

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ “СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”

Биологически факултет

Катедра по Зоология и антропология



Стелияна Георгиева Попова

**Пространствено разпределение и популационна екология на ливадния
гушер в планински местообитания.**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд

за присъждане на образователна и научна степен „доктор”

професионално направление 4.3. Биологически науки (Зоология –
Зоология на гръбначните животни)

Научен ръководител:

Доц. д-р Диана Златанова

София, 2020

Дисертацията е разработена в катедра „Зоология и антропология“ на Биологическия факултет на Софийски Университет „Св. Климент Охридски“.

Дисертационният труд е обсъден и насрочен за защита на разширен катедрен съвет на катедра „Зоология и антропология“, състоял се на 02.10.2020 г.

Дисертационният труд съдържа общо 111 страници, включително 16 фигури, 24 таблици, 2 приложения (2 страници). Списъкът на цитираната литература включва 169 източника, от които 17 на кирилица и 152 на латиница.

Част от изследванията по дисертацията са финансирани по проекти:

№167/17.04.2015г. на тема: „Екологични и поведенчески аспекти на представителни видове влечуги и бозайници в моделни Натура 2000 зони“ към фонд „Научни изследвания“ на Софийския Университет.

№80–10–30/10.04.2019г. на тема: „Пространствено разпределение и популационна екология на ливадния гуцер (*Lacerta agilis bosnica*) в планините Плана и Осогово.“ към фонд „Научни изследвания“ на Софийския Университет.

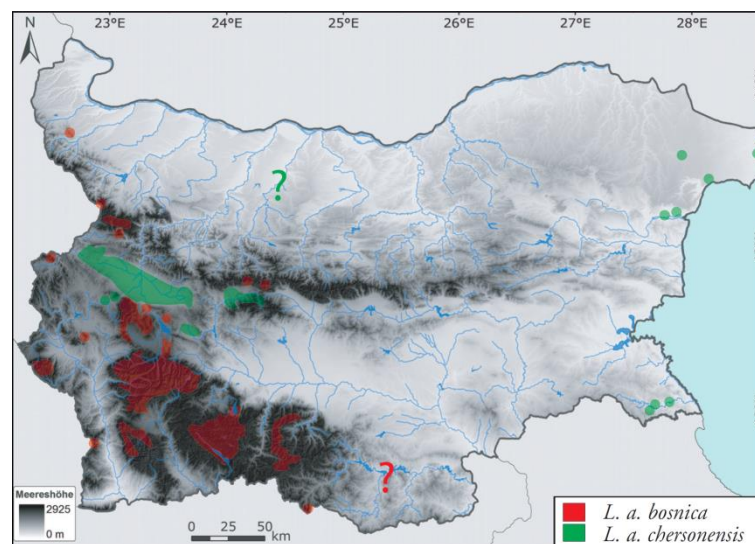
Защитата на дисертационния труд ще се състои на от часа в аудитория на Биологически факултет на Софийски Университет „Св. Климент Охридски“.

I. Увод

Ливадният гущер (*Lacerta agilis* Linnaeus, 1758) у нас е представен с два подвида: *Lacerta agilis chersonensis* Andrzejowski, 1832 и *Lacerta agilis bosnica* Schreiber, 1912. Върху първия подвид има съвременни екологични изследвания (Grozdanov *et. al.*, 2014; Grozdanov *et. al.*, 2011; Грозданов, 2013), докато вторият, разпространен изключително в планински условия у нас, досега не е бил обект на такъв тип проучвания в България. С оглед на това, в настоящата работа за обект на проучване беше избран именно подвидът в планински условия (*L. a. bosnica*), в опит да се запълнят празнините в познанието за целия вид у нас.

Ареалът на *L. a. bosnica* е сравнително малък и обхваща само част от Балканския полуостров: някои от планинските райони в бивша Югославия, България, Гърция и Албания (Bischoff, 1988; Mizsei *et. al.*, 2017; Калябина-Хауф и Ананьева, 2004). В България разпространението на ливадния гущер има мозаечен харктер (Фигура 1): *L. a. bosnica* е установен в повечето планини в западната част на страната, в диапазона между 850 и 2800 м н.в., (Stojanov *et. al.*, 2011). Двата подвида у нас никъде не се срещат съвместно и са лесно разграничими по външни белези (Stojanov *et. al.*, 2011; Цанков и др., 2014).

