj evoluciji nailazimo na slučajeve gdje su se jedinke morale prilagoditi novim uvjetima u svom okolišu uglavnom zbog antropogenih promjena koje su ih snašle, no ipak je najviše promatranih slučajeva s jedinkama koje su se eksperimentalno našle u novom okolišu. Primjeri takvih istraživanja su i ranije navedeni, samo u vidu međudnosa određenih vrsta (Capula, 2002). No, što kada takva promjena uzrokuje genetski pomak - nezavisan proces koji stvara slučajne promjene osobina u populaciji? S obzirom da je nasumičan, može dovesti do potpunog nestanka nekih alela te tako smanjiti genetsku varijabilnost populacije. Poseban slučaj genetskog pomaka je efekt osnivača koji je prisutan isključivo kada se mala skupina jedinki odvoji od ostatka populacije. Zbog manje genetske varijabilnosti se nasumičnim uzorkovanjem alela dodatno smanjuje mogućnost genetskih varijacija, no smatra se da u ekstremnim slučajevima baš ta promjena broja alela i njihovo nasumično

uzorkovanje može dovesti do nastanka nove vrste (Templeton, 1980). Međutim, Barton (1996) je nakon svojih opsežnih istraživanja osnovnih evolucijskih procesa zaključio kako je možda ipak najvažniji prirodni odabir. Prema njemu, novi ekološki uvjeti koji dočekuju kolonizirajuće populacije imaju veću ulogu u njihovom genskom razvoju i specijaciji prema novim vrstama.

1.3. Translokacijski eksperiment

Školski primjer za brzu evoluciju može se pronaći već u našoj blizini, na dva otočića u Lastovskom arhipelagu. Obzirom da je otočje jako izolirano, jedno je od biološki najočuvanijih prostora na Sredozemlju. Nakon što je Nevo (1972) sa skupinom znanstvenika prošao Radovanovićevim stopama te došao do nekih različitih zaključaka, odlučio je i sam provesti sličan eksperiment. Ubrzo su dva mala otočića Pod Kopište i Pod Mrčaru postali prirodni laboratoriji. Cilj tog istraživanja bio je bolje proučiti kompeticiju između vrsta pa je u kolovozu 1971. prebačeno pet pari primorske gušterice (*Podarcis siculus*) s izvornog otoka Pod Kopište na otok Pod Mrčaru gdje navedena vrsta do tada nije bila zabilježena. Istovremeno je i s otoka Pod Mrčaru na otok Pod Kopište prebačeno pet parova krške gušterice (*Podarcis melisellensis*).

37 godina kasnije, nova skupina istraživača je otkrila da je na oba otoka prevladala primorska gušterica. Čak je u potpunosti istisnula kršku na Pod Mrčaru gdje je ova činila autohtonu populaciju, dok se na Pod Kopištu krška nije uspjela prilagoditi. Originalna ideja istraživanja kompetitivnih odnosa je time zapostavljena, no otkriveno je nešto mnogo zanimljivije. Naime, novo introducirana populacija primorske gušterice na otoku Pod Mrčaru fenotipski se razlikovala u odnosu na izvornu populaciju. Pretpostavka znanstvenika je da su pronađene jedinke na Pod Kopištu nepromijenjene te da su to izvorni predci evoluiranih jedinki s Pod Mrčaru što ih čini svjedocima evolucijskih promjena koje su se zbile u nekoliko desetljeća, odnosno u vremenskom okviru ljudskog života. Postavlja se pitanje kolike razlike mogu biti između dvije populacije u tako kratkom vremenskom roku? Primijećeno je da su gušterice s Pod Kopišta imale duže stražnje udove i postizale su veće brzine prilikom trčanja, no općenito su sitnije u odnosu na jedinke s Pod Mrčaru. Veće glave jedinki s Pod Mrčaru značile su i snažniji ugriz što se također slaže s njihovim prelaskom na biljnu prehranu. S obzirom da se biljna hrana teže probavlja, proučen je i njihov probavni sustav gdje je

otkriveno novo iznenađenje. Naime, jedinke s Pod Mrčaru su razvile cekalne zaliske koji su po izgledu i strukturi slični onima u biljojeda, a pronađeni su i u juvenilnim jedinkama što sugerira genetsku osnovu za tu razliku. Nadalje, uočena je veća gustoća populacije na otoku Pod Mrčaru te izostanak borbe za teritorije, odnosno povoljna staništa s obzirom da je biljne hrane u izobilju (Herrel i sur., 2008, Vervust i sur., 2010).

1.4. Cilj istraživanja

Osnovna ideja cijelog istraživanja jest da se potvrdi, odnosno demantira brza evolucija kod primorske gušterice (*Podarcis siculus*). S obzirom na brojne promjene između izvorne i novoustanovljene populacije, istraživanje je veoma opsežno te se ovaj diplomski rad bavi samo jednim dijelom usporedbe, a to je morfološka diferencijacija potomaka u unakrsnom križanju. Cilj je proučiti morfološke razlike između križanaca prve generacije koji su se razvijali u jednakim okolišnim uvjetima budući da je glavna hipoteza ovog rada da će morfološka diferencijacija biti prisutna i kod potomaka prve generacije križanja. Dakle, ako utvrdimo nasljednost morfoloških svojstava, indicira se da utvrđene fenotipske razlike imaju genetsku osnovu.

2. Područje istraživanja

Otoci Pod Kopište (42°45' N, 16°43' E), površine 0,036 km², i Pod Mrčaru (42°46' N, 16°46' E), površine 0,014 km², dio su Lastovskog arhipelaga koji je 2006. proglašen Parkom prirode. Nalaze se sjeverozapadno od samog Lastova, međusobno udaljeni oko 4,5 km (Slika 1.).



Slika 1. Smještaj otočića Pod Kopište i Pod Mrčaru (prema Beck A. Wehrle, 2016).

Izgrađeni su od karbonatnih stijena, pretežito jurskih naslaga vapnenca i dolomita nastalih taloženjem organskog materijala, odnosno vapnenačkih kućica i skeleta izumrlih morskih životinja. Iako su građom i veličinom, pa i geografskim smještajem veoma slični otoci, razlikuju se u vegetacijskom pokrovu, a time i u uvjetima koje pružaju životinjskom svijetu koji ih nastanjuje. Oba otoka su u središtu prekrivena bujnom vegetacijom koja se izdiže do 20 m na otoku Pod Mrčaru, odnosno i do 30 m na otoku Pod Kopište, a rubni dio čini ogoljeni stjenoviti pojas (Vervust i sur., 2007, 2010).

2.1. Uloga staništa u brzjoj evoluciji

Nakon prvih uočenih razlika u populacijama na otocima, provedeno je istraživanje samih otoka, odnosno uspoređena su mikrostaništa te predacijski pritisak. S obzirom da su na otocima uz primorsku guštericu od kralješnjaka bila zabilježena još samo oštroglava gušterica te galeb klaukavac, zaključeno je da su predatori gušterima na ovim otocima isključivo ptice. Prema tome, proučavana je vegetacija svakog otoka te koliku zaštitu nudi od zračnih napada tako da su na različita staništa na oba otoka postavljeni vjerni modeli guštera. Prema oštećenjima koja su modeli zadobili od kljunova ili njihova potpuna nestanka s određenih lokacija, zaključeno je da vegetacija na otoku Pod Mrčaru pruža veću zaštitu gušterima te da je zato tamošnja populacija procvala. Primijećeno je da gušteri s Pod Mrčaru imaju kraće udove i veće glave, sporiji su trkači i brže se umaraju jer je udaljenost koju moraju prijeći kako bi se sklonili od predatora manja nego na otoku Pod Kopište. Druga teorija je vezana uz prisutne populacije galeba klaukavca, koji se mnogo više gnijezdi na Pod Mrčaru. Unatoč većem riziku od predacije samih galebova, oni zapravo mogu smanjiti predacijski pritisak tako što tjeraju druge, možda čak i opasnije ptice grabljivice. Ovo istraživanje je pokazalo kako promjena samo jednog ekološkog faktora može biti dovoljna za promjenu ponašanja, morfoloških i fizioloških osobina neke vrste u evolucijski gledano izuzetno kratkom vremenskom roku (Vervust i sur., 2007).

3. Materijali i metode

3.1. Sredstva i postupci rada

3.1.1. Inicijalno istraživanje

Početak proljeća 2017. godine istraživački tim zaputio se na Lastovo. U dva dana, točnije 9.-10.3.2017. godine sa dva otoka, Pod Mrčaru i Pod Kopište ulovljeno je 87 jedinki (Tablica 1.). Prilikom hvatanja korištene su dvije metode, a sve jedinke su hvatane slučajnim odabirom. Prva metoda je ručno hvatanje rano ujutro tako da se preokretanjem kamenja pronađu jedinke koje spavaju ispod njih, a druga metoda je metoda hvatanja omčicom. Na kraj štapa se zaveže flaks koji završava omčicom kojom se hvata guštera iz daljine za vrat.

Sve jedinke su potom bile prebačene u pamučne vrećice označene bojom prema spolu te su držane u razdvojenim kutijama prema otoku s kojeg potječu.

Tablica 1. Broj ulovljenih jedinki po otoku i spolu

otok / spol	Mužjak (♂)	Ženka (♀)
Pod Kopište	23	26
Pod Mrčaru	19	19

S obzirom da je partner u projektu Zoološki vrt grada Zagreba, gušteri su po dolasku smješteni u terarije (60x30x30 cm) na prostoru ZOO vrta te pregledani od strane stručnjaka zbog potvrde spola i općeg fizičkog stanja.

Njih 64 sudjelovalo je u prvom krugu parenja tako da su bili podijeljeni prema lokacijama na kojima su nađeni u četiri različite grupe, odnosno križane su jedinke s istog otoka (Pod Kopište ♂ x Pod Kopište ♀, Pod Mrčaru ♂ x Pod Mrčaru ♀), te kombinacije majki i očeva s oba otoka (Pod Kopište ♂ x Pod Mrčaru ♀, Pod Mrčaru ♂ x Pod Kopište ♀). Spareni su po dvoje u terarij te su svi boravili u jednakim uvjetima. Fotoperiod je bio 12h pod UV svjetlom (Arcadia "T5 6% UVB Forest"), no jedan dio terarija bio je osvijetljen halogenim žaruljama koje ne zagrijavaju prostor (20 ili 35W, 4000K). Temperatura je održavana na 24°C i terariji su svaki dan špricani vodom. Hranjeni su šturcima (*Gryllus sp.*) tri puta tjedno, ponedjeljkom, srijedom i petkom uz napomenu da je ponedjeljkom i petkom dodan kalcij u prahu. Za supstrat za polaganje jaja i u inkubatoru stavljen je vermikulit. Sve jedinke su redovito

pregledavane te se pratilo stanje ženki tako da su se pravodobno otkrivena jaja prebacivala u inkubator gdje su bila držana u stalnim uvjetima (28°C) do trenutka izlijeganja.

3.1.2. Izlijeganje i obrada jedinki

Prva generacija navedenih križanja izlijegala se u periodu od 20.6. do 7.8.2017. godine. Nažalost, tijekom istraživanja tri jedinke su pobjegle čime smo od početnih 29, dobili uzorak od 26 jedinki (Tablica 2.).

Tablica 2. Broj izliježenih jedinki prema križanju i spolu.

križanje / spol	Mužjak (♂)	Ženka (♀)
KK	7	1
KM	4	3
MK	1	4
MM	2	4

Svaka jedinka je po rođenju bila pregledana, izvagana, fotografirana i prebačena u svoj terarij s oznakom. Prve tri jedinke smještene su u terarije veličine 60x30x30 cm, dok je ostatak bio smješten u posude veličine 23x17x7x cm. Oznake su dane prema kombinaciji roditelja uz pripadajući broj, tako su na primjer prvoj izliježenoj jedinki oba roditelja bila s otoka Pod Kopište te je dobila naziv KK 201, pri čemu je prvo slovo oznaka oca, a drugo oznaka majke. Držani su u jednakim uvjetima kao i roditeljske jedinke, ali su hranjeni juvenilnim šturcima.

Svaka jedinka bila je fotografirana 6 puta tijekom trajanja istraživanja, odnosno svaka dva mjeseca od datuma rođenja. Obzirom da je hibernacija prirodna pojava u životu svakog guštera, a za sto ispravnije istraživanje držani su u uvjetima sto sličnijim onima u prirodi, krajem prosinca 2017. godine mladunci su stavljeni u hibernaciju. Prvo im se prestaje davati hrana, ali im se normalno dodaje voda. Postupno se smanjuju fotoperiod i grijanje dok temperatura ne dosegne 10-12°C. Zatim se isključuju UV lampe i ostavljaju samo halogene žarulje koje su dnevno upaljene tri sata, od 10 do 13h.

Tako su hibernirali sve do kraja zime 2018. godine kada im se opet postupno povećavala temperatura do normalne te ih se nastavilo hraniti. Tijekom hibernacije nije bilo uznemiravanja jedinki te je tada i samo fotografiranje pauzirano. Idući datum fotografiranja bio je računat kao dva mjeseca od posljednjeg isključujući dane provedene u hibernaciji,

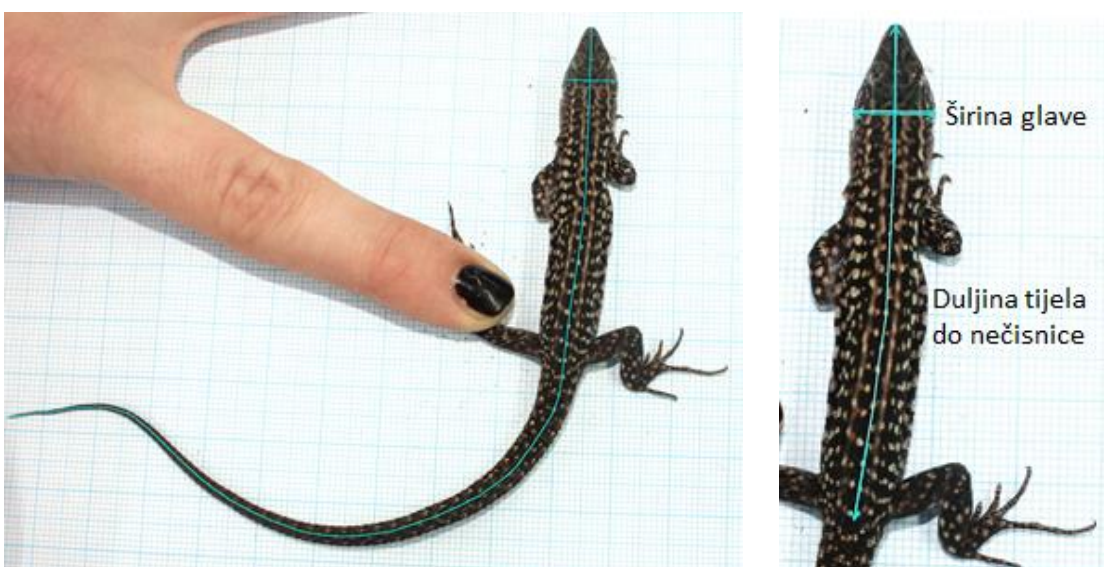
odnosno mjerenje se vršilo ubrzo nakon buđenja jedinki iz hibernacije. Za svako mjerenje bile su potrebne dvije fotografije na milimetarskom papiru, jedna cijelog tijela s repom, a druga samo profila glave.

Za fotografiranje je korišten fotoapararat Canon EOS 450D s pripadajućim objektivom Canon EF-S 18-55 f, koji je za fotografiranje tijela bio namješten na 18 (najmanji zoom), a za profil na 35 (krupni plan glave). Udaljenost objektiva na najmanjem zoomu od podloge slikanja bila je fiksno određena i iznosila je 16 cm.

Vaganje se vršilo 6 puta, uz prvo fotografiranje, treće, prije hibernacije, te četvrto, peto i posljednje, šesto fotografiranje. Tijekom istraživanja korišten je dinamometar te dva modela analitičkih vaga.

3.2. Morfološka mjerenja

Nakon fotografiranja, sve fotografije su prebačene na računalo gdje su se u programu imageJ vršila mjerenja. Program funkcionira tako da mu se zada nama poznata dužina u centimetrima, odnosno povuče dužina na milimetarskom papiru u pozadini, koju on prepoznaje kao određen broj piksela. Tako svaka linija koju povučemo, bilo ravna bilo izlomljena, dobiva vrijednost u centimetrima na osnovu svoje dužine u pikselima (Slika 2.). Na taj način su mjereni sljedeći parametri: širina glave, dužina tijela do nečisnice, dužina cijelog tijela te dužina repa.

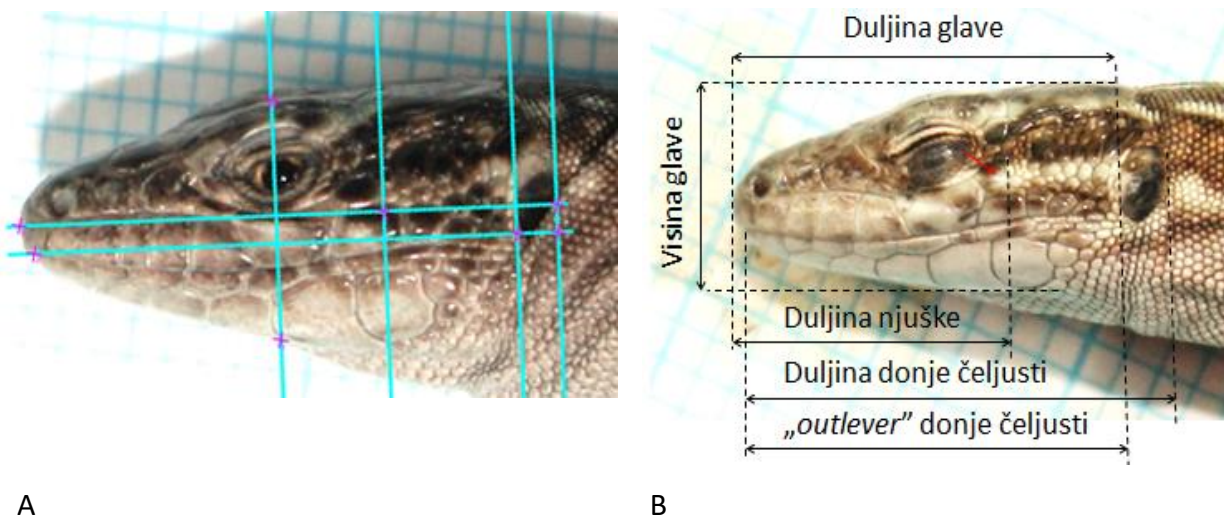


A

B

Slika 2. Mjere tijela: A. duljina cijelog tijela, B. širina glave, duljina tijela do nečisnice.

