

Биолошки факултет
Број захтева: 33/113-1
Датум: 15.5.2015.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋУ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ПРИРОДНИХ НАУКА

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији за кандидата на докторским студијама

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији:

КАНДИДАТ: **Марко М. Лaziћ**

студент докторских студија на студијском програму Биологија, Еволуциона биологија

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„Флуктуирајућа асиметрија одабраних морфолошких особина као индикатор срединског стреса у урбаним и руралним популацијама зидног гуштера (*Podarcis muralis* Laurenti 1768)“.

из научне области: Биолошке науке.

Универзитет је дана 27.02.2014. године. својим актом под бр. 02 Број: 61206-754/3-14 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„Флуктуирајућа асиметрија као индикатор срединског стреса у популацијама зидног гуштера (*Podarcis muralis* Laurenti 1768) у урбаним и руралним срединама“.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 13.03.2015. год, одлуком Факултета под бр. 33/36-13.03.2015. год. у саставу:

| | Име и презиме члана комисије | звање | научна област | Установа у којој је запослен |
|----|---------------------------------|----------------------|--|---|
| 1. | др Јелка Црнобрња- Исаиловић | редовни професор | зоологија | Универзитет у Нишу- Природно-математички факултет, Универзитет у Београду- Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ |
| 2. | др Драгана Цветковић | ванредни професор | генетика и еволуција | Универзитет у Београду- Биолошки факултет |
| 3. | др Ана Ивановић | редовни професор | морфологија, систематика и филогенија животиња | Универзитет у Београду- Биолошки факултет |
| 4. | dr Miguel A. Carretero | senior researcher | фенотипска еволуција, морфометрија, морфологија | CIBIO University of Porto, Portugal |

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Наставно-научно веће факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној 15. маја 2015. године.

Декан Биолошког факултета

Проф. др Јелена Кнежевић-Вукчевић

- Прилог:**
1. Реферат комисије са предлогом.
 2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању реферата
 3. Примедбе дате у току стављања реферата на увид у јавности, уколико је таквих примедби било.
 4. Електронска верзија.



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
БИОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Студентски трг 16
11000 БЕОГРАД
Република СРБИЈА
Тел: +381 11 2186 635
Факс: +381 11 2638 500
Е-пошта: dekanat@bio.bg.ac.rs

33/113-15.5.2015.

На основу члана 128. Закона о високом образовању и члана 59. став 1. тачка 1. Статута Универзитета у Београду-Биолошког факултета, Наставно-научно веће Факултета, на VII редовној седници одржаној 15.5.2015. године, донело је

О Д Л У К У

Прихвата се Извештај Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

Марка Лазића, под називом:

„Флукутирајућа асиметрија као индикатор срединског стреса у популацијама зидног гуштера (*Podarcis muralis* Laurenti 1768) у урбаним и руралним срединама“.

Универзитет је дана 27.02.2014. године, својим актом под бр. 02 Број: 61206-754/3-14 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације:

Б1. Радови у часописима међународног значаја:

Lazić, M. M., Carretero, M. A., Mihailov-Krstev, T., Lazarević-Macanović, M., Krstić, N., & Crnobrnja-Isailović, J. (2012). Incidence patterns of ectodermic lesions in wild populations of Common Wall Lizard (*Podarcis muralis*). *Amphibia-Reptilia*, 33: 327-336. **M22**

Lazić, M. M., Kaliontzopoulou, A., Carretero, M. A., Crnobrnja-Isailović, J. (2013) Lizards from urban areas are more asymmetric: Using fluctuating asymmetry to evaluate environmental disturbance. *PloS one* 8:e84190 **M21**

Lazić, M. M., Carretero, M. A., Crnobrnja-Isailović, J., Kaliontzopoulou, A. (2015) Effects of environmental disturbance on phenotypic variation: an integrated assessment of canalization,

developmental stability, modularity and allometry in lizard head shape. *The American Naturalist*
185: 44-58. **M21**

Декан Биолошког факултета

Доставити:

- Универзитету у Београду,
- докторанту,
- Стручној служби Факултета.