L. agilis е дневноактивен вид, а активността му у нас има ясно изразен бимодален характер. През лятото в обедните и следобедните часове практически не е активен (Цанков, 2007; Цанков *et. al.*, 2014). Храни се главно с насекоми, но често поглъща и други безгръбначни животни (Бешков & Нанев, 2002). Брачният период е от април до средата на юни в зависимост от надморската височина, а яйцеснасянето е от началото на юни до средата на август (Бешков & Нанев, 2002). Обитава тревисти терени, понякога с редки храсти и каменисти участъци, проявява предпочитание към по-влажните места (Цанков, 2007).



Фигура 1. Разпространение на *L. agilis* в България (по Stojanov *et. al.*, 2011).

II. Литературен обзор

Представен е обзор на литературата, свързана с изследвания върху таксономията на вида, половия диморфизъм, избора на местообитания, термоекологията, популационната структура на вида.

Поради широкото му разпространение в Евразия, видът е чест обект на изследване, но в България е слабо проучен. До момента са изследвани разликите в окраската между двата

подвида (Духалов, 1999), както и морфологичната им диференциация и половият диморфизъм по размерни и фолидозни белези (Цанков, 2007). Бешков & Нанев (2002) накратко описват убежищата на ливадния гущер. По отношение на термоекологията, някои данни са публикувани от Grozdanov *et. al.* (2011).

III. Цели и задачи

Целта на настоящия дисертационен труд е да се изяснят някои основни аспекти от екологията на слабо проучения таксон *L. a. bosnica* в България.

За постигането на тази цел бяха поставени следните изследвателски задачи:

1. Да се анализира половият диморфизъм в размерите и пропорциите на тялото;
2. Да се извършат популационни изследвания на:
 - полово-възрастова структура;
 - численост и плътност;
 - преживяемост;
3. Да се анализира избора на микроместообитания при различните полово-възрастови групи;
4. Да се анализира зависимостта между телесната температура и тази на околната среда.

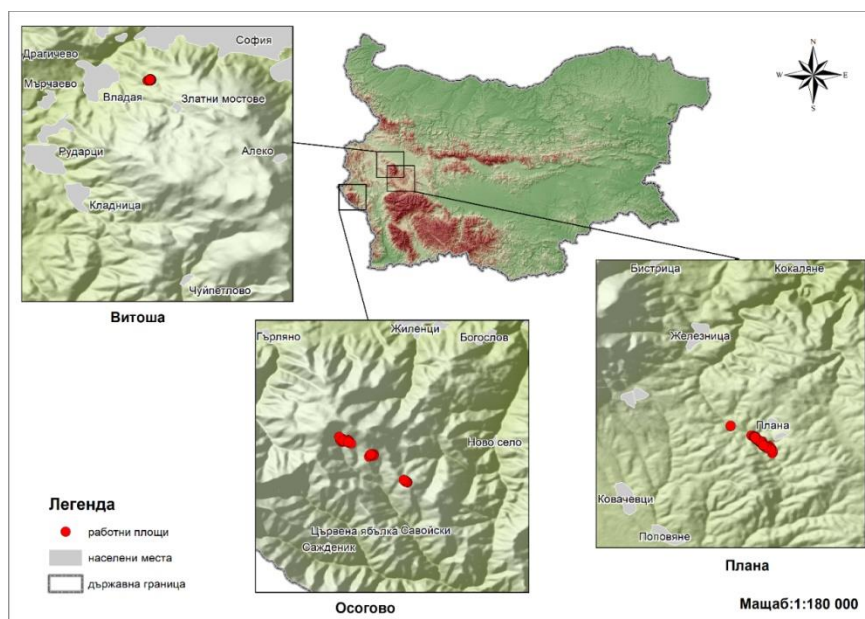
IV. Материали и методи

IV.1. Изследвани райони

Полевите изследвания бяха проведени в три от планините в Западна България – Плана, Витоша и Осогово (**работни райони**), между 1100 и 1700 м н. в.

IV.2. Методичен подход и период на теренно изследване

За всяка планина беше определена по една сравнително малка територия (**пробна площ**), в която да се провеждат теренните изследвания (Фигура 2). Основните критерии за подбор на пробни площи бяха съществуването на сравнително многочислени местни популации и достъпността. Теренните изследвания на Витоша бяха направени в периода 2014 – 2018 г., на Осогово – през 2014, 2015 и 2019 г., и на Плана – през 2018 и 2019 г., през месеците от април до септември с изключение на месец август, когато активността на гущерите е много ниска (Таблица 1).