Također, program nudi opciju koordinata što je doprinijelo točnijim mjerama glave (Slika 3.A). Na pravilno povučanim linijama su na točno određenim mjestima postavljene točke čijim su se očitanjima dobivale koordinate te su uz pomoć matematičke formule za udaljenost između dvije točke ($d(T_1, T_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$) dale podatke za bitne parametre - visina i duljina glave, duljina njuške i donje čeljusti te „outlever” donje čeljusti (definiran kao udaljenost između zgloba čeljusti i vrha čeljusti) (Slika 3.B).



Slika 3. Mjere glave: A. prikaz postavljanja linija za očitavanje koordinata, B. prikaz mjerenih morfoloških parametara.

Svaka mjera je uzimana tri puta za svaku fotografiju te je za usporedbu i statističku obradu, a time i konačne rezultate, korištena srednja vrijednost kako bi se smanjila pogreška prilikom uzimanja mjera. Također, da se izbjegne samo uspoređivanje dobivenih dužina, svaka mjera je podijeljena s dužinom tijela do nečisnice (LtHip) te je tako standardizirana na veličinu jedinice. Tako je za samu statističku obradu bilo pripremljeno šest setova podataka, po jedan za svaku fazu fotografiranja (Prilog 1.- 6.).

3.3. Statističke metode

Daljnja obrada je vršena u računalnom programu RStudio, koji je besplatna i open-source integrirana razvojna okolina za R, programski jezik za statističko računanje i grafiku.

Promatrani su međuodnosi svih mjera od guštera do guštera prema sljedećim parametrima: križanje, majka, otac, spol i grupa (kombinacija križanja i spola). Očekivano s obzirom na relativno malu veličinu uzorka, podatci su značajno odstupali od normalne (Gaussove)

distribucije. Ponekad se jednostavnim transformiranjem podatka u neku drugu skalu može postići preraspodjela podataka u normalnu distribuciju (Field, 2009). Rađene su logaritamska, kutna ili inverzna sinus transformacija te recipročna transformacija koje u ovom slučaju nisu pomogle. Iz tog razloga su za obradu podataka korišteni neparametrijski testovi.

3.3.1. Neparametrijski testovi

Neparametrijska ispitivanja ponekad su poznati kao testovi bez pretpostavki jer ne specificiraju uvjete koje treba zadovoljiti kako bi se uspješno proveo test. Većina tih testova radi tako da se podatci rangiraju, odnosno najmanjoj vrijednosti pripisuje se rang 1, idućoj 2 i tako do kraja do najviše vrijednosti. Analiza se zatim provodi na rangovima, a ne na stvarnim podacima. Smatra se da neparametrijski testovi imaju manju snagu od parametrijskih upravo zato što se rangiranjem podataka gubi niz informacija poput kolika je razlika između pojedinih rangova. Naravno, i među neparametrijskim testovima postoje bolji i snažniji testovi te su upravo oni korišteni za obradu podataka u ovome radu. Korišteni su Wilcoxonov test sume rangova za usporedbu dva uzorka te Kruskal-Wallisov test za usporedbu tri ili više uzoraka. Kao post-hoc test korišteni su Dunnov test i Wilcoxonov test sume rangova (Field, 2009).

3.3.2. Wilcoxonov test sume rangova

Wilcoxonovim testom sume rangova provjeravamo pripadaju li promatrani uzorci populaciji s istim medijanom, odnosno traže se parovi čiji podatci pokazuju statistički značajnu razliku. To je neparametrijski pandan t-testu koji se koristi kada uspoređujemo dvije nezavisne grupe koje se sastoje od jednakog ili različitog broja uzoraka čija raspodjela ne pokazuje normalnu distribuciju (Field, 2009).

3.3.3. Kruskal – Wallisov test

Kruskal-Wallisov test je neparametrijski pandan ANOVA-i, odnosno predstavlja analizu varijance, ali se služi rangovima umjesto izmjerenim bročanim podacima. Koristi se kako bi se utvrdilo postoje li statistički značajne razlike između dviju ili više nezavisnih grupa koje se sastoje od jednakog ili različitog broja uzoraka. Međutim, ono što taj test ne govori jest koje se grupe međusobno statistički razlikuju niti koliko ih ima. Za to služe takozvani post-hoc

testovi. Laički rečeno, prvi test daje informaciju postoji li značajna razlika negdje u podacima, a drugi omogućava lociranje svih mjesta na kojima se pojavljuje (Field, 2009).

3.3.4. Post-hoc testovi

Zadaća takvih testova je ispitivanje kombinacije grupa kako bi se otkrilo koja grupa je odgovorna za postojanje razlike, a korišteni su Dunnov i Wilcoxonov test. Dunnov test je kompatibilan s Kruskal-Wallisovim jer se nastavlja na nj, odnosno prilikom usporedbe koristi iste rangove koji su prvotno doveli do zaključka da postoji statistički značajna razlika. Wilcoxonov test koristi svoje rangove te zapravo radi odvojeno što znači da smanjuje utjecaj koji bi mogla imati neka neovisna varijabla prilikom izvođenja testa na tri ili više nezavisnih grupa (Conover i Iman, 1979). Obzirom na mali broj uzoraka korištena su oba testa kako bi se rezultati što točnije interpretirali. Prilikom provedbe testova korištena je Holmova metoda korekcije koja služi za smanjivanje pogreške do koje može doći prilikom višestrukih usporedbi - što više hipoteza provjeravamo, to je veća vjerojatnost pogreške tipa I (lažno pozitivna). Podešavanje kriterija za odbijanja svake pojedinačne hipoteze se vrši tako da se sve p-vrijednosti poredaju od najniže do najviše te se procjenjuju s obzirom na kritičnu vrijednost. Kritična vrijednost se određuje kao količnik razine značajnosti i broja usporedbi. Ako se p-vrijednost pokaže značajnom, nastavlja se dalje uz promjenu kritične vrijednosti s obzirom da je sada prisutna jedna usporedba manje. Čim se prva p-vrijednost pokaže neznačajnom prekida se s usporedbama jer su nakon nje i sve ostale neznačajne (Holm, 1979).

4. Rezultati

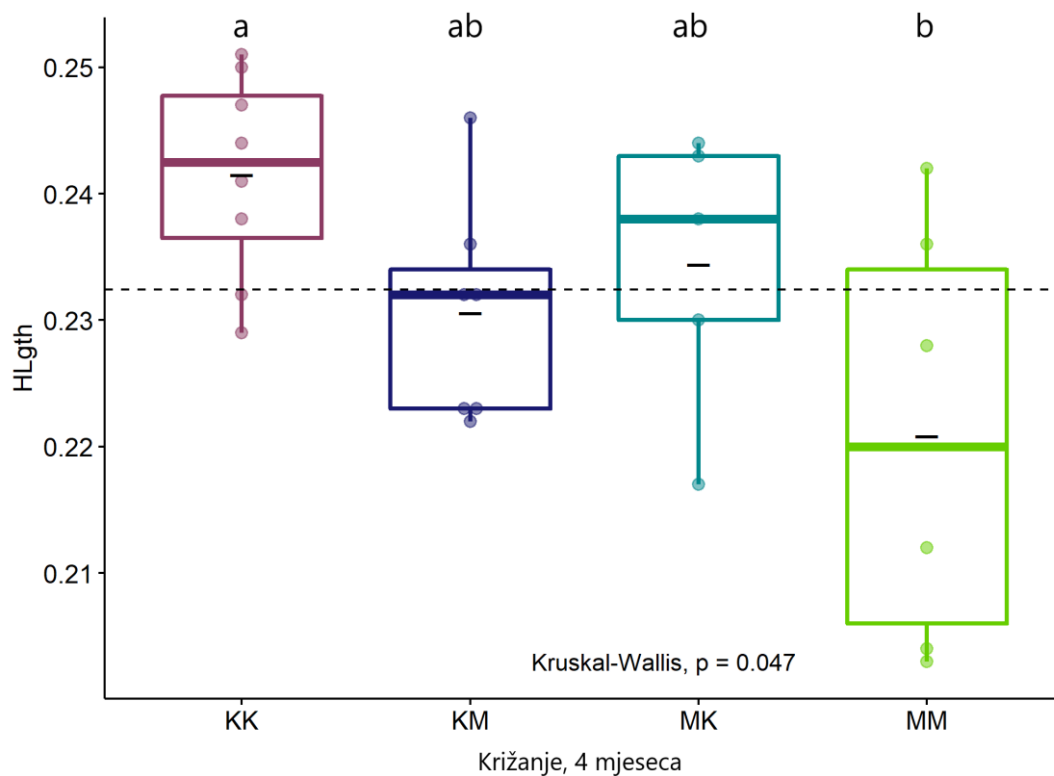
S obzirom da je cilj rada usporediti morfološke razlike u unakrsnom križanju dat će se pregled mjera podijeljen u pet kategorija prema kojima smo uspoređivali jedinke. Jedinke su uspoređivane na osnovu križanja, spola, podrijetla svakog roditelja te grupe (križanje + spol). Razdoblje promatranja je godina dana, ali je zbog hibernacije došlo do pomaka pa pratimo jedinke prilikom rođenja, te nakon dva, četiri, devet, jedanaest te trinaest mjeseci. Zanimljivo je da prilikom provedbe Kruskal-Wallisovog testa (za križanje i grupe) dobivamo informaciju da postoji statistički značajna razlika, ali se rezultati Dunnovog i Wilcoxonovog testa ne poklapaju. Grafički su prikazani rezultati nakon provedbe Dunnovog post-hoc testa s obzirom da Wilcoxonov nije ukazao na statistički značajne razlike.

4.1. Križanje

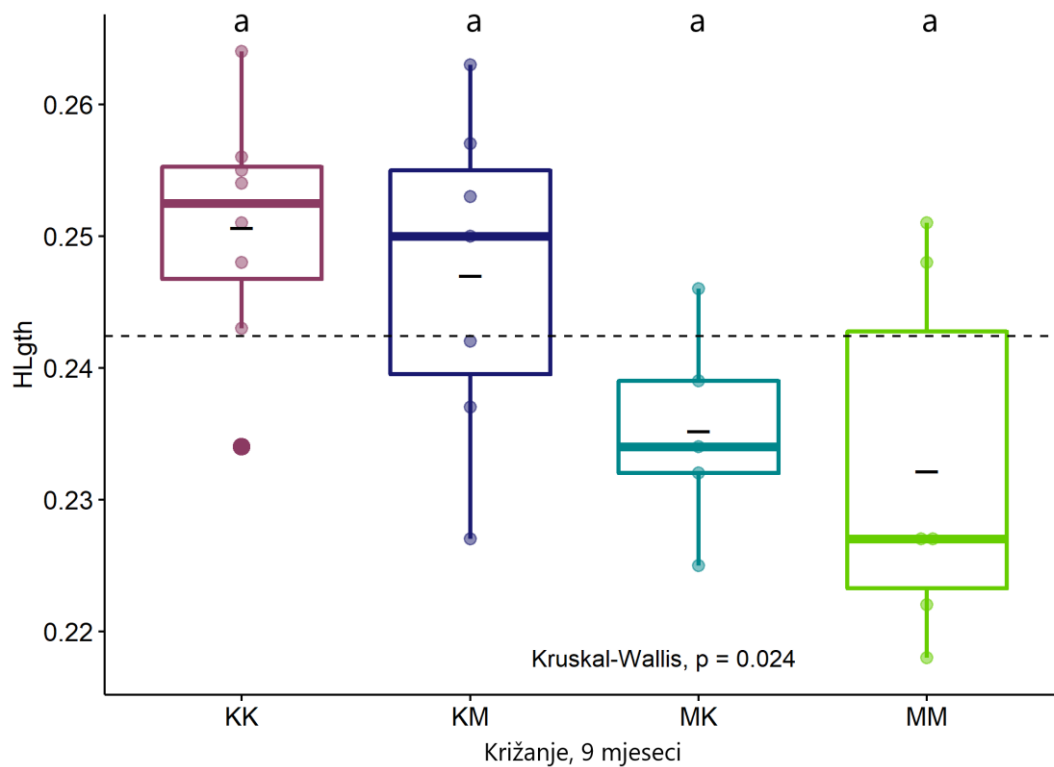
Proveden je Kruskal – Wallisov test kako bi se ispitalo kako križanje utječe na pojavnost razlika u promatranim parametrima. Značajne razlike pojavljuju se nakon četiri mjeseca starosti i sve su vezane za mjere glave (Tablica 3.). Duljina i širina glave te duljina donje čeljusti se produbljuju kao značajne i nakon hibernacije, nakon devet mjeseci starosti (Slika 4.-9.) s time da se tada izdvajaju još i duljina njuške (Slika 10.), “outlever” donje čeljusti (Slika 11.) i duljina repa. Kako bi se otkrilo koja se križanja statistički značajno razlikuju korišteni su Wilcoxonov test, koji je potvrdio razlike jedino promatrajući križanje u odnosu na širinu glave, te Dunnov test koji je potvrdio većinu razlika. No, u daljnjim mjerenjima križanje više ne pokazuje statistički značajne razlike niti jednim testom.

Tablica 3. Prikaz značajnih razlika križanja u odnosu na mjerene parametre promatrajući svih šest mjerenja prilikom provedbe Kruskal-Wallisovog testa (✓ – postoji statistički značajna razlika, X – ne postoji statistički značajna razlika) odnosno post-hoc testova (žuto – potvrđeno Dunnovim testom, zeleno - potvrđeno Dunnovim i Wilcoxonovim testom, crveno - nije potvrđeno niti jednim testom).

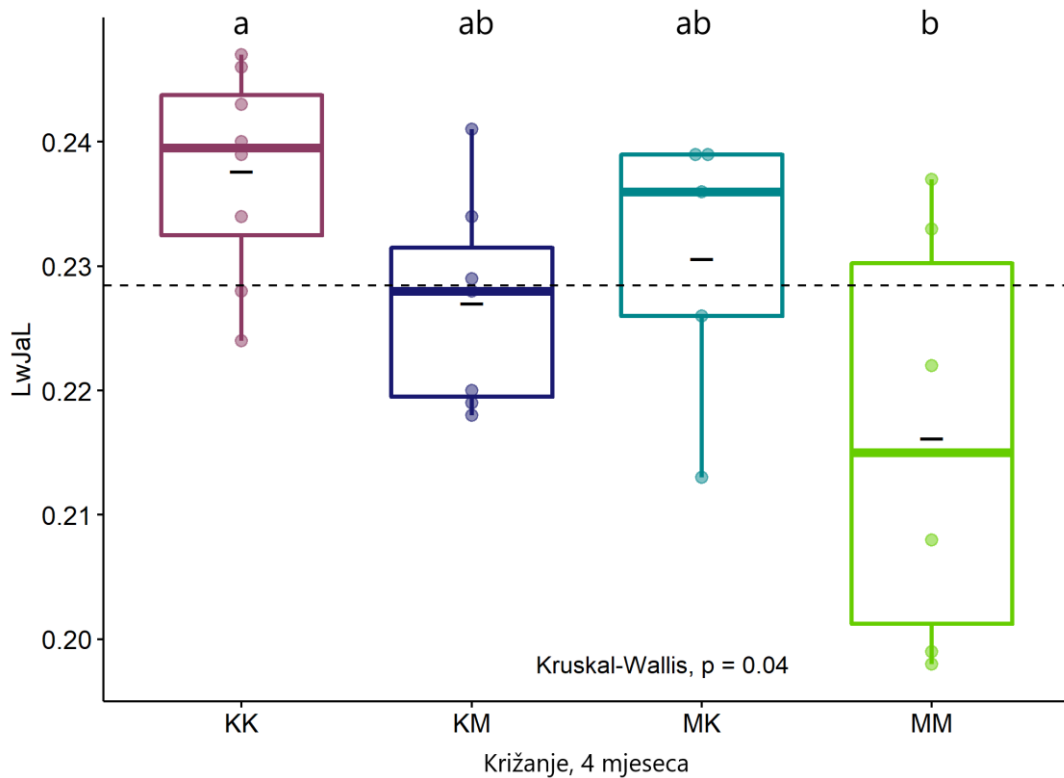
	Križanje							
	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	TailL	LtHip
1. mjerjenje	X	X	X	X	X	X	X	X
2. mjerjenje	X	X	X	X	X	X	X	X
3. mjerjenje	X	✓	X	✓	X	✓	X	X
4. mjerjenje	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
5. mjerjenje	X	X	X	X	X	X	X	X
6. mjerjenje	X	X	X	X	X	X	X	X



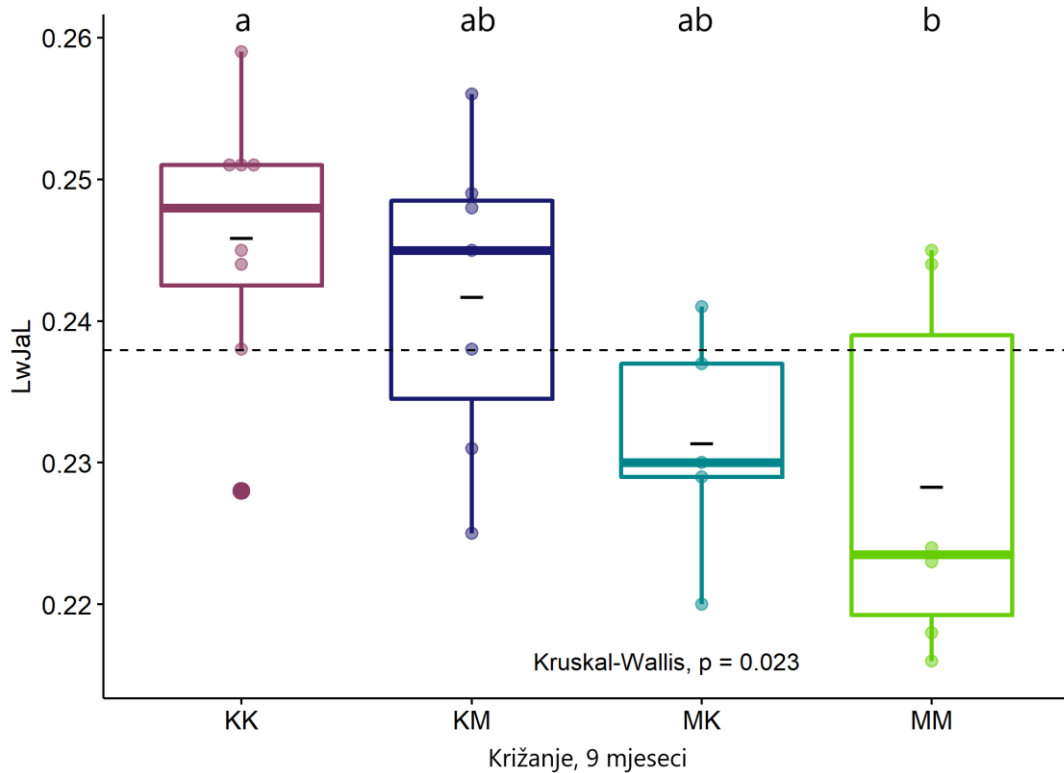
Slika 4. Usporedba duljine glave u odnosu na križanje nakon četiri mjeseca starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 7.9745, $df = 3$, $p = 0.047$)