Проф. др Јелена Кнежевић-Вукчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На V редовној седници Наставно-научног већа Биолошког факултета Универзитета у Београду, одржаној 13. марта 2015. године, прихваћен је извештај ментора др Јелке Црнобрња-Исаиловић и др Драгане Цветковић о урађеној докторској дисертацији **Марка М. Лазића**, дипломираног биолога, запосленог на Природно-математичком факултету Универзитета у Нишу, под насловом „**Флуктуирајућа асиметрија као индикатор срединског стреса у популацијама зидног гуштера (*Podarcis muralis Laurenti 1768*) у урбаним и руралним срединама**“, и одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације у саставу:

Др Јелка Црнобрња-Исаиловић, научни саветник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитета у Београду и редовни професор Природно-математичког факултета Универзитета у Нишу;

Др Драгана Цветковић, ванредни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду;

Др Ана Ивановић, редовни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду и

Др Miguel A. Carretero, Senior Researcher (научна еквиваленција научног саветника), CIBIO-InBIO, Universidade do Porto, Campus Agrário de Vairão, Rua Padre Armando Quintas, 4485-661 Vairão, Portugal;

Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидата и Већу подноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ

Општи подаци о докторској дисертацији:

Докторска дисертација **Марка Лазића** под насловом „**Флуктуирајућа асиметрија као индикатор срединског стреса у популацијама зидног гуштера (*Podarcis muralis Laurenti 1768*) у урбаним и руралним срединама**“ обухвата укупно 198 страна: 112 страна чини сам текст тезе, 14 је уводних страна (насловна страна, сажетак на српском и енглеском језику, захвалница и садржај), на 32 странице дате су табеле са резултатима статистичких анализа и на 35 страна су представљени графички прикази одабраних резултата. Биографија аутора, изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу дате су на 5 страна. Дисертација садржи 1 график (у поглављу Увод) и 49 слика (14 у поглављу Материјал и методе и 35 у додатку Прилози), као и 339 библиографских јединица. Пагинирани текст (180 страна) подељен је у 7 основних поглавља, и 2 додатка: Увод (18 страна), Циљеви истраживања (две стране), Материјал и методе (25 страна), Резултати (6 страна), Дискусија (22 стране), Закључци (3 стране), Литература (36 страна), Прилози (67 страна) и Биографија аутора (1 страна). На почетку пагинираног текста се налазе кратак сажетак на српском и енглеском језику (6 страна), као и садржај тезе (3 стране).

Анализа докторске дисертације:

Главни предмет ове тезе је анализа флукутирајуће асиметрије (FA) као индикатора срединског стреса унутар и између урбаних и руралних популација зидног гуштера у граду Нишу и околини (југоисточна Србија).

Кандидат је поглавље **УВОД** поделио на десет подпоглавља која приказују теоријске поставке које се односе на проблематику докторске дисертације. У првом подпоглављу представљене су различите дефиниције и могући узроци, као и ефекти срединског стреса сагледани из еволуционо-биолошке перспективе. У другом подпоглављу дат је кратак приказ концепта развојне стабилности и опис флукутирајуће асиметрије као потенцијалног одраза нивоа развојне стабилности организма. У трећем подпоглављу представљен је феномен развојне каналисаности у контексту еволуционо-биолошких промена. У четвртном подпоглављу наведене су претпоставке о заједничким механизмима који би могли бити одговорни за развојну каналисаност и стабилност развића. Пето подпоглавље објашњава концепт морфолошке интеграције и модуларности развића карактеристика и како се ефекти стреса могу испољити на њих. Шесто подпоглавље представља теоретске поставке алометрије и одраз ефеката стреса на алометријске путање путем промена фенотипске варијансе анализираних особина. Седмо, осмо и девето подпоглавље описују перформансу, кондициони индекс и преваленцу и интензитет крвних паразита организма и представљају их као могуће индикаторе срединског стреса, а десето подпоглавље разматра значај корелација између наведена три параметра и FA у анализама деловања срединског стреса.

У оквиру поглавља **ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА** кандидат је поставио основне циљеве истраживања: 1) Тестирање постојања и нивоа FA у популацијама зидног гуштера на одабраним билатералним карактеристикама спољашње морфологије и, ако постоји, утврђивање да ли популације из урбаних средина испољавају већи ниво FA; 2) тестирање постојања и нивоа FA облика главе методама геометријске морфометрије и, ако постоји, утврђивање да ли популације из урбаних средина испољавају већи ниво FA; 3) утврђивање разлика између популација у односу на укупан облик главе, као и засебно у односу на симетричну и асиметричну компоненту облика, и да ли урбане популације показују веће одступање од алометријске линије; 4) испитивање утицаја асиметрије екстремитета на брзину кретања која представља важну компоненту адаптивне вредности и евентуалних разлика у нивоу FA дужине екстремитета између урбаних и руралних популација; 5) утврђивање да ли међу популацијама постоје разлике у кондиционом индексу, пре свега да ли се популације из урбаних средина одликују нижим кондиционим индексом у односу на популације из руралних средина и 6) утврђивање присуства хемопаразита у црвеним крвним зрнцима анализираних јединки и процена разлика у преваленци и интензитету присуства хемопаразита између наведена два типа популација.