Фигура 2 Местоположение на пробните площи (върху орографска карта на България)

Таблица 1. Разпределение на посещенията (като брой дни) по месеци и пробни площи.

	Април	Май	Юни	Юли	Септември	Общо
Плана	1	3	5	3	2	14
Витоша	–	3	5	7	4	19
Осогово	–	2	4	10	–	16
Общо	1	8	14	20	6	49

Във всяка от пробните площи беше използван един и същ подход за събиране на данни: обхождане на територията, улавяне на всеки забелязан ливаден гущер; непосредствено след улавянето на даден екземпляр бяха измервани неговата телесна температура и температурите на субстрата и въздуха; снемане на основните соматометрични белези чрез прозрачна линия и шублер; документиране на окраската чрез заснемане с цифров фотоапарат (гръбно, коремно и странично). Точното място на улавяне беше документирано чрез GPS–приемник. За всяка точка на улов беше правена характеристика на земното покритие около точката на улавяне. Всички събрани данни бяха вписвани в предварително подготвен формуляр. След приключване на така описаните процедури животното беше освобождавано на мястото на улавянето му.

Полът на гущерите беше определян главно по оцветяването на страните на тялото (слабо до наситено зелено при мъжките и кафяво при женските) и напетняването на корема (голямо количество черни петънца при мъжките и отсъствие или малък брой такива при женските), а в някои случаи като допълнителни критерии бяха използвани размерът на феморалните пори (по-голям при мъжките) и броят на напречните редове коремни щитчета (по-голям при женските). Определянето на пола по тези белези е широко използвано в подобни изследвания (Majláth *et. al.*, 1997; Stojanov *et. al.*, 2011; Яблоков, 1976) и в повечето случаи се смята за достоверно дори при субадултни екземпляри (Фигура 3).

IV.3. Систематизиране и обработка на събраните данни

Според възрастовата категория и пола уловените екземпляри бяха разделени на четири групи, наричани по-нататък полово-възрастови групи (Таблица 2). Разграничаването на

възрастните от неполово зрелите индивиди е направено главно въз основа размера на тялото (*L.corp.*), а праговата стойност 55 мм е изведена в резултатите на настоящото изследване.

Таблица 2. Дефинирани полово-възрастни групи при изследваните *L. a. bosnica*.

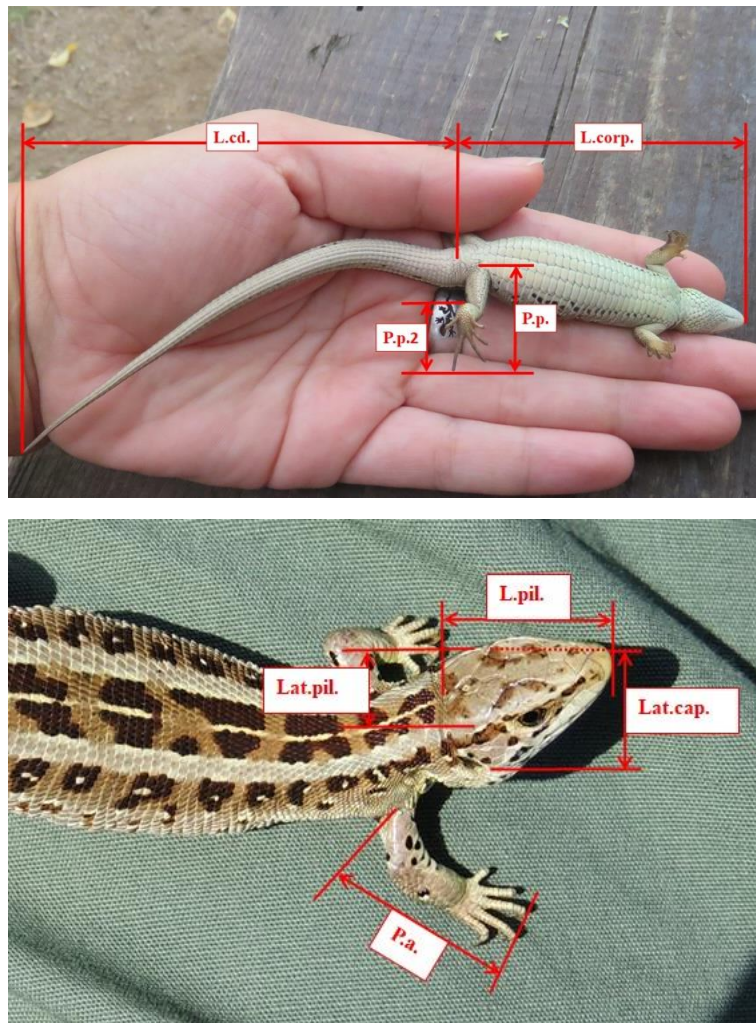
Означение	Описание
M	Полово зрели мъжки (дължина на тялото над 55 мм).
F	Полово зрели женски (дължина на тялото над 55 мм).
imM	Неполово зрели мъжки (дължина на тялото до 55 мм).
imF	Неполово зрели женски (дължина на тялото до 55 мм).