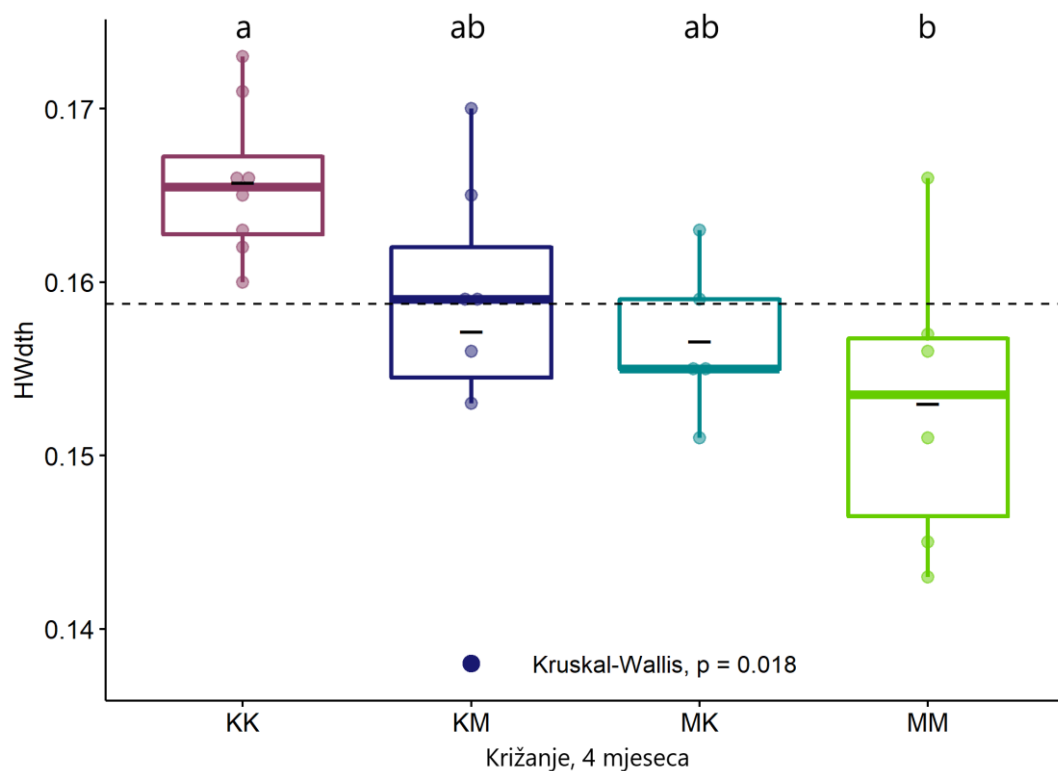
Slika 5. Usporedba duljine glave u odnosu na križanje nakon devet mjeseci starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 9.4549, $df = 3$, $p = 0.024$)



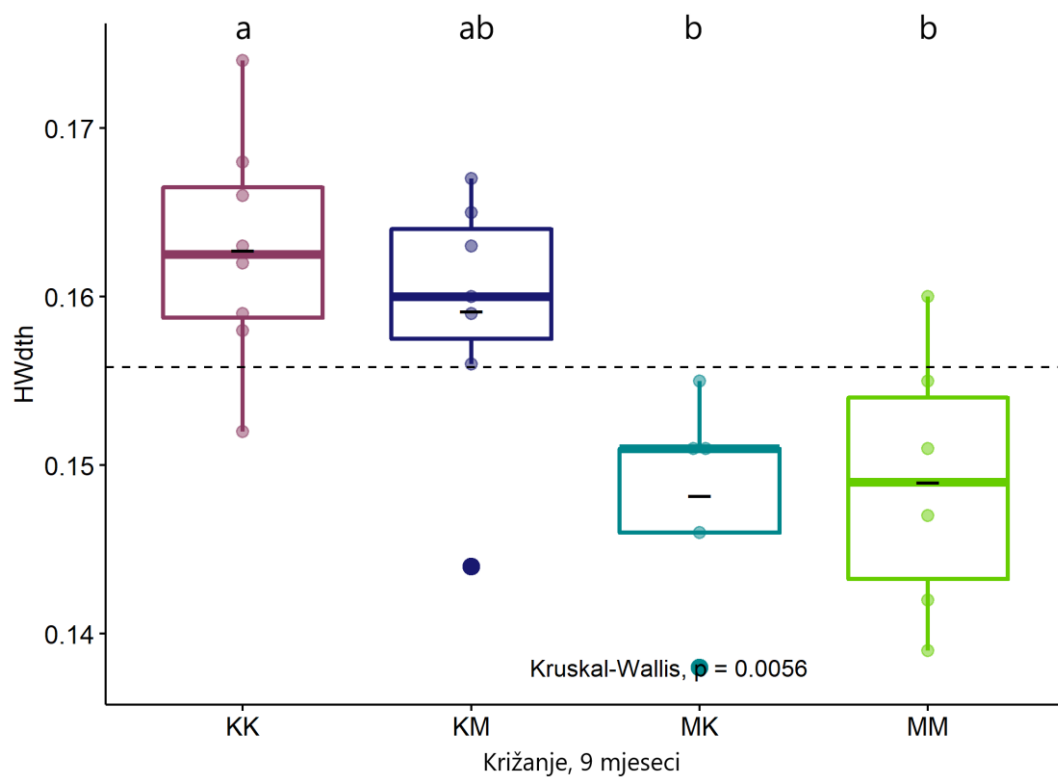
Slika 6. Usporedba duljine donje čeljusti u odnosu na križanje nakon četiri mjeseca starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 8.321, $df = 3$, $p = 0.04$)



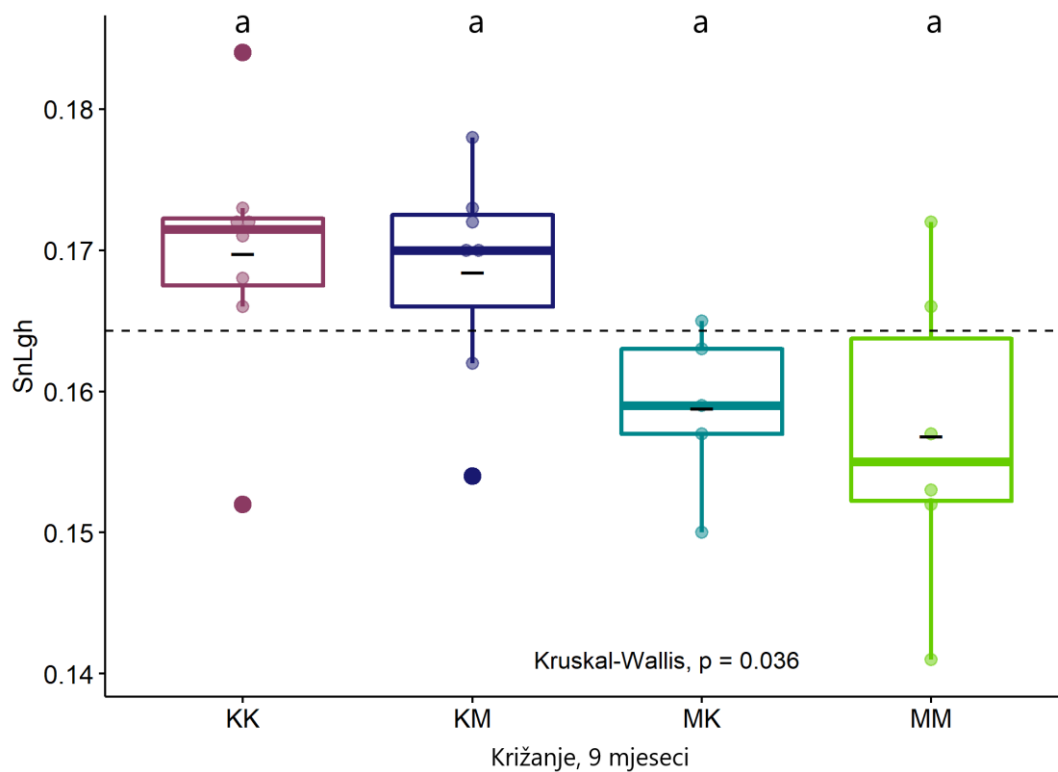
Slika 7. Usporedba duljine donje čeljusti u odnosu na križanje nakon devet mjeseci starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 9.5639, $df = 3$, $p = 0.023$)



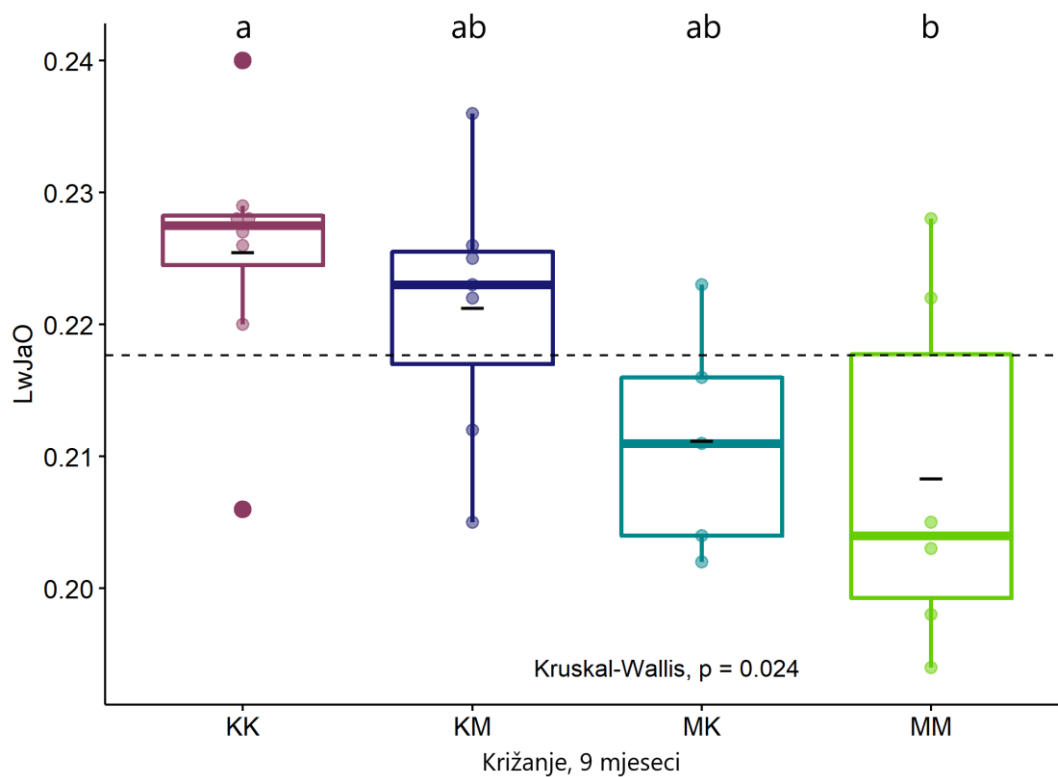
Slika 8. Usporedba širine glave u odnosu na križanje nakon četiri mjeseca starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 10.128, df = 3, $p = 0.018$)



Slika 9. Usporedba širine glave u odnosu na križanje nakon devet mjeseci starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 12.598, df = 3, $p = 0.0056$)



Slika 10. Usporedba duljine njuške u odnosu na križanje nakon devet mjeseci starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 8.5245, df = 3, p = 0.036)



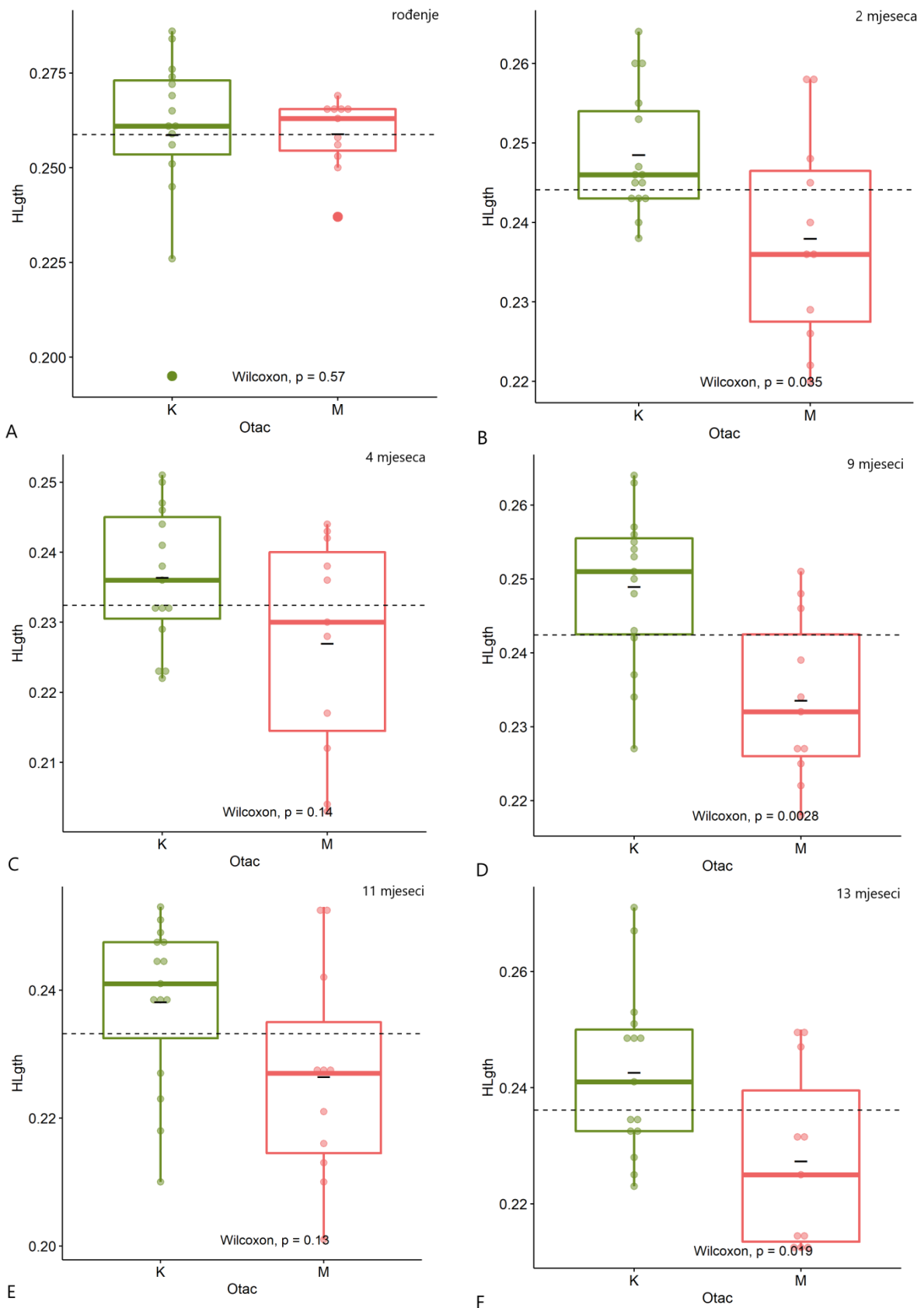
Slika 11. Usporedba duljine "outlever" donje čeljusti u odnosu na križanje nakon devet mjeseci starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 9.4668, df = 3, p = 0.024)

4.2. Podrijetlo oca

Wilcoxonov test sume rangova je proveden kako bi se ispitalo utjecaj podrijetla oca jedinki na pojavnost razlika u promatranim parametrima. Periodički se nakon dva, devet i trinaest mjeseci starosti izdvaja velik utjecaj oca na razvoj jedinki što se uočava na gotovo svim mjerama glave (Tablica 4.). Također, prilikom rođenja su vidljive razlike visine i širine glave koje se nastavljaju produbljevati uz povremene prekide. Grafički je prikazana periodičnost utjecaja podrijetla oca na duljinu glave (Slika 12.).