У поглављу **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ**, кандидат је дао детаљан опис свих примењених методолошких поступака. У првом подпоглављу представљене су основне морфолошке одлике врсте, њена таксономска припадност, распрострањење, преференција станишта, годишња динамика активности укључујући и репродукцију, основни подаци о особинама животне историје и исхрани, као и карактеристике које врсту чине подобном за проучавање утицаја срединског стреса. У наредним подпоглављима дат је преглед локалитета са којих су животиње изловљене, описане су методе сакупљања јединки, мерења одабраних карактеристика и изложена је статистичка обрада података. Статистичке анализе обухватиле су процене утицаја два типа средина - урбане и руралне - на стабилност развића одабраних морфолошких карактеристика (линеарна регресија и двофакторска анализа варијансе - ANOVA) и облика главе (Прокрустова ANOVA), каналисаност развића облика главе (корелације варијационо-коваријационих -VCV-матрица), корелацију између каналисаности и стабилности развића главе (Мантелов тест

асоцијација између VCV матрица), морфолошку интеграцију и модуларност облика главе (поређење RV коефицијената), потенцијални ефекат урбанизације на алометријске путање облик-величина главе (модели ANOVA-е, мултиваријантна регресија), перформансу и асиметрију екстремитета (модели ANOVA-е, линеарна регресија), кондициони индекс масе тела (модели ANOVA-е), преваленцу и интензитет крвних паразита (генерализовани линеарни модели – GLM) и на корелацију између интензитета крвних паразита, кондиционог индекса и FA (линеарни модели).

У поглављу **РЕЗУЛТАТИ** кандидат је изложио своје резултате у девет целина. У првом подпоглављу дати су резултати анализа стабилности развића одабраних морфолошких карактеристика и стабилности развића облика главе. Друго подпоглавље садржи резултате анализе каналисаности развића облика главе. Треће подпоглавље садржи резултате анализе корелација између каналисаности и стабилности развића облика главе. Четврто подпоглавље садржи резултате анализе морфолошке интеграције и модуларности развића облика главе. У петом подпоглављу су приказани резултати анализа алометријских путања облик-величина главе. Шесто подпоглавље садржи резултате процене разлика у перформанси и асиметрији екстремитета између популација у урбаним и руралним срединама као и између урбаних и руралних популација. Седмо подпоглавље приказује резултате анализе средњих вредности кондиционих индекса јединки из урбаних и руралних средина. Осмо подпоглавље садржи резултате анализе преваленце и интензитета крвних паразита јединки из оба типа популација. Сви добијени резултати су документовани табеларно и графицима који су дати у поглављу **ПРИЛОЗИ**, на крају текста тезе, подељеном на ТАБЕЛЕ и СЛИКЕ.

Добијене резултате кандидат је коментарисао и поредио са литературним подацима у оквиру девет подпоглавља унутар поглавља **ДИСКУСИЈА**. У првом подпоглављу су коментарисани добијени резултати анализе стабилности развића анализираних морфолошких карактеристика и облика главе, нарочито са аспекта подобности нивоа FA као индикатора срединског стреса. У другом подпоглављу, кандидат је дискутовао разлике у фенотипским варијансама и FA облика главе анализираних јединки из урбаних и руралних средина са аспекта нарушене стабилности развића услед утицаја срединског стреса. У трећем подпоглављу дискутована је хипотеза да су каналисаност и развојна стабилност два феномена која су уско повезана а коју резултати ове дисертације подржавају. У четвртом подпоглављу упоређени су резултати дисертације који описују морфолошку интеграцију и модуларност облика дорзалне стране главе са резултатима других студија које такође доказују повезаност варирања облика са алометријом. У петом подпоглављу дискутовани су резултати о алометријским путањама облик-величина главе у контексту хипотезе да стрес из урбаних средина може бити одговоран за поремећаје механизма који контролишу прецизност развића. У шестом подпоглављу разматран је утицај неповољних срединских прилика на перформансу и асиметрију екстремитета анализираних јединки из два типа популација и међусобни утицај варирања ових особина на адаптивну вредност. У седмом подпоглављу разматрана су различита тумачења снижених вредности кондиционих индекса масе јединки и поузданост примене овог параметра у процени срединског стреса у природним популацијама. У осмом подпоглављу потврђено је већ постојеће становиште да преваленца крвних паразита не може бити поуздан индикатор срединских сметњи, пре свега оних које доводе до смањења стабилности развића појединих морфолошких карактеристика и облика главе. У последњем (деветом) подпоглављу, представљене су хипотезе које могу објаснити резултатима потврђене корелације између паразитираности, кондиционог индекса и FA јединки из анализираних два типа популација.