Tablica 4. Prikaz značajnih razlika uspoređujući podrijetlo oca u odnosu na mjerene parametre promatrajući svih šest mjerenja prilikom provedbe Wilcoxonovog testa sume rangova. (✓ – postoji statistički značajna razlika, X – ne postoji statistički značajna razlika)

	Podrijetlo oca							
	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	TaiLL	LtHip
1. mjerenje	✓	X	X	X	X	✓	X	X
2. mjerenje	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X
3. mjerenje	X	X	X	X	X	✓	X	X
4. mjerenje	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
5. mjerenje	✓	X	X	X	X	X	X	X
6. mjerenje	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	X



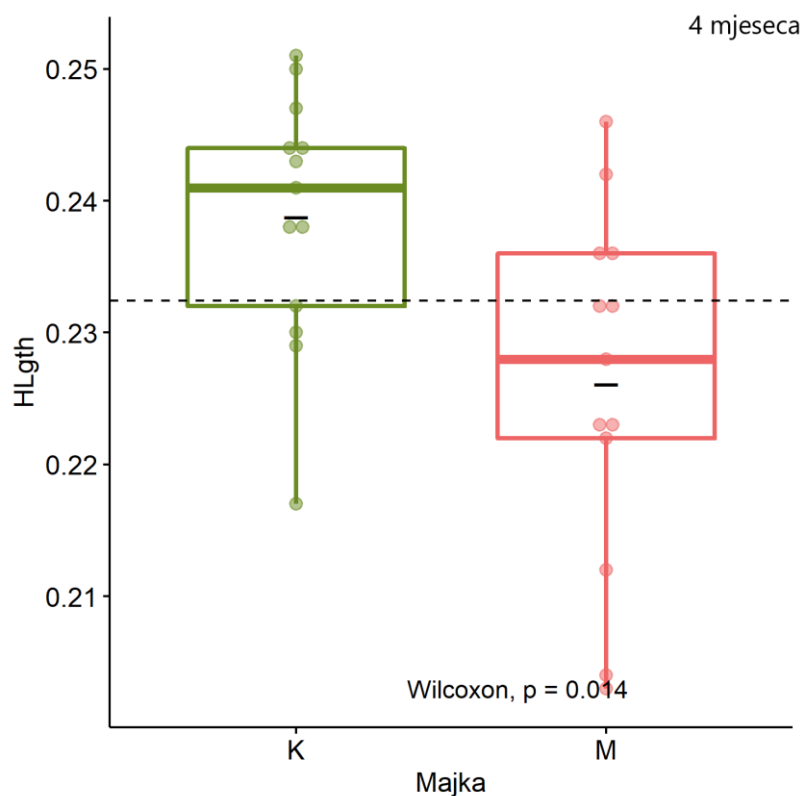
Slika 12. Usporedba duljine glave u odnosu na podrijetlo oca nakon: A. rođenja ($W = 94$, $p = 0.57$), B. dva mjeseca starosti ($W = 123.5$, $p = 0.035$), C. četiri mjeseca starosti ($W = 111.5$, $p = 0.14$), D. devet mjeseci starosti ($W = 140.5$, $p = 0.0028$), E. jedanaest mjeseci starosti ($W = 112.5$, $p = 0.13$), F. trinaest mjeseci starosti ($W = 128$, $p = 0.019$).

4.3. Podrijetlo majke

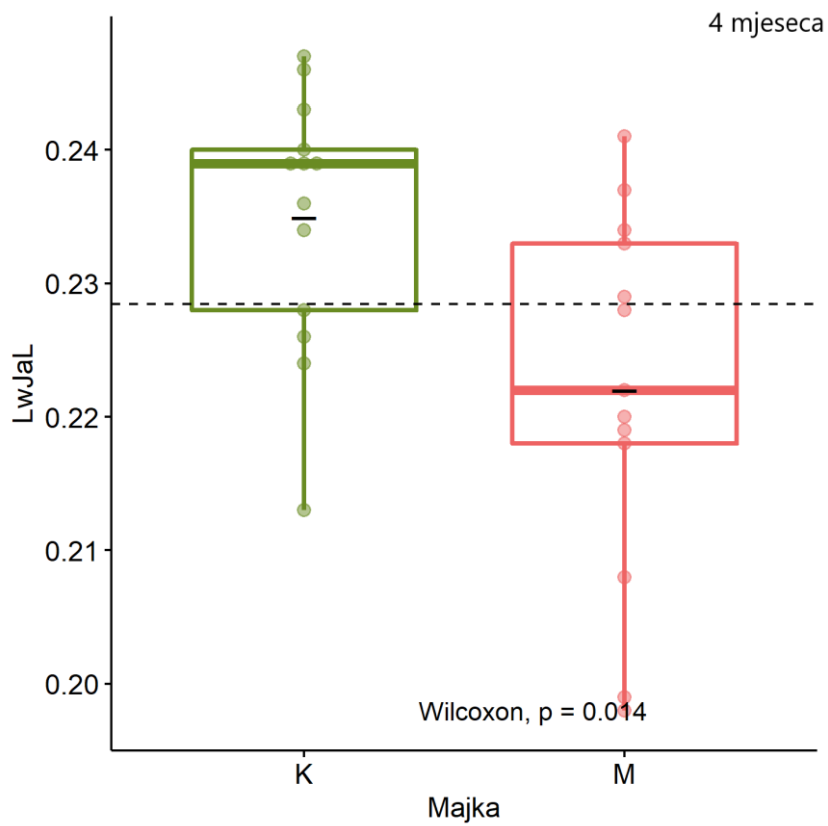
Proveden je Wilcoxonov test sume rangova kako bi se prema podrijetlu majke uočile razlike u promatranim parametrima. Razlike se javljaju isključivo nakon četiri mjeseca starosti prema duljini glave te duljini donje čeljusti i "outlever" donje čeljusti te se kasnije ne ponavljaju (Tablica 5.) (Slika 13. -15.).

Tablica 5. Prikaz značajnih razlika uspoređujući podrijetlo majke u odnosu na mjerene parametre promatrajući svih šest mjerenja prilikom provedbe Wilcoxonovog testa sume rangova. (✓ – postoji statistički značajna razlika, X – ne postoji statistički značajna razlika)

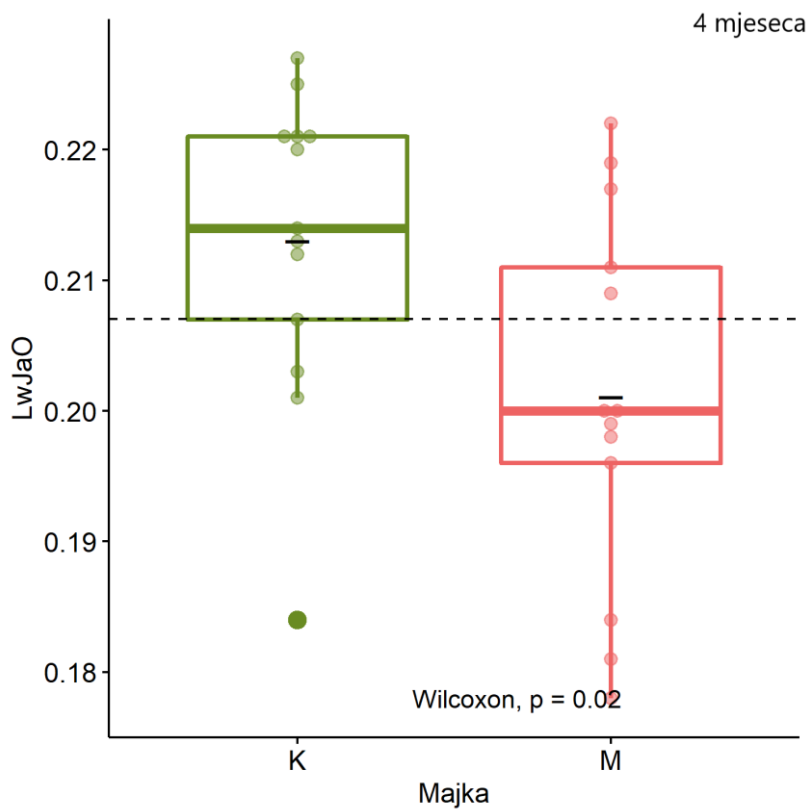
	Podrijetlo majke							
	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	TailL	LtHip
1. mjerenje	X	X	X	X	X	X	X	X
2. mjerenje	X	X	X	X	X	X	X	X
3. mjerenje	X	✓	X	✓	✓	X	X	X
4. mjerenje	X	X	X	X	X	X	X	X
5. mjerenje	X	X	X	X	X	X	X	X
6. mjerenje	X	X	X	X	X	X	X	X



Slika 13. Usporedba duljine glave u odnosu na podrijetlo majke nakon četiri mjeseca starosti . (W = 133, p = 0.014)



Slika 14. Usporedba duljine donje čeljusti u odnosu na podrijetlo majke nakon četiri mjeseca starosti. ($W = 133$, $p = 0.014$)



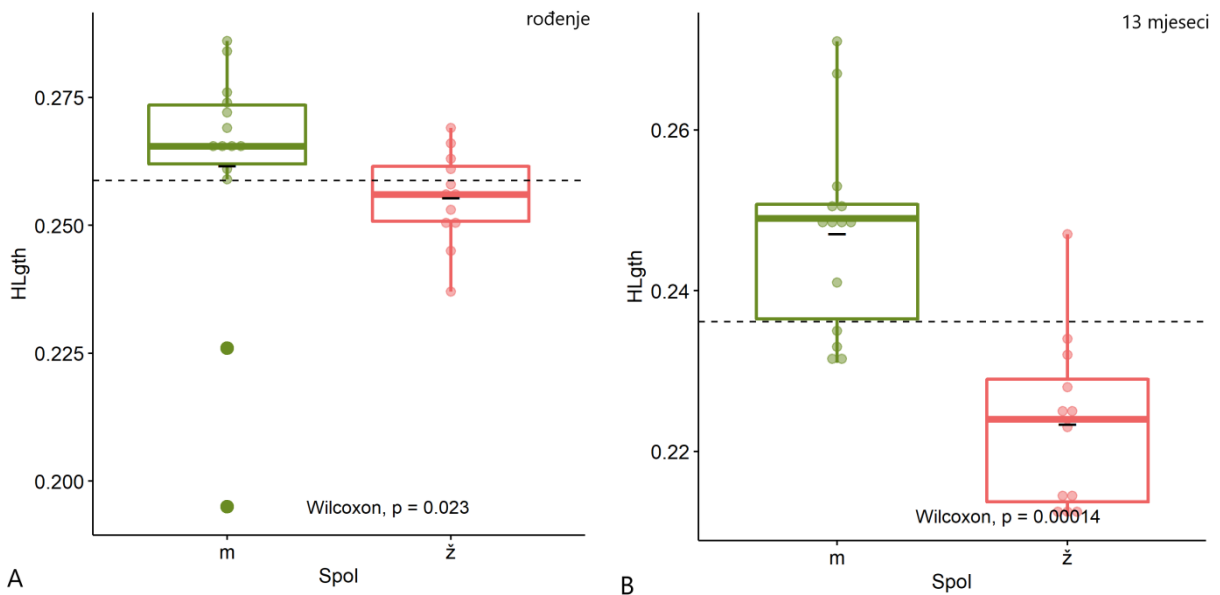
Slika 15. Usporedba duljine "outlever" donje čeljusti u odnosu na podrijetlo majke nakon četiri mjeseca starosti. ($W = 130.5$, $p = 0.02$)

4.4. Spol

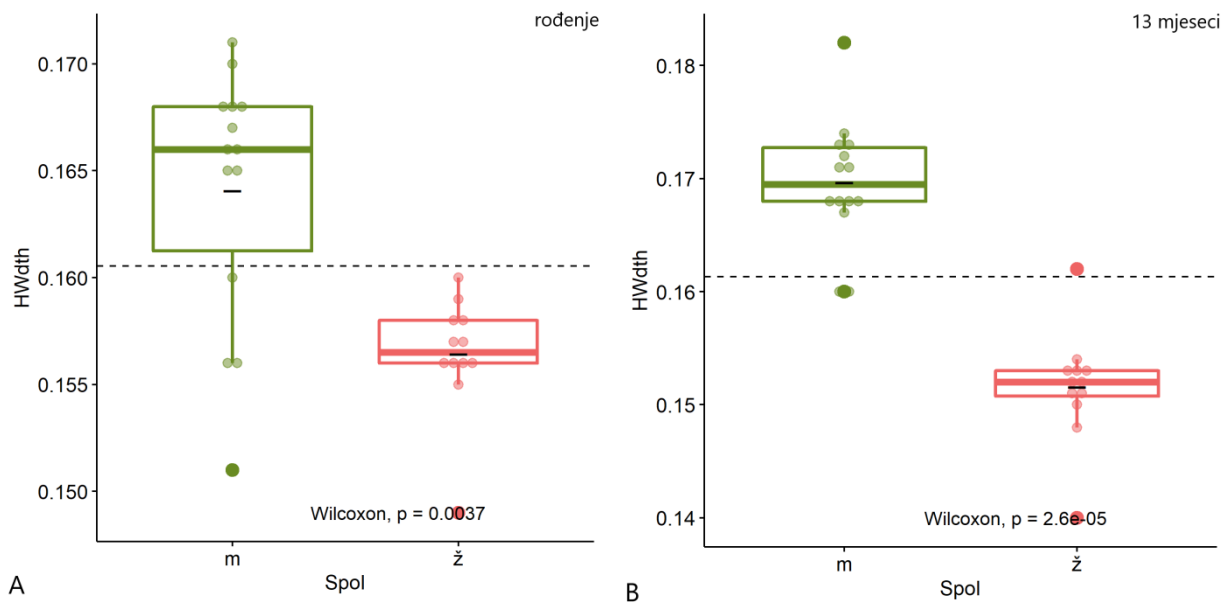
Wilcoxonov test sume rangova proveden kako bi se ispitalo kako spol jedinki utječe na razlike u promatranim parametrima pokazuje kako je to jedina karakteristika koja kontinuirano pokazuje statistički značajne razlike (Tablica 6.). Sve su vezane za mjere glave, a nakon četiri mjeseca starosti se pojavljuje i razlika u duljini repa. Razlike se uglavnom produbljuju starošću jedinki (Slika 16.-18.).

Tablica 6. Prikaz značajnih razlika spola u odnosu na mjerene parametre promatrajući svih šest mjerenja prilikom provedbe Wilcoxonovog testa sume rangova. (✓ – postoji statistički značajna razlika, X – ne postoji statistički značajna razlika)

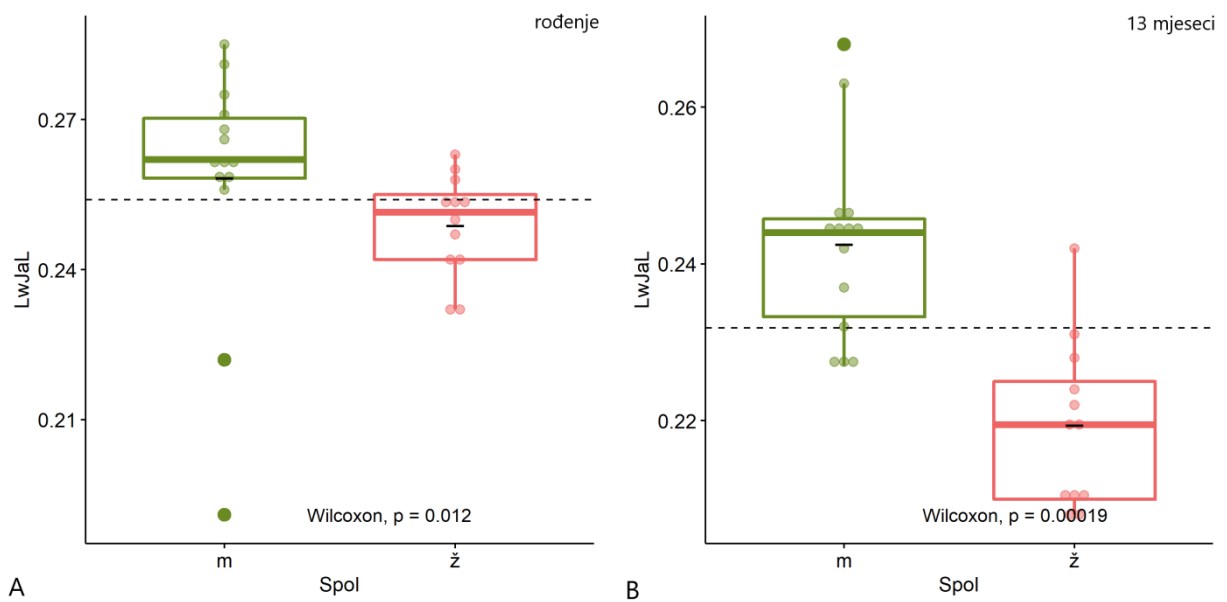
	Spol							
	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	TailL	LtHip
1. mjerenje	✓	✓	X	✓	✓	✓	X	X
2. mjerenje	✓	✓	X	✓	X	✓	X	X
3. mjerenje	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
4. mjerenje	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
5. mjerenje	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
6. mjerenje	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X



Slika 16. Usporedba duljine glave u odnosu na spol jedinki: A. prilikom rođenja ($W = 39.5$, $p = 0.023$), B. nakon trinaest mjeseci starosti ($W = 9.5$, $p = 0.00014$).



Slika 17. Usporedba širine glave u odnosu na spol jedinki : A. prilikom rođenja, ($W = 27.5$, $p = 0.0037$), B. nakon trinaest mjeseci starosti ($W = 2$, $p = 2.6e-05$).



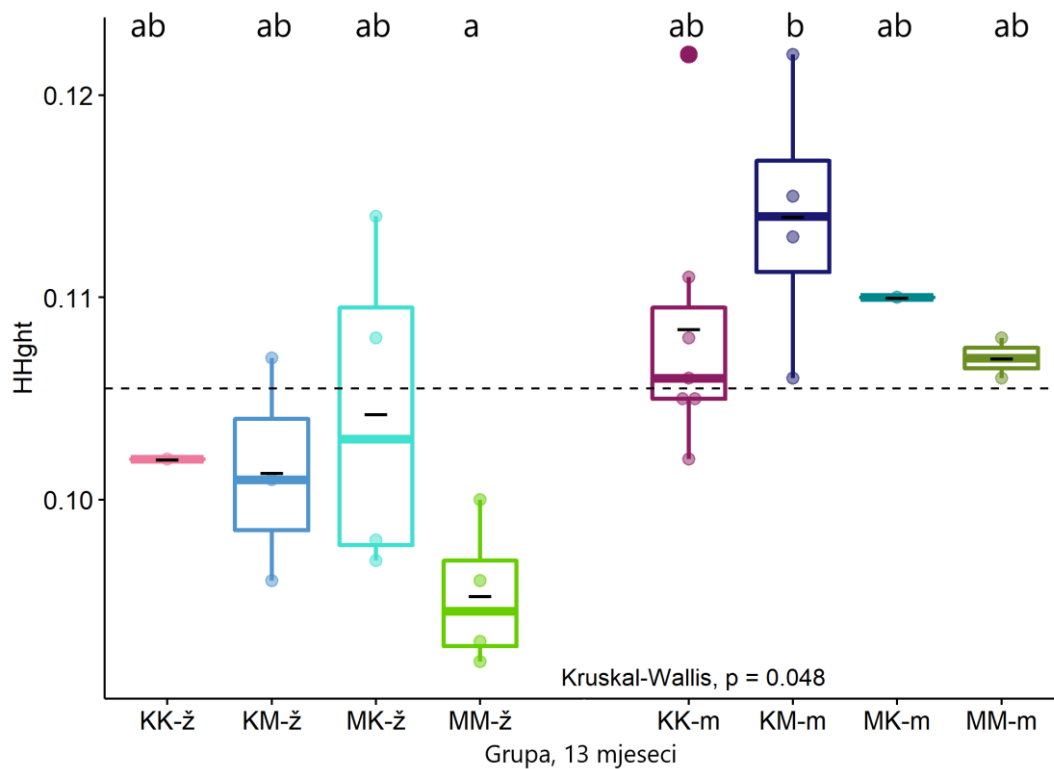
Slika 18. Usporedba duljine donje čeljusti u odnosu na spol jedinki: A. prilikom rođenja ($W = 34.5$, $p = 0.012$), B. nakon trinaest mjeseci starosti ($W = 11$, $p = 0.00019$).

4.5. Grupa

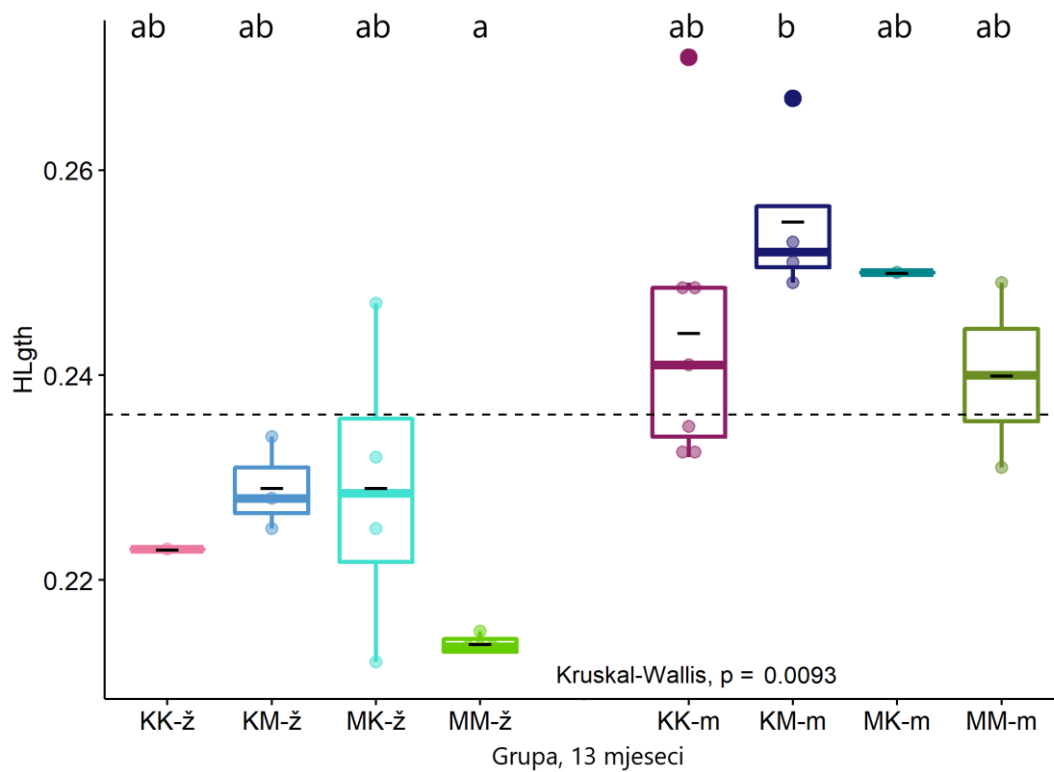
Grupa je složena kao alternativno promatranje križanja kako bi se razlučile razlike između križanih jedinki u odnosu na spol i otklonila mogućnost da su neki rezultati ostali skriveni zbog uzimanja prosjeka oba spola prilikom promatranja samoga križanja. Kruskal – Wallisov test je proveden kako bi se ispitalo kako kombinacija križanja i spola utječe na razlike promatranih parametara. Prve razlike se pojavljuju nakon četiri mjeseca starosti u vidu duljine donje čeljusti. Nakon toga, razlike kontinuirano rastu u svim mjerama glave. Provođenje Wilcoxonovog testa nije pokazalo između kojih grupa se pojavljuju razlike, no Dunnovim testom je pronađena većina takvih grupa te je inicijalno postojanje razlike potvrđeno kao statistički značajno (Tablica 7.). Grafički je prikazan utjecaj grupe na mjere glave nakon trinaest mjeseci starosti jer su tada jedinke gotovo odrasle i smanjen je moguć utjecaj različite brzine rasta na rezultate (Slika 19.-24.).

Tablica 7. Prikaz statistički značajnih razlika grupe (križanje + spol) u odnosu na izmjerene parametre promatrajući svih šest mjerenja prilikom provedbe Kruskal-Wallisovog testa (✓ – postoji statistički značajna razlika, X – ne postoji statistički značajna razlika), odnosno post-hoc testova (žuto – potvrđeno Dunnovim testom, zeleno - potvrđeno Dunnovim i Wilcoxonovim testom, crveno - nije potvrđeno niti jednim testom).

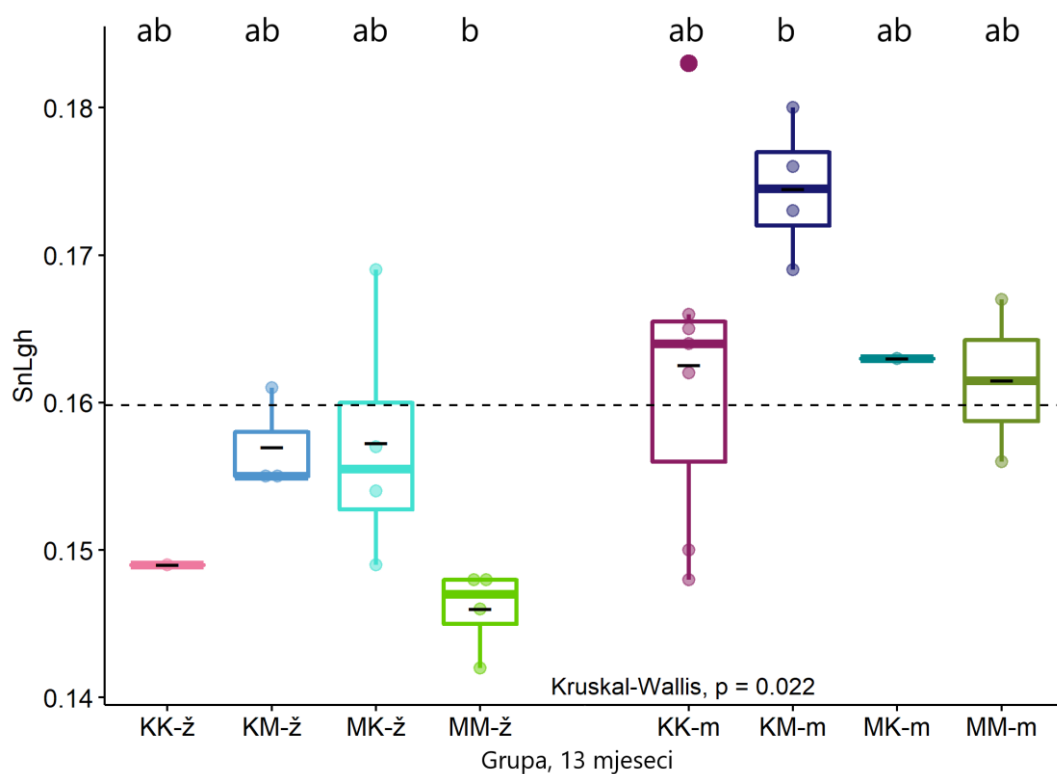
	Grupa (križanje + spol)							
	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	TailL	LtHip
1. mjerjenje	X	X	X	X	X	✓	X	X
2. mjerjenje	X	X	X	X	X	X	X	X
3. mjerjenje	X	X	X	✓	X	X	X	X
4. mjerjenje	✓	✓	X	✓	✓	✓	X	X
5. mjerjenje	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X
6. mjerjenje	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X



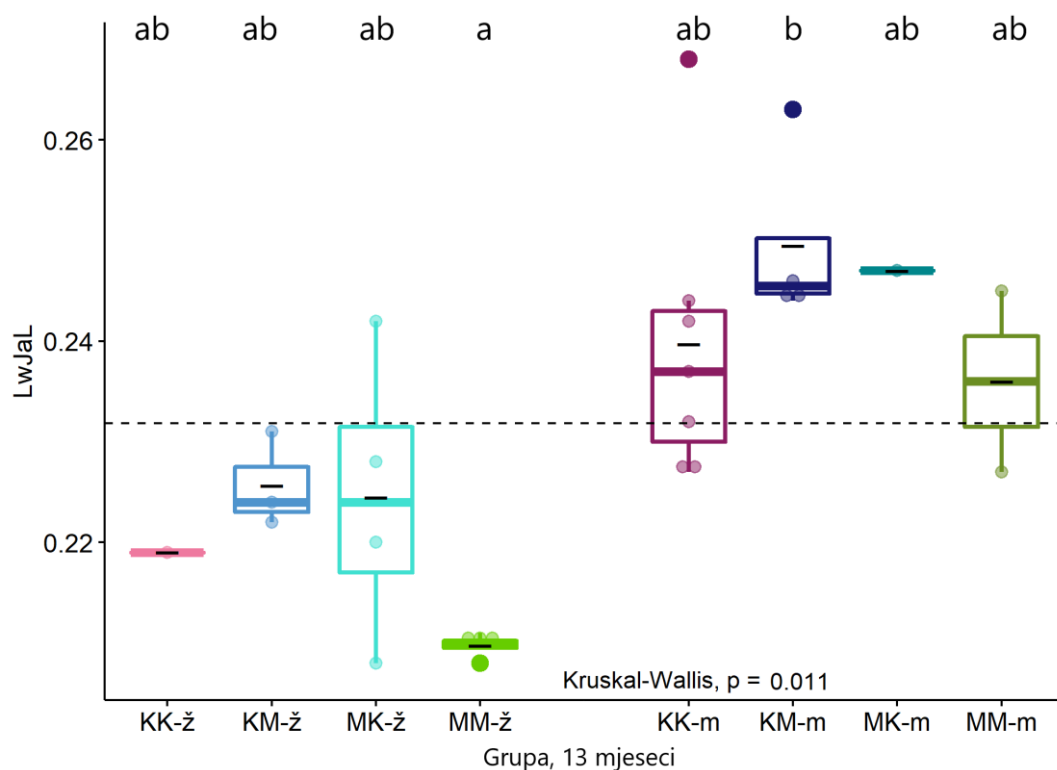
Slika 19. Usporedba visine glave u odnosu na promatranu grupu (križanje + spol) nakon trinaest mjeseci starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 14.162, df = 7, p = 0.048)



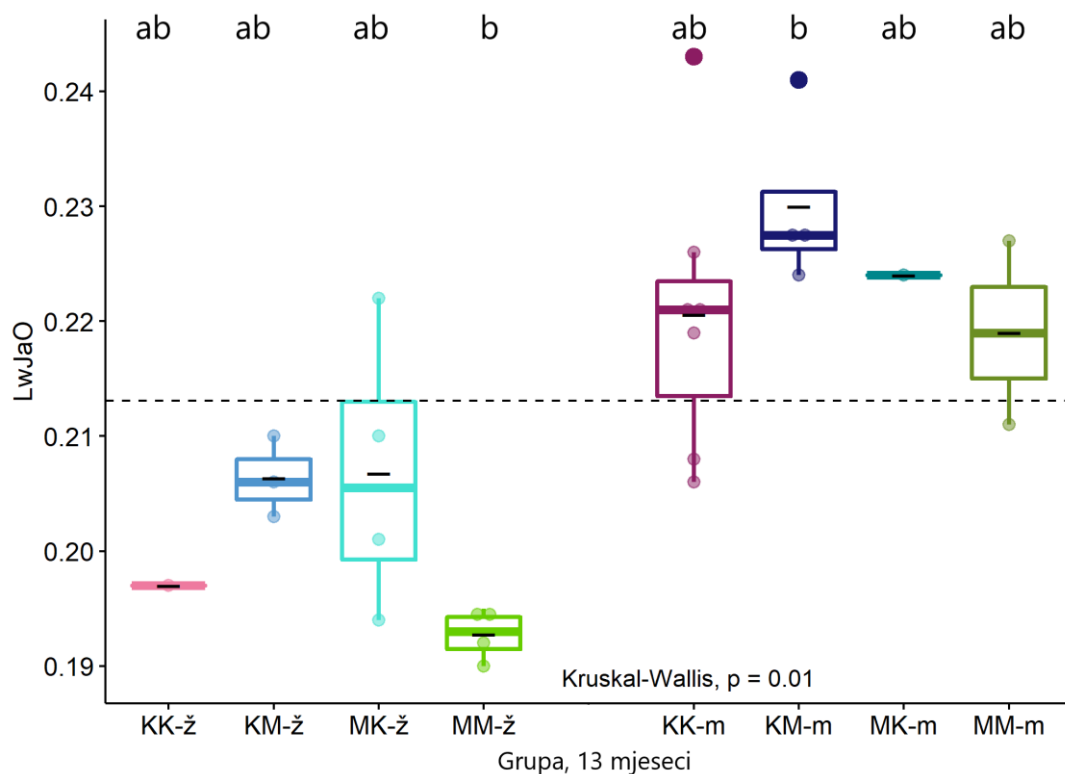
Slika 20. Usporedba duljine glave u odnosu na promatranu grupu (križanje + spol) nakon trinaest mjeseci starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 18.658, df = 7, p = 0.0093)



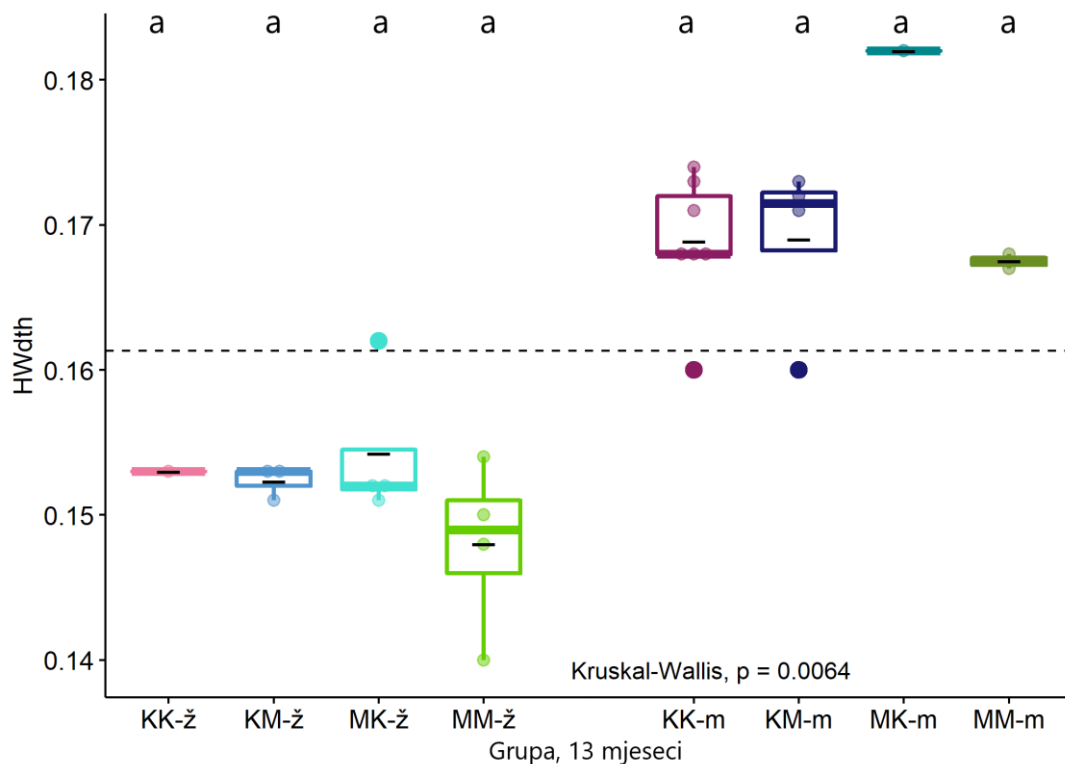
Slika 21. Usporedba duljine njuške u odnosu na promatranu grupu (križanje + spol) nakon trinaest mjeseci starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 16.389, df = 7, p = 0.022)



Slika 22. Usporedba duljine donje čeljusti u odnosu na promatranu grupu (križanje + spol) nakon trinaest mjeseci starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 18.125, df = 7, p = 0.011)



Slika 23. Usporedba duljina "outlever" donje čeljusti u odnosu na promatranu grupu (križanje + spol) nakon trinaest mjeseci starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 18.383, df = 7, p = 0.01)



Slika 24. Usporedba širine glave u odnosu na promatranu grupu (križanje + spol) nakon trinaest mjeseci starosti. Dunnov post-hoc test, različita slova označavaju statistički različite grupe. (Kruskal-Wallis hi-kvadrat = 19.639, df = 7, p = 0.0064)

4.6. Veličina tijela

Promatrajući izmjerene morfometrijske značajke jedinki dolazimo do zanimljivih rezultata. Bilo da promatramo izmjerene podatke (Tablica 8.) ili one standardizirane na veličinu jedinke (Tablica 9.), mužjaci čiji je otac podrijetlom s otoka Pod Kopište su veći u odnosu na ostale u većini promatranih parametara. Općenito križanci imaju veće glave, no nešto kraća tijela. Naravno, treba uzeti u obzir da su mužjaci veći od ženki te se prilikom promatranja posebno uspoređuju ženski i muški križanci. Promatrana je veličina nakon trinaest mjeseci starosti kada su jedinke u najodraslijoj promatranoj fazi.