На основу добијених резултата кандидат је у поглављу **ЗАКЉУЧЦИ** изнео

следеће ставове:

Присуство FA уочено је у свим анализираним популацијама и за све три анализирани морфолошке карактеристике. Урбане популације су показале значајно већи ниво FA за све три анализирани морфолошке карактеристике, сугеришући да је њихова стабилност развића нарушена у урбаној средини. Разлике између полова нису уочене, али је примећена значајна разлика у нивоу FA између различитих морфолошких карактеристика, што указује да је стабилност развића специфична за сваку карактеристику. Такође, показано је да особине које више доприносе адаптивној вредности (јер имају велики функционални значај) имају и стабилније развиће. Значајне корелације између вредности FA које задржавају информацију о страни за феморалне поре и субдигиталне ламеле сугерисале су да су ове две карактеристике морфолошки интегрисане, највероватније услед дељења развојних путева јер се обе развијају на истом делу тела.

Користећи методе геометријске морфометрије, показано је да је стабилност развића главе нарушена у урбаним популацијама које су показале значајно већи ниво FA облика главе у односу на руралне. Такође, показано је и да је ниво фенотипске варијансе већи у урбаним популацијама, што указује да је и каналисаност облика главе нарушена. Значајна корелација уочена је између фенотипске варијансе унутар и између јединки што указује да каналисаност и развојна стабилност могу зависити од истих или бар делимично сличних молекуларних механизма. Ниво морфолошке интеграције није се разликовао између ова два типа популација. На основу тога се може закључити да стресни фактори који делују у урбаним популацијама немају утицаја на морфолошку интегрисаност. Јединке из урбаних средина су имале и значајно мању средњу вредност главе. Ове разлике нису биле последица разлика у величини тела, јер је исти образац уочен и након што је ефекат величине тела узет у обзир. На основу тога може се закључити да јединке из урбаних средина немају довољно енергије коју би уложиле у раст ове битне карактеристике, или да у урбаној средини раст главе престаје у ранијим развојним периодима. Такође, могуће је и да јединке из градске средине улажу мање ресурса у развиће главе. Ово смањење величине највероватније утиче на адаптивну вредност јер главени регион има вишеструки значај у реализацији важних еколошких задатака.

Показано је да између јединки зидног гуштера које насељавају урбани и рурални тип окружења постоје значајне разлике у алометрији облика главе. На основу тога може се закључити и да су механизми који регулишу алометрију облика главе нарушени у урбаним срединама. Додатна потврда за то је добијена анализом одступања од групне алометрије. У овој анализи је показано да је одступање веће у урбаним популацијама.

Значајне разлике у перформанси нису уочене између два типа популација. Нађене су разлике само између популација које припадају урбаном типу, што указује да урбанизација и стресни фактори повезани са њом немају утицаја на перформансу. Такође, нађено је да јединке са израженом асиметријом у дужини задњих екстремитета показују и ниже вредности перформансе. Због тога, могуће је и да јединке са израженом асиметријом ређе достижу адултни узраст па разлике у нивоу FA нису пронађене између два анализирани типа популација.

Кондициони индекс је био мањи у урбаним срединама што сугерише да урбане јединке имају мање резервних материја него руралне. Пошто су репродуктивна вредност али и остале компоненте адаптивне вредности блиско повезане са кондиционим индексом, може се очекивати нижа адаптивна вредност јединки у урбаним популацијама. Такође, уочена је значајна корелација између вредности кондиционог индекса и нивоа FA облика главе. Наиме, јединке са нижим вредностима

кондиционог индекса показивале су виши ниво FA облика главе

Преваленца крвних паразита се није значајно разликовала између два типа популација, док је интензитет био значајно већи у урбаним срединама, највероватније као последица смањене компетенције имуног система услед деловања стресогених фактора. Имајући у виду последице ових инфекција, могуће је да је смањена преваленца у неким урбаним популацијама последица бржег умирања инфицираних јединки. Ипак, ову претпоставку треба експериментално потврдити. Такође, уочена је значајна корелација између инфицираности крвним паразитима и нивоа FA облика главе. Наиме, јединке инфициране паразитима показивале су и виши ниво FA облика главе. Овај однос је био израженији у урбаним срединама. Ова повезаност може бити последица директног утицаја паразита, јер инфициране јединке троше велике количине енергије на одржавање имуног система па је могуће да недостаје енергије која би се утрошила на одржавање стабилног развића. Опет, могуће је да је добијена значајна корелација последица сличног одговора на стрес оба фактора.