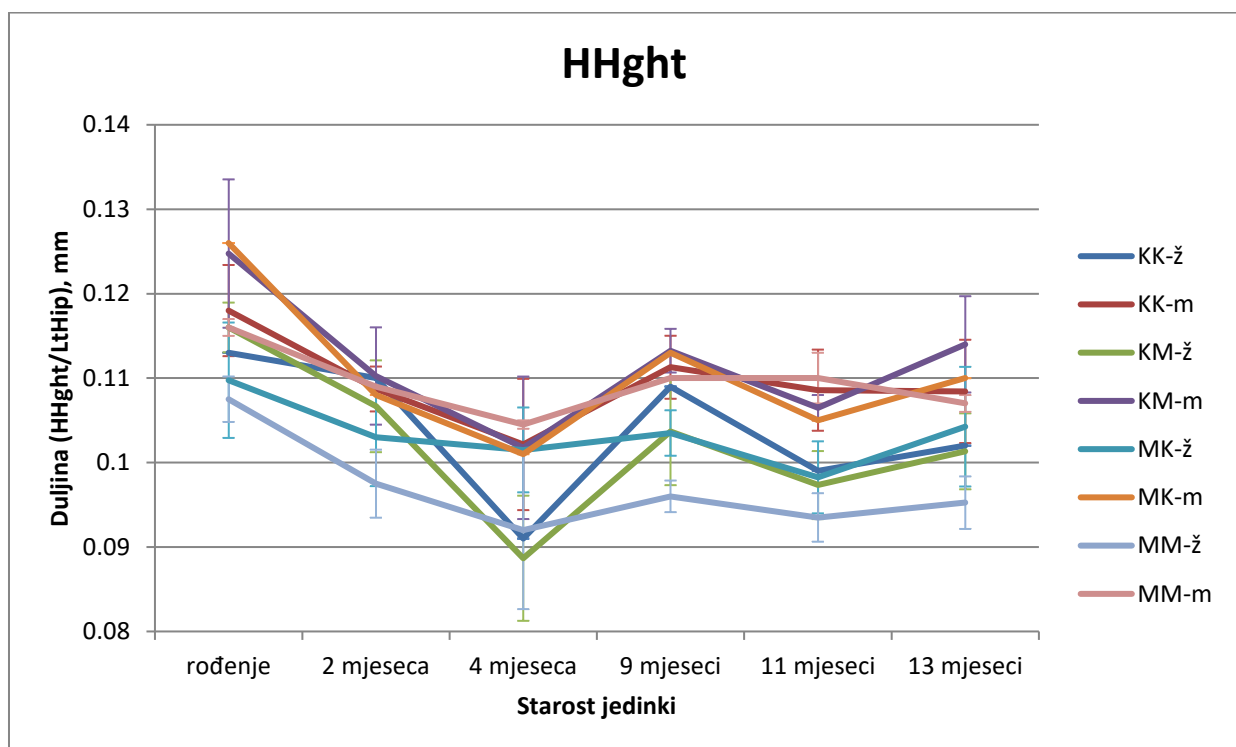
Tablica 8. Srednje vrijednosti prema grupama za mjere tijela i glave jedinki nakon trinaest mjeseci starosti. (crveno – najniže vrijednosti, zeleno – najviše vrijednosti)

grupa	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	LtHip
KK_ž	0.529	1.151	0.771	1.130	1.017	0.792	5.162
KM_ž	0.583	1.315	0.900	1.294	1.184	0.873	5.736
MK_ž	0.595	1.306	0.896	1.281	1.180	0.880	5.705
MM_ž	0.567	1.275	0.869	1.250	1.147	0.880	5.960
KK_m	0.650	1.464	0.974	1.438	1.323	1.014	6.001
KM_m	0.657	1.473	1.008	1.442	1.329	0.977	5.788
MK_m	0.648	1.471	0.959	1.453	1.319	1.070	5.893
MM_m	0.643	1.442	0.968	1.418	1.313	1.006	6.001

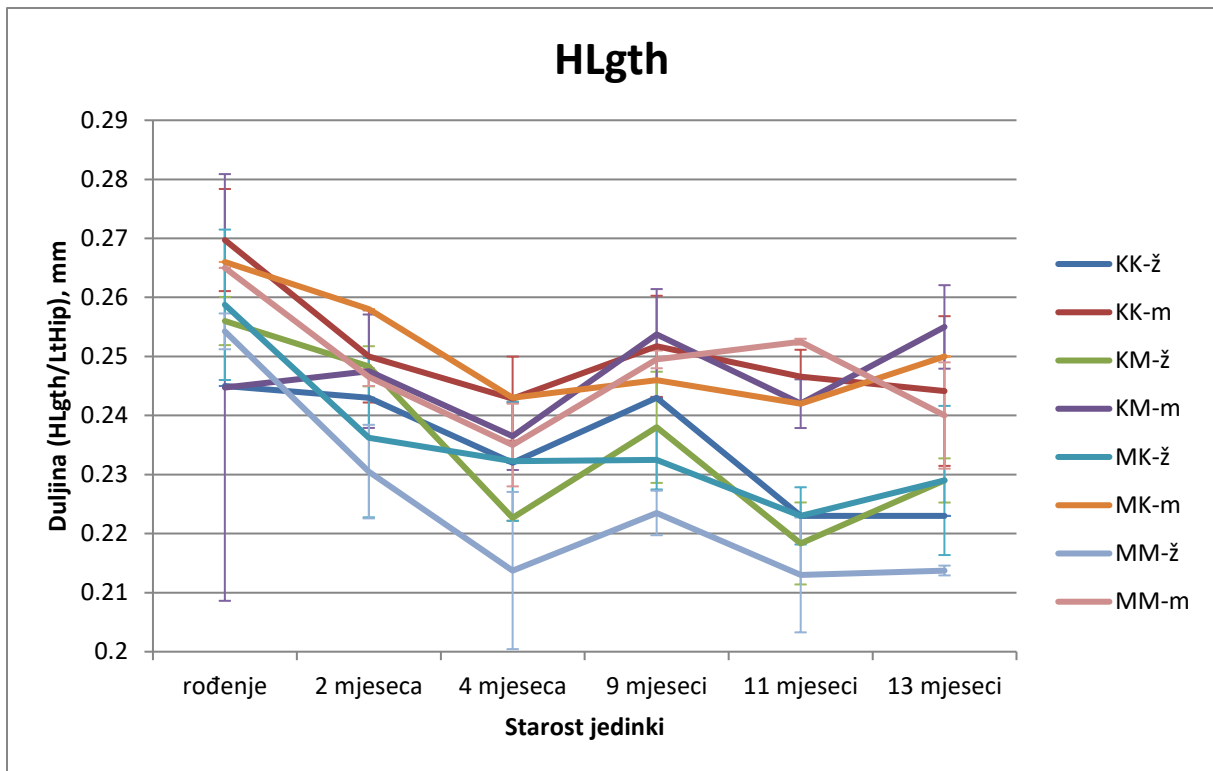
Tablica 9. Srednje vrijednosti prema grupama za mjere tijela i glave jedinki nakon trinaest mjeseci starosti standardizirane na veličinu jedinke. (crveno – najniže vrijednosti, zeleno – najviše vrijednosti)

grupa	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	LtHip
KK_ž	0.102	0.223	0.149	0.219	0.197	0.153	5.162
KM_ž	0.101	0.229	0.157	0.226	0.206	0.152	5.736
MK_ž	0.104	0.229	0.157	0.225	0.207	0.154	5.705
MM_ž	0.095	0.214	0.146	0.210	0.193	0.148	5.959
KK_m	0.108	0.244	0.163	0.240	0.221	0.169	6.001
KM_m	0.114	0.255	0.175	0.250	0.230	0.169	5.788
MK_m	0.110	0.250	0.163	0.247	0.224	0.182	5.893
MM_m	0.107	0.240	0.162	0.236	0.219	0.168	6.001

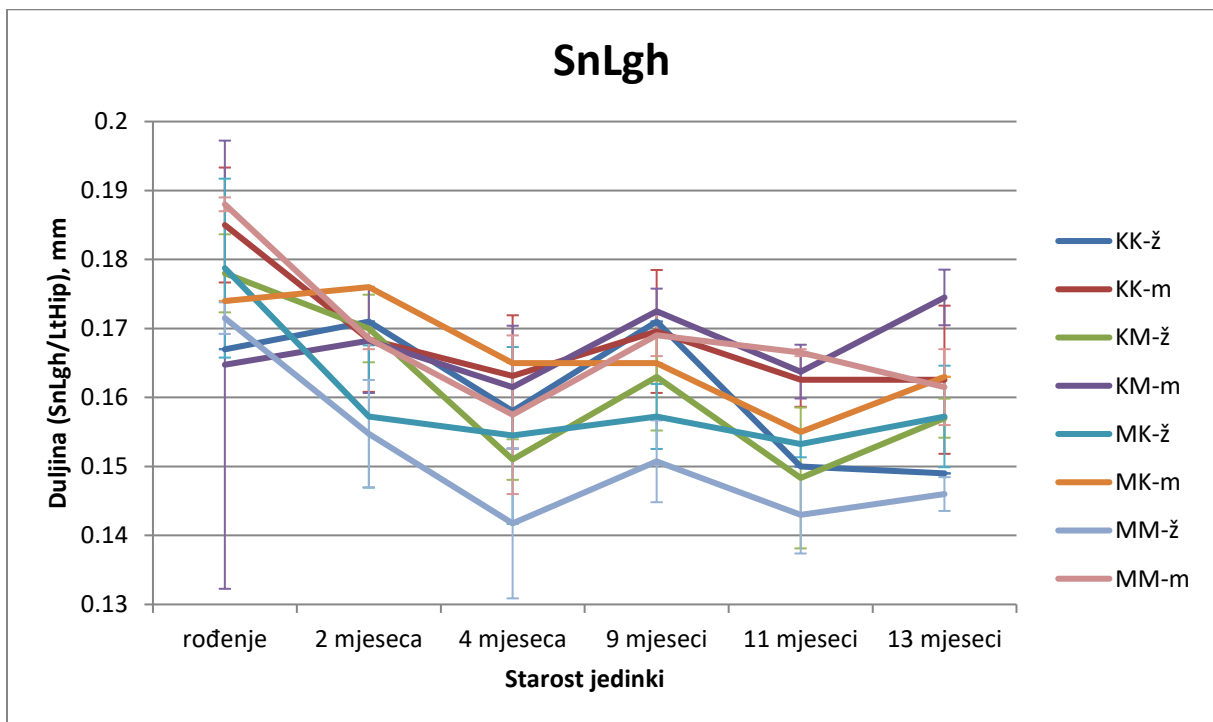
Prateći morfometrijske promijene prilikom rasta, odnosno omjer vrijednosti svakog promatranog parametra u odnosu na veličinu tijela jedinki (LtHip), uočava se da sve grupe imaju sličan uzorak razvoja. Jasno se vidi odvajanje prema spolu koje započinje odmah po rođenju i produbljuje se u svim mjerama. S izuzetkom širine, primjećuje se porast u svim mjerama glave izravno nakon hibernacije (Slika 25.-30.). Nakon laganog pada u idućem dvomjesečju mjere stagniraju u omjerima kakvima su bile prije hibernacije. Duljina tijela je u stalnom porastu za sve grupe (Slika 31.).



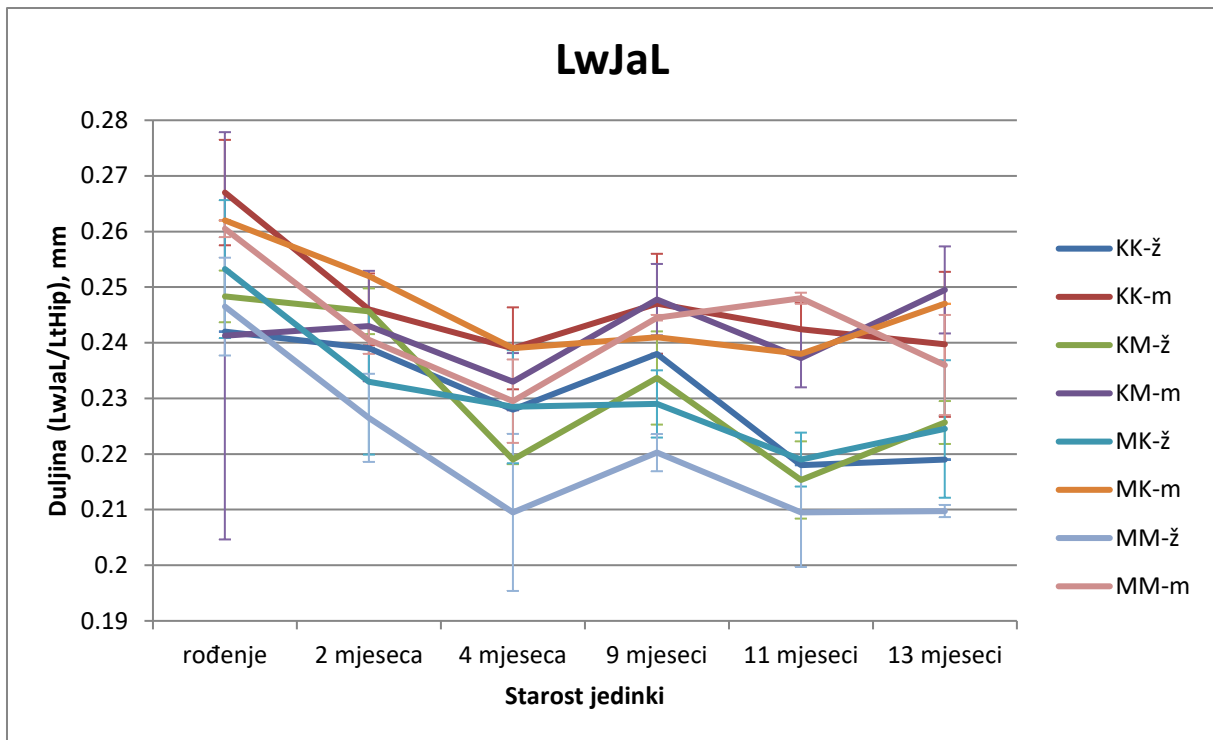
Slika 25. Prikaz promjene visine glave u odnosu na veličinu tijela do nečisnice (LtHip) tijekom promatranog razdoblja rasta od rođenja do trinaest mjeseci starosti.



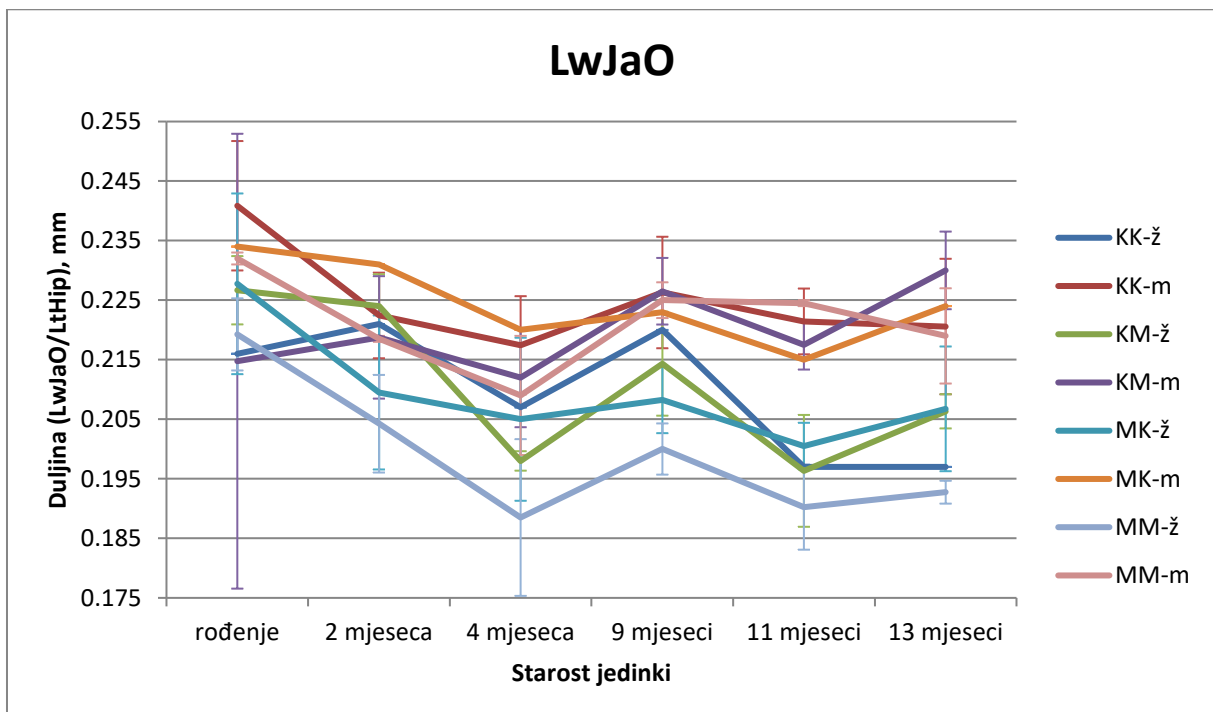
Slika 26. Prikaz promjene duljine glave u odnosu na veličinu tijela do nečisnice tijekom promatranog razdoblja rasta od rođenja do trinaest mjeseci starosti.



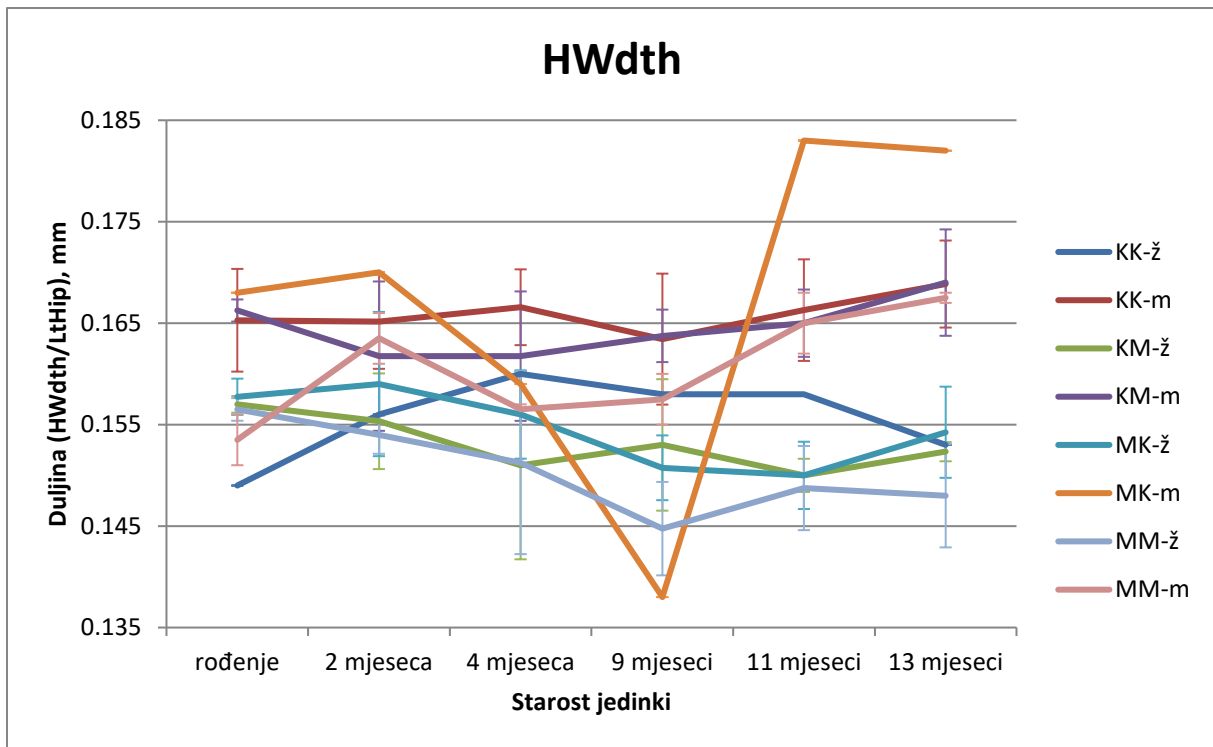
Slika 27. Prikaz promjene duljine njuške u odnosu na veličinu tijela do nečisnice tijekom promatranog razdoblja rasta od rođenja do trinaest mjeseci starosti.