Поглавље **ЛИТЕРАТУРА** садржи 339 библиографских јединица и показује да је коришћен задовољавајући обим литературних података. Литературни извори су адекватно и на одговарајућим местима цитирани у тексту докторске дисертације.

У **ПРИЛОЗИМА. 1. ТАБЕЛЕ** приказано је 29 табела са резултатима статистичких анализа примењених у дисертацији. У **ПРИЛОЗИМА. 2. СЛИКЕ** дати су графички прикази (35 слика) средњих вредности и опсега варирања анализираних особина и параметара, визуелни прикази корелација између особина и параметара, као и прикази алометријских односа параметара анализираних у дисертацији.

Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације:

Б1. Радови у часописима међународног значаја

1. **Lazić, M. M.**, Carretero, M. A., Mihailov-Krstev, T., Lazarević-Macanović, M., Krstić, N., & Crnobrnja-Isailović, J. (2012). Incidence patterns of ectodermic lesions in wild populations of Common Wall Lizard (*Podarcis muralis*). *Amphibia-Reptilia*, 33: 327-336. **M22**
2. **Lazić, M. M.**, Kaliontzopoulou, A., Carretero, M. A., Crnobrnja-Isailović, J. (2013) Lizards from urban areas are more asymmetric: Using fluctuating asymmetry to evaluate environmental disturbance. *PloS one* 8:e84190 **M21**
2. **Lazić, M. M.**, Carretero, M. A., Crnobrnja-Isailović, J., Kaliontzopoulou, A. (2015) Effects of environmental disturbance on phenotypic variation: an integrated assessment of canalization, developmental stability, modularity and allometry in lizard head shape. *The American Naturalist* 185: 44-58. **M21**

Б3. Конгресна саопштења на скуповима међународног значаја

1. **Lazić, M.M.**, Kaliontzopoulou, A., Carretero, M.A., Crnobrnja-Isailović, J. (2013) Fluctuating asymmetry in urban vs. rural populations of *Podarcis muralis*. *8th Symposium on the Lacertids of the Mediterranean Basin*. Koper, Slovenia, June 3rd-6th 2013, *Abstract Book*, p. 27 **M34**

Мишљење и предлог Комисије:

Увидом у докторску дисертацију Марка Лазића, чији смо приказ дали у извештају, а на основу приложене библиографије и непосредног увида у рад кандидата, сматрамо да је теза написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме и да садржи све одговарајуће елементе неопходне за овакву врсту рада. Докторска дисертација представља оригиналан научни допринос проучавању феномена флукутирајуће асиметрије као индикатора срединског стреса у популацијама дивљих врста животиња, конкретно у овом случају зидног гуштера.

Имајући у виду све претходно наведене податке, као и да је део поменутих истраживања објављен у публикацијама међународног значаја са високим импакт фактором, Комисија позитивно оцењује тезу и са задовољством предлаже Наставно-научном већу Биолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај извештај и одобри **Марку М. Лазићу** јавну одбрану докторске дисертације под насловом „**Флукутирајућа асиметрија као индикатор срединског стреса у популацијама зидног гуштера (*Podarcis muralis Laurenti* 1768) у урбаним и руралним срединама**“.

КОМИСИЈА:

Др Јелка Црнобрња-Исаиловић

научни саветник

Универзитет у Београду - Институт за биолошка
истраживања „Синиша Станковић“

редовни професор

Универзитет у Нишу - Природно-математички факултет

Др Драгана Цветковић

ванредни професор

Универзитет у Београду- Биолошки факултет

Др Ана Ивановић

редовни професор

Универзитет у Београду- Биолошки факултет

Dr Miguel A. Carretero

Senior Researcher (еквиваленција научном саветнику)

Universidade do Porto, Portugal - CIBIO-InBIO

У Београду, _____ 2015. године.