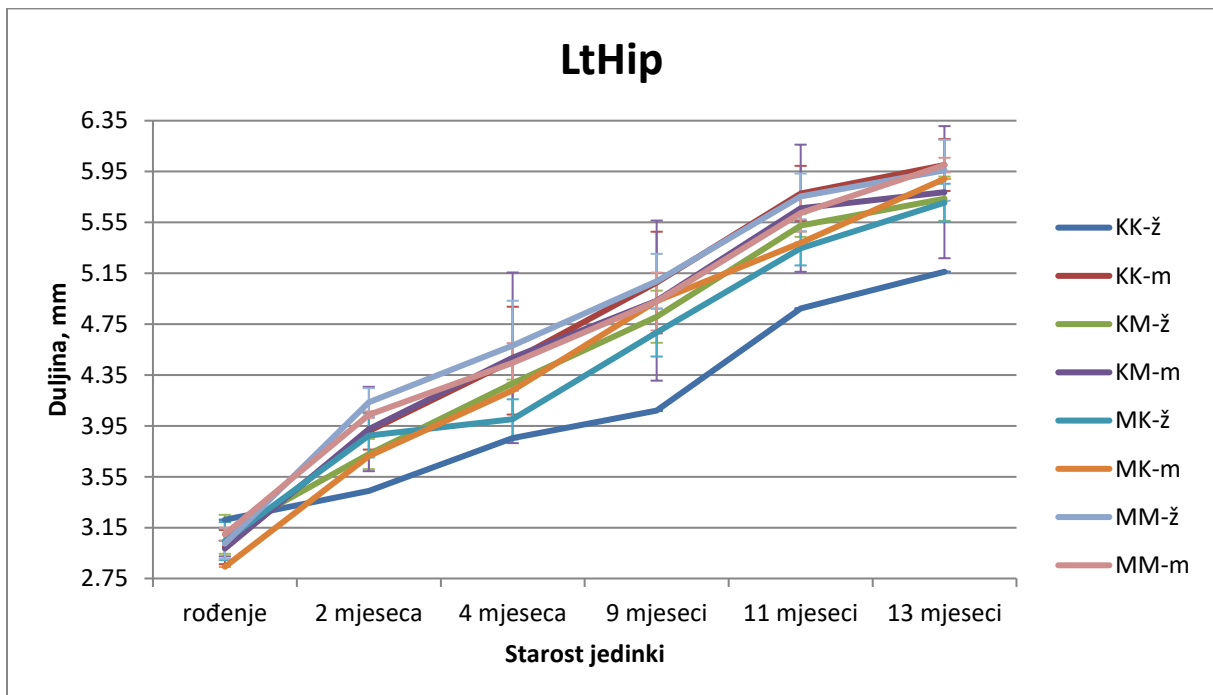
Slika 28. Prikaz promjene duljine donje čeljusti u odnosu na veličinu tijela do nečisnice tijekom promatranog razdoblja rasta od rođenja do trinaest mjeseci starosti.



Slika 29. Prikaz promjene "outlever" donje čeljusti u odnosu na veličinu tijela do nečisnice tijekom promatranog razdoblja rasta od rođenja do trinaest mjeseci starosti.



Slika 30. Prikaz promjene širine glave u odnosu na veličinu tijela do nečisnice tijekom promatranog razdoblja rasta od rođenja do trinaest mjeseci starosti.



Slika 31. Prikaz promjene duljine tijela do nečisnice tijekom promatranog razdoblja rasta od rođenja do trinaest mjeseci starosti.

5. Rasprava

Proučavajući evoluciju kroz povijest te evolucijsko i ekološko vrijeme dolazimo i do brzih promjena koje su teško objašnjive standardnim poimanjem evolucije. Hairstonova (2005) definicija određivanja brze evolucije je za naš primjer teško primjenjiva jer ona govori o istovremenoj promjeni vrste i okoline, odnosno genetskoj promjeni koja ima mjerljiv utjecaj na istovremenu ekološku promjenu. U ovom slučaju, jedinke su se promijenile velikom brzinom prilikom promjene staništa te su istisnule autohtonu vrstu što podržava zaključak da su ih novi ekološki uvjeti potaknuli na takvu promjenu (Barton, 1996, Vervust i sur., 2007). Moguće je da je kombinacija smanjenih resursa i dostupnosti plijena dovela do veće konzumacije biljne hrane što je zahtijevalo određene morfološke prilagodbe (Herrel, 2008). S druge strane, Vervust i suradnici (2007) su nakon opsežnog istraživanja samog otoka, fitnesa jedinki s oba otoka te predacijskog pritiska došli do zaključka da je upravo predacijski pritisak razlog promjena. Otok Pod Mrčaru je prekriven bujnijom vegetacijom te jedinkama nudi zaklon od čestih napada predatora koji su u ovakvim otočnim, odnosno izdvojenim staništima uglavnom ptice. Kao jedan od razloga promjene navodi se i efekt osnivača, odnosno činjenica da je na otok preneseno tek deset jedinki iz kojih se razvila populacija tri puta gušća nego na izvornom otoku (Vervust, 2010).

Nedvojbeno je da se radi o veoma brzom promjeni, no pitanje je radi li se o dovoljno velikoj, genetski uvjetovanoj promjeni ili samo o fenotipskoj plastičnosti. Za jedinke koje su rođene i razvijane na otocima Pod Kopište i Pod Mrčaru definitivno možemo reći da se razlikuju. Počevši od vanjskog izgleda i veličine tijela, preko načina ishrane i načina života sve do unutarnjih razlika, teško je posumnjati da se doista radi o evoluciji (Herrel, 2008).

Kako bismo to i dokazali, usporedili smo morfološke karakteristike jedinki dobivenih unakrsnim križanjem. Promatrani parametri kod jedinki su uspoređivani na više načina kako bismo što bolje shvatili što pokreće fenotipske razlike. S obzirom na izuzetno malen broj uzoraka, rezultati su interpretirani pomoću više statističkih testova kako bi se smanjila mogućnost lažno pozitivnih rezultata. Sveukupno gledano, Dunnov i Wilcoxonov test se nisu poklapali što ne znači da su naša mjerenja kriva već Kruskal-Wallisov test uključuje križanja i grupe koje zbog utjecaja spola mogu biti lažno pozitivne. Wilcoxonov test je konzervativniji i smanjuje tu vjerojatnost pogreške na minimum, no to znači da ne otkriva razlike osim ako

nisu izuzetno jako izražene. Unatoč tim statistički značajnim, odnosno ne značajnim razlikama rezultati se mogu jasno interpretirati promatrajući trendove. Oni se ne moraju pokoravati statističkoj značajnosti kako bismo uvidjeli postoje li razlike.

Promatrajući podrijetlo roditelja i njihov utjecaj na razlike u morfologiji jedinki uočava se prisutnost očinskog utjecaja iako nije konstantan. Majčinski utjecaj nije uopće izražen. Postoji mogućnost da su rezultati prikriveni zbog razlike u spolu koji se zajednički promatraju pa umjesto da dobijemo više razdvojenih grupica i izraženu razliku naši rezultati stagniraju. Nažalost na ovako malom broju uzoraka to je teško dokazati zbog toga što su svi rezultati najviše vođeni razlikom u spolu jer su te razlike najizraženije. Obzirom da su sve jedinke još uvijek u pred odrasloj fazi za daljnje istraživanje o tome koliko podrijetlo roditelja utječe na morfološke karakteristike treba pričekati da se jedinke u potpunosti razviju, no bez većeg uzorka ni ti rezultati vjerojatno neće biti od velikog značaja.

Uočava se spolni dimorfizam između jedinki pri čemu su mužjaci značajno veći od ženki. Spol je u globalu grupa koja pokazuje najveće razlike koje se starošću povećavaju. Zbog činjenice da pratimo jedinke prilikom razvoja, ove velike razlike nam diktiraju većinu rezultata. Kako bi se smanjio utjecaj spola potreban je puno veći broj uzoraka s obzirom da za neka križanja imamo samo po jednu jedinku određenog spola. Usprkos tome što se takoreći petljaju u rezultate, ovi podatci daju naznaku da bi se spol jedinke mogao odrediti i ranije nego što se do sada vjerovalo. Bespogovorno su potrebna daljnja istraživanja kako bi se otkrilo koja je osnova, odnosno koji parametri u tako ranoj fazi razvoja mogu otkriti spol jedinke.

Kada se gleda križanje ponovno nam spol diktira većinu rezultata. Grupa (križanje + spol) nam pokazuje raspodjelu spolova u odnosu na križanje, no ponovno su statistički značajne razlike vezane uglavnom za spol. Kada bi se mogao smanjiti taj utjecaj rezultati bi vjerojatno pokazivali manju značajnost, no ono što možemo promatrati bez obzira na statistiku je već spomenuti trend. Vidi se da križanci odstupaju od čistih jedinki, a prema trendu opadanja, odnosno rasta određenih vrijednosti možda će daljnjim istraživanjem biti moguće dokazati igra li podrijetlo roditelja važniju ulogu nego što se trenutno misli.

Same veličine repa i tijela očekivano nisu statistički značajne. Jedan od razloga za to je ranije navedena činjenica da su repovi u određenim periodima bili rezani zbog daljnjih genetskih istraživanja, a dio jedinki je uslijed čestog pregledavanja odbacio svoje repove. Kada

govorimo o duljini tijela treba napomenuti da je većinski određuju ishrana i boravišni uvjeti koji su svim jedinkama bili jednaki. No, bez obzira na to što usporedbe samih duljina tijela nisu dale statistički značajne rezultate, omjer svih dobivenih morfoloških značajki u odnosu na veličinu tijela do nečisnice (LtHip) ukazuje na mnoštvo stvari. Na primjer, otkriva način razvoja, odnosno promijene oblika glave kroz vrijeme te činjenicu da sve jedinke bez obzira na podrijetlo roditelja prate jednak uzorak razvoja. Također, primjećuje se da mnoge mjere glave imaju sličan uzorak razvoja. Zanimljivim se izdvaja prvo mjerenje nakon hibernacije koje pokazuje rast u mnogim mjerama glave samo da bi se već u idućem opet spustile na prijašnje vrijednosti. S obzirom da se u hibernaciji troše masne zalihe očekivana bi bila stagnacija ili čak blagi pad. Kao moguće objašnjenje za ovakav slučaj može se navesti hormonalna aktivnost prilikom ili nakon hibernacije, no to zahtjeva daljnja istraživanja.

Zanimljiva je činjenica da su u dosadašnjim istraživanjima jedinke s otoka Pod Mrčaru dokazano veće i imaju veće glave i jači zagriz (Herrel, 2008, Vervust i sur., 2007, 2010). No, u ovom istraživanju primijećeno je da jedinke čija su oba roditelja s otoka Pod Mrčaru uglavnom imaju najmanje veličine glave, no u ukupnoj duljini tijela do nečisnice (LtHip) su slični jedinkama čiji su roditelji s otoka Pod Kopište. Ista je situacija i kada promatramo podatke standardizirane na veličinu jedinke. Možda se jedinke s pod Mrčaru duže razvijaju ili im razvoj ovisi o načinu ishrane, u tom slučaju je moguće da je dio razlika koje pokazuju doista samo fenotipska plastičnost. Križanci uglavnom imaju veće glave nego čiste jedinke, no iznenađujuće je da duljina tijela ne prati taj trend.

S obzirom na činjenicu da je obuhvaćen samo razvojni period jedinki zbog ograničenog vremena promatranja prilikom izrade ovoga rada te veoma limitiranog broja uzoraka koje se promatralo nije iznenađujuće što podatci ne pokazuju normalnu distribuciju. Sveukupno gledajući, podatci se prema statističkim modelima jako razlikuju. Bez potvrde da su se jedinke nakon trinaest mjeseci potpuno razvile te da daljnja mjerenja ne doprinose razlikama bilo bi neozbiljno donijeti neki konačan zaključak. No, ako promatramo trendove na koje nam dosadašnji podatci ukazuju zaključujemo da se prema morfološkim karakteristikama križanci odvajaju od čistih jedinki što ide u prilog hipotezi da morfološke promjene imaju genetsku osnovu.

6. Zaključak

Usporedba morfoloških karakteristika križanaca dviju fenotipski divergiranih populacija primorske gušterice pokazala je da određene razlike svakako postoje, no nisu toliko izražene da bismo mogli govoriti o potvrdi početne hipoteze. To znači da bi nam za donošenje sigurnog zaključka trebalo još istraživanja i mnogo više uzoraka.

Ženke su generalno manje od mužjaka i to vrijedi za sva križanja i sve mjere tijela. Iznenadjuće je da nakon trinaest mjeseci starosti jedinke čija su oba roditelja s otoka Pod Mrčaru imaju najmanje glave što je u neslaganju s dosadašnjim istraživanjima prilikom kojih je dokazano da su gušteri s Pod Mrčaru općenito veći. Razlog tome nije poznat, no možda promatranja u odrasloj fazi daju odgovor na to pitanje.

S obzirom na osam promatranih morfoloških značajki može se zaključiti da majčinskog utjecaja nema, a očinski nije konstantan. Ukratko, bitna je kombinacija gena, a ne samo podrijetlo jednog roditelja.

Prema spolu se razlike vide odmah po rođenju te se starošću samo povećavaju što znači da bismo odmah po rođenju mogli razlučiti ženke od mužjaka, a ne nakon par mjeseci starosti kada se počinju uočavati bedrene pore, iako još ne možemo sa sigurnošću ustvrditi kako.

Križanje i grupa ne pokazuju previše razlika ako gledamo statističku značajnost, ali se grafički prikazano jasno vide određeni trendovi. Sama činjenica da mjere križanaca (KM, MK) odstupaju od mjera čistih jedinki (KK, MM) je moguć nagovještaj da postoji genetska osnova za prikazane razlike.

7. Literatura

Arnold, E. N. (2002): Reptiles and Amphibians of Europe. Princeton University Press, Princeton New Jersey.

Barton, N. H., Charlesworth, B. (1984): Genetic revolutions, founder effects, and speciation. Annual review of ecology and systematics, 15(1), 133-164.

Barton, N. H. (1996): Natural selection and random genetic drift as causes of evolution on islands. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 351(1341), 785-795.

Capula, M. (2002): Genetic evidence of natural hybridization between *Podarcis sicula* and *Podarcis tiliguerta* (Reptilia: Lacertidae). Amphibia-Reptilia, 23(3), 313-321.

Capula, M., Ceccarelli, A. (2003): Distribution of genetic variation and taxonomy of insular and mainland populations of the Italian wall lizard, *Podarcis sicula*. Amphibia-Reptilia, 24(4), 483-495.

Cascio, P. L., Corti, C. (2006): The micro-insular distribution of the genus *Podarcis* within the Aeolian Archipelago: historical vs. palaeogeographical interpretation. Mainland and insular lizards: a Mediterranean perspective, 91-102.

Conover, W. J., Iman, R. L. (1979): On multiple-comparisons procedures. Technical Report LA-7677-MS, Los Alamos Scientific Laboratory.

Crnobrnja-Isailović, J., Vogrin, M., Corti, C., Pérez Mellado, V., Sá-Sousa, P., Cheylan, M., Pleguezuelos, J., Sindaco, R., Romano, A., Avci, A. (2009): *Podarcis siculus* (errata version published in 2016). The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T61553A86151752. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009.RLTS.T61553A12515189.en> Pristupljeno 14.1.2019.

Field, A. (2009): Discovering Statistics Using SPSS, Thrid Edition. Sage.

Gorman, G. C., Soulé, M., Yang, S. Y., Nevo, E. (1975): Evolutionary genetics of insular Adriatic lizards. Evolution, 29(1), 52-71.

Hairston, N. G., Ellner, S. P., Geber, M. A., Yoshida, T., Fox, J. A. (2005): Rapid evolution and the convergence of ecological and evolutionary time. Ecology Letters, 8(10), 1114–1127.

Herrel, A., Huyghe, K., Vanhooydonck, B., Backeljau, T., Breugelmans, K., Grbac, I., Irschick, D. J. (2008): Rapid large-scale evolutionary divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(12), 4792–4795.

Holm, S. (1979): A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian journal of statistics*, 6(2), 65-70.

López-Maury, L., Marguerat, S., Bähler, J. (2009): Tuning gene expression to changing environments: from rapid responses to evolutionary adaptation. *Nature Reviews Genetics*, 10(1), 68–68.

Marguš, D. (2009): Gmazovi nacionalnog parka „Krka“. Javna ustanova Nacionalni park Krka, Šibenik.

Nevo, E., Gorman, G., Soulé, M., Yang, S. Y., Clover, R., Jovanović, V. (1972): Competitive exclusion between insular *Lacerta* species (Sauria, Lacertidae) - Notes on experimental Introductions. *Oecologia*, 10(2), 183–190.

Podnar, M., Mayer, W., Tvrtković, N. (2005): Phylogeography of the Italian wall lizard, *Podarcis sicula*, as revealed by mitochondrial DNA sequences. *Molecular Ecology*, 14(2), 575-588.

Silva-Rocha, I., Salvi, D., & Carretero, M. A. (2012): Genetic data reveal a multiple origin for the populations of the Italian wall lizard *Podarcis sicula* (Squamata: Lacertidae) introduced in the Iberian Peninsula and Balearic islands. *Italian journal of zoology*, 79(4), 502-510.

Silva-Rocha, I., Salvi, D., Harris, D. J., Freitas, S., Davis, C., Foster, J., Deichsel, G., Adamopoulou, C., Carretero, M. A. (2014): Molecular assessment of *Podarcis sicula* populations in Britain, Greece and Turkey reinforces a multiple-origin invasion pattern in this species. *Acta Herpetologica*, 9(2), 253-258.

Templeton, A. R. (1980): The theory of speciation via the founder principle. *Genetics*, 94(4), 1011-1038.

Thompson, J. N. (1998): Rapid evolution as an ecological process. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(8), 329–32.

Vervust, B., Grbac, I., Van Damme, R. (2007): Differences in morphology, performance and behaviour between recently diverged populations of *Podarcis sicula* mirror differences in predation pressure. *Oikos*, 116(8), 1343–1352.

Vervust, B., Pafilis, P., Valakos, E. D., Van Damme, R. (2010): Anatomical and physiological changes associated with a recent dietary shift in the lizard *Podarcis sicula*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 83(4), 632-642.

8. Prilozi

Prilog 1. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima prilikom rođenja.

Prilog 2. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima nakon dva mjeseca starosti.

Prilog 3. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima nakon četiri mjeseca starosti.

Prilog 4. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima nakon devet mjeseci starosti.

Prilog 5. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima nakon jedanaest mjeseci starosti.

Prilog 6. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima nakon trinaest mjeseci starosti.

Prilog 1. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima prilikom rođenja.

Id	Spol	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	LtHip	TailL
KK201	mužjak	0.334	0.794	0.546	0.791	0.718	0.476	2.777	4.455
KM202	mužjak	0.352	0.673	0.436	0.662	0.577	0.490	2.976	5.410
MM203	ženka	0.292	0.727	0.491	0.718	0.640	0.440	2.835	4.046
KK204	mužjak	0.356	0.850	0.583	0.841	0.759	0.508	3.260	6.240
KM206	mužjak	0.362	0.603	0.372	0.589	0.502	0.511	3.086	5.066
KM207	ženka	0.381	0.833	0.603	0.827	0.775	0.524	3.314	6.128
KK208	ženka	0.363	0.787	0.535	0.778	0.693	0.479	3.212	5.620
KM209	ženka	0.357	0.763	0.508	0.756	0.673	0.470	2.984	4.902
KM210	mužjak	0.410	0.839	0.584	0.832	0.763	0.497	2.959	5.154
MK212	mužjak	0.358	0.755	0.495	0.746	0.665	0.478	2.842	5.132
KM213	mužjak	0.364	0.799	0.570	0.790	0.712	0.484	2.920	5.414
KK214	mužjak	0.361	0.819	0.580	0.816	0.757	0.496	2.973	5.387
KK215	mužjak	0.376	0.800	0.552	0.793	0.708	0.507	2.979	5.256
KK216	mužjak	0.353	0.795	0.544	0.784	0.701	0.481	2.923	5.349
MK217	ženka	0.357	0.846	0.583	0.828	0.737	0.503	3.147	5.604
MM218	ženka	0.337	0.780	0.524	0.768	0.672	0.490	3.115	5.045
MM219	ženka	0.329	0.761	0.522	0.699	0.636	0.475	3.007	5.386
KK220	mužjak	0.339	0.803	0.551	0.793	0.708	0.510	3.036	4.286
KM221	ženka	0.338	0.781	0.545	0.725	0.660	0.466	2.994	5.546
MK222	ženka	0.357	0.787	0.572	0.776	0.728	0.467	2.989	5.108
MK223	ženka	0.324	0.763	0.506	0.747	0.652	0.502	3.214	5.182
KK224	mužjak	0.354	0.784	0.517	0.775	0.690	0.486	3.031	5.428
MM225	mužjak	0.367	0.835	0.590	0.826	0.733	0.477	3.150	5.249
MM226	mužjak	0.350	0.807	0.575	0.789	0.705	0.475	3.047	5.241
MM227	ženka	0.345	0.810	0.537	0.797	0.702	0.491	3.139	5.225
MK228	ženka	0.300	0.752	0.514	0.731	0.650	0.448	2.828	4.861

Prilog 2. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima nakon dva mjeseca starosti.

Id	Spol	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	LtHip	TailL
KK201	mužjak	0.462	0.988	0.654	0.983	0.890	0.685	4.150	7.731
KM202	mužjak	0.477	1.019	0.700	1.000	0.908	0.704	4.186	8.574
MM203	ženka	0.393	0.925	0.597	0.907	0.801	0.661	4.204	7.638
KK204	mužjak	0.418	0.928	0.608	0.916	0.816	0.619	3.788	7.733
KM206	mužjak	0.395	0.890	0.610	0.875	0.796	0.573	3.370	6.130
KM207	ženka	0.402	0.927	0.645	0.919	0.844	0.556	3.663	6.872
KK208	ženka	0.379	0.837	0.588	0.822	0.760	0.537	3.438	6.372
KM209	ženka	0.401	0.897	0.616	0.889	0.816	0.589	3.628	6.291
KM210	mužjak	0.428	0.964	0.646	0.944	0.842	0.620	3.972	7.501
MK212	mužjak	0.401	0.959	0.654	0.937	0.859	0.630	3.712	6.789
KM213	mužjak	0.424	1.000	0.676	0.979	0.876	0.637	4.173	7.844
KK214	mužjak	0.421	0.997	0.686	0.977	0.891	0.606	3.840	7.227
KK215	mužjak	0.424	0.983	0.659	0.966	0.869	0.655	3.788	3.984
KK216	mužjak	0.414	0.978	0.651	0.965	0.875	0.665	3.968	7.430
MK217	ženka	0.405	0.930	0.611	0.915	0.812	0.606	4.054	7.510
MM218	ženka	0.395	0.962	0.658	0.945	0.854	0.620	4.069	7.671
MM219	ženka	0.409	0.966	0.664	0.951	0.872	0.654	4.276	5.487
KK220	mužjak	0.433	1.002	0.675	0.984	0.880	0.656	4.078	6.107
KM221	ženka	0.385	0.953	0.639	0.939	0.844	0.591	3.896	7.775
MK222	ženka	0.388	0.913	0.610	0.902	0.819	0.621	3.875	6.967
MK223	ženka	0.394	0.884	0.586	0.870	0.781	0.626	3.974	6.662
KK224	mužjak	0.406	0.957	0.663	0.940	0.863	0.630	3.753	7.026
MM225	mužjak	0.445	1.006	0.677	0.988	0.890	0.676	4.064	7.987
MM226	mužjak	0.439	0.982	0.684	0.956	0.876	0.646	4.013	7.705
MM227	ženka	0.413	0.957	0.637	0.943	0.846	0.613	3.990	7.429
MK228	ženka	0.406	0.926	0.624	0.915	0.826	0.609	3.596	6.841

Prilog 3. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima nakon četiri mjeseca starosti.

Id	Spol	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	LtHip	TailL
KK201	mužjak	0.617	1.315	0.833	1.302	1.165	0.886	5.448	10.553
KM202	mužjak	0.575	1.304	0.900	1.294	1.198	0.909	5.519	11.904
MM203	ženka	0.420	1.012	0.662	0.986	0.882	0.720	4.959	8.323
KK204	mužjak	0.378	1.008	0.650	0.984	0.883	0.712	4.400	9.228
KM206	mužjak	0.394	0.876	0.560	0.863	0.753	0.643	3.772	7.020
KM207	ženka	0.422	0.953	0.660	0.931	0.852	0.680	4.264	7.975
KK208	ženka	0.352	0.893	0.609	0.880	0.797	0.618	3.853	7.268
KM209	ženka	0.363	0.950	0.638	0.936	0.845	0.664	4.261	7.291
KM210	mužjak	0.446	0.991	0.698	0.972	0.897	0.618	4.032	7.864
MK212	mužjak	0.425	1.026	0.697	1.011	0.930	0.671	4.229	8.287
KM213	mužjak	0.405	1.070	0.750	1.054	0.966	0.733	4.618	8.430
KK214	mužjak	0.430	1.101	0.752	1.085	0.997	0.723	4.393	8.622
KK215	mužjak	0.451	1.037	0.726	1.021	0.941	0.705	4.249	1.736
KK216	mužjak	0.457	1.095	0.732	1.076	0.979	0.736	4.425	8.643
MK217	ženka	0.375	0.844	0.527	0.827	0.714	0.603	3.885	7.251
MM218	ženka	0.436	0.955	0.647	0.942	0.852	0.669	4.040	8.005
MM219	ženka	0.415	0.977	0.672	0.954	0.888	0.727	4.815	6.356
KK220	mužjak	0.453	1.079	0.744	1.065	0.971	0.738	4.323	7.150
KM221	ženka	0.355	0.961	0.639	0.946	0.848	0.595	4.326	1.745
MK222	ženka	0.391	0.998	0.656	0.980	0.866	0.617	4.093	7.522
MK223	ženka	0.445	0.968	0.637	0.950	0.856	0.652	4.210	7.359
KK224	mužjak	0.417	0.953	0.649	0.935	0.854	0.692	4.003	7.751
MM225	mužjak	0.477	1.050	0.670	1.023	0.915	0.719	4.601	8.754
MM226	mužjak	0.452	1.037	0.725	1.015	0.941	0.673	4.289	8.081
MM227	ženka	0.402	0.958	0.606	0.937	0.817	0.646	4.515	7.767
MK228	ženka	0.408	0.909	0.651	0.900	0.844	0.621	3.817	7.314

Prilog 4. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima nakon devet mjeseci starosti.

Id	Spol	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	LtHip	TailL
KK201	mužjak	0.632	1.443	0.964	1.421	1.326	0.883	5.817	10.332
KM202	mužjak	0.655	1.512	1.022	1.473	1.353	0.921	5.743	11.754
MM203	ženka	0.523	1.202	0.764	1.181	1.046	0.750	5.406	9.355
KK204	mužjak	0.572	1.271	0.823	1.240	1.116	0.880	5.428	10.245
KM206	mužjak	0.461	1.041	0.700	1.021	0.920	0.678	4.119	7.248
KM207	ženka	0.500	1.122	0.768	1.095	1.003	0.752	4.734	8.682
KK208	ženka	0.442	0.989	0.698	0.970	0.896	0.642	4.070	7.255
KM209	ženka	0.508	1.149	0.796	1.128	1.040	0.718	4.603	8.174
KM210	mužjak	0.534	1.174	0.778	1.141	1.028	0.764	4.574	8.563
MK212	mužjak	0.558	1.213	0.814	1.189	1.099	0.679	4.931	8.685
KM213	mužjak	0.584	1.284	0.912	1.264	1.179	0.863	5.304	9.586
KK214	mužjak	0.543	1.218	0.849	1.192	1.108	0.775	4.609	9.303
KK215	mužjak	0.519	1.189	0.786	1.170	1.057	0.812	4.669	6.921
KK216	mužjak	0.571	1.295	0.870	1.266	1.158	0.822	5.053	9.848
MK217	ženka	0.477	1.020	0.710	0.996	0.915	0.683	4.533	7.785
MM218	ženka	0.479	1.066	0.740	1.053	0.967	0.738	4.882	8.412
MM219	ženka	0.478	1.174	0.790	1.156	1.046	0.760	5.163	5.032
KK220	mužjak	0.578	1.303	0.887	1.285	1.166	0.815	5.128	5.426
KM221	ženka	0.485	1.155	0.785	1.144	1.044	0.734	5.088	3.571
MK222	ženka	0.491	1.141	0.737	1.123	1.000	0.718	4.909	1.354
MK223	ženka	0.517	1.131	0.768	1.112	1.021	0.730	4.828	5.061
KK224	mužjak	0.531	1.215	0.831	1.185	1.103	0.805	4.836	6.152
MM225	mužjak	0.565	1.276	0.854	1.256	1.144	0.824	5.155	5.879
MM226	mužjak	0.516	1.181	0.810	1.154	1.070	0.730	4.701	5.810
MM227	ženka	0.472	1.112	0.771	1.092	1.006	0.694	4.897	4.929
MK228	ženka	0.454	1.068	0.729	1.058	0.964	0.691	4.465	5.211

Prilog 5. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima nakon jedanaest mjeseci starosti.

Id	Spol	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	LtHip	TailL
KK201	mužjak	0.651	1.474	0.971	1.447	1.342	1.012	5.871	8.400
KM202	mužjak	0.677	1.512	1.037	1.467	1.358	1.013	6.326	9.149
MM203	ženka	0.553	1.213	0.797	1.192	1.074	0.826	5.781	7.945
KK204	mužjak	0.630	1.481	0.960	1.451	1.316	0.967	6.066	9.021
KM206	mužjak	0.517	1.187	0.785	1.170	1.054	0.834	4.969	7.649
KM207	ženka	0.520	1.204	0.819	1.187	1.081	0.839	5.524	8.651
KK208	ženka	0.480	1.086	0.732	1.062	0.959	0.770	4.873	6.856
KM209	ženka	0.515	1.138	0.737	1.121	1.004	0.810	5.417	7.901
KM210	mužjak	0.589	1.319	0.924	1.291	1.216	0.896	5.477	8.126
MK212	mužjak	0.566	1.304	0.833	1.282	1.160	0.988	5.390	9.556
KM213	mužjak	0.626	1.464	0.961	1.445	1.295	0.987	5.873	10.133
KK214	mužjak	0.612	1.423	0.937	1.403	1.270	0.928	5.757	8.652
KK215	mužjak	0.644	1.488	0.992	1.462	1.331	0.972	5.882	7.130
KK216	mužjak	0.624	1.412	0.934	1.386	1.272	0.987	5.938	9.550
MK217	ženka	0.490	1.164	0.814	1.140	1.049	0.783	5.383	7.995
MM218	ženka	0.510	1.170	0.806	1.150	1.057	0.844	5.492	8.440
MM219	ženka	0.536	1.207	0.822	1.185	1.089	0.905	5.999	7.443
KK220	mužjak	0.583	1.350	0.890	1.333	1.189	0.920	5.516	8.615
KM221	ženka	0.580	1.280	0.905	1.261	1.172	0.837	5.638	6.571
MK222	ženka	0.512	1.166	0.789	1.143	1.026	0.784	5.122	6.207
MK223	ženka	0.559	1.211	0.835	1.188	1.102	0.817	5.477	7.609
KK224	mužjak	0.645	1.342	0.896	1.322	1.231	0.944	5.416	9.320
MM225	mužjak	0.621	1.385	0.914	1.363	1.235	0.921	5.477	9.009
MM226	mužjak	0.619	1.453	0.956	1.422	1.291	0.932	5.768	9.260
MM227	ženka	0.551	1.313	0.860	1.295	1.153	0.842	5.746	8.743
MK228	ženka	0.539	1.226	0.841	1.210	1.111	0.829	5.401	8.214

Prilog 6. Duljine promatranih parametara tijela i glave u centimetrima nakon trinaest mjeseci starosti.

Id	Spol	HHght	HLgth	SnLgh	LwJaL	LwJaO	HWdth	LtHip	TailL
KK201	mužjak	0.667	1.480	0.945	1.449	1.326	1.069	6.376	9.270
KM202	mužjak	0.722	1.614	1.106	1.572	1.456	1.019	6.383	10.372
MM203	ženka	0.556	1.270	0.884	1.241	1.155	0.833	5.968	8.488
KK204	mužjak	0.628	1.440	0.927	1.409	1.270	0.987	6.170	9.161
KM206	mužjak	0.614	1.344	0.907	1.323	1.213	0.859	5.028	8.336
KM207	ženka	0.572	1.286	0.875	1.262	1.147	0.862	5.646	9.217
KK208	ženka	0.529	1.151	0.771	1.130	1.017	0.792	5.162	7.397
KM209	ženka	0.538	1.258	0.864	1.239	1.149	0.844	5.583	8.106
KM210	mužjak	0.643	1.408	0.986	1.376	1.276	0.967	5.611	8.841
MK212	mužjak	0.648	1.471	0.959	1.453	1.319	1.070	5.893	10.408
KM213	mužjak	0.649	1.524	1.033	1.497	1.371	1.061	6.129	10.744
KK214	mužjak	0.624	1.472	0.970	1.447	1.309	0.997	5.922	9.647
KK215	mužjak	0.650	1.406	0.990	1.387	1.325	1.045	5.991	7.666
KK216	mužjak	0.637	1.453	0.975	1.430	1.321	1.013	6.023	9.913
MK217	ženka	0.547	1.180	0.832	1.158	1.084	0.844	5.579	8.777
MM218	ženka	0.557	1.189	0.827	1.172	1.087	0.860	5.577	9.002
MM219	ženka	0.598	1.334	0.907	1.306	1.196	0.932	6.230	8.217
KK220	mužjak	0.706	1.573	1.060	1.555	1.412	1.004	5.799	10.621
KM221	ženka	0.639	1.401	0.960	1.381	1.256	0.913	5.980	7.432
MK222	ženka	0.634	1.370	0.937	1.344	1.232	0.898	5.551	7.228
MK223	ženka	0.626	1.340	0.907	1.318	1.213	0.878	5.778	8.637
KK224	mužjak	0.638	1.421	0.951	1.389	1.295	0.981	5.728	9.834
MM225	mužjak	0.630	1.373	0.925	1.350	1.252	1.000	5.944	9.614
MM226	mužjak	0.655	1.510	1.010	1.486	1.374	1.013	6.058	10.021
MM227	ženka	0.557	1.306	0.859	1.281	1.151	0.896	6.062	9.288
MK228	ženka	0.572	1.333	0.909	1.303	1.190	0.899	5.913	8.825

9. Životopis

Petra Baček

- Email: petra.bacek@gmail.com

Završeno obrazovanje:

- Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno - matematički fakultet, Biološki odsjek, smjer Znanosti o okolišu (sveučilišna prvostupnica struke Znanosti o okolišu)
- XV. Gimnazija, Zagreb, informatički smjer
- Osnovna škola Marije Jurić – Zagorke, Zagreb

Udruge:

- Članica Udruge studenata biologije „BIUS“
- Članica 28. Samostalna družina izviđača „Dubrava“

Dodatne aktivnosti:

- Položen C2 stupanj engleskog jezika