Изследвани морфометрични белези и индекси

Морфологичните изследвания в настоящата работа се базират на снемането на осем соматометрични белега от уловените гущери и изчисляването на десет индекса (прости съотношения), които са показателни за някои от пропорциите на тялото (Таблица 3 и Фигура 3). Повечето от избраните белези се използват отдавна в морфометричните изследвания върху гущери и могат да се определят като стандартни (Majláth *et. al.*, 1997; Терентъев & Чернов, 1949; Цанков, 2007), а подборът на индексите беше направен така, че да даде възможност за пряко сравнение между *L. a. bosnica* и другия подвид на ливадния гущер у нас – *L. a. chersonensis*.

Таблица 3. Използвани морфометрични белези и индекси (във втората колона са дадени начинът на снемане размерите на белезите и морфологичният смисъл на индексите)

Означение	Описание
L.corp.	Дължина на тялото (от върха на муцуната до дисталния ръб на аналното щитче).
L.cd.	Дължина на опашката (от дисталния ръб на аналното щитче до върха на опашката).
P.a.	Дължина на предния крайник (от аксиларната гънка до върха на най-дългия пръст).
P.p.	Дължина на задния крайник (от ингвиналната гънка до върха на най-дългия пръст).
P.p.2	Дължина на стъпалото на задния крайник (от върха на най-дългия пръст до основата на първия пръст).
L.pil.	Дължина на пилеуса (от върха на муцуната до проксималния ръб на окципиталното щитче).
Lat.pil.	Ширина на пилеуса (при най-изпъкналите точки на париеалните щитчета).
Lat.cap.	Ширина на главата (при най-изпъкналите точки на югалните кости).
L.corp./L.cd.	Относителна дължина на опашката.
P.a./L.corp.	Относителна дължина на предния крайник.
P.p./L.corp.	Относителна дължина на задния крайник.
P.p.2/L.corp.	Относителна дължина на стъпалото на задния крайник.
L.pil./L.corp.	Относителна дължина на пилеуса.
Lat.pil./L.corp.	Относителна ширина на пилеуса.
Lat.cap./L.corp.	Относителна ширина на главата.
Lat.pil./L.pil.	Съразмерност на пилеуса.
Lat.cap./L.pil.	Напречен профил на главата.
P.a./P.p.	Съразмерност на крайниците.



Фигура 3 Снемане на метрични параметри (Таблица 3)

Изследвани характеристики на микроместообитанията

В настоящата работа под „микроместообитание“ се разбира характерът на земното покритие в радиус 5 – 6 метра от точката на намиране на гущера. Почти винаги земното покритие в избрания периметър се състоеше изключително от треви, така че установеното в редки случаи наличие на големи камъни и храсти не беше взето предвид. С оглед възможността за сравнение на подвидовете на ливадния гущер у нас, за характеризиране на микроместообитанието бяха използвани категориите за височина и гъстота на тревата, дадени от Grozdanov *et. al.* (2014). Впоследствие категориите бяха обединени с цел да се изведат всички възможни комбинации за характера на микроместообитанията по тези фактори (Таблица 4). Височината и гъстотата на тревата бяха определяни окомерно.

Таблица 4. Използвани категории за описание на микроместообитанията

Означение	Описание според височината (H) и гъстотата (D) на тревата
H1D1	Височина до 20 см; тревно покритие на почвата до 10%.
H1D2	Височина до 20 см; тревно покритие на почвата от 10 до 50%.
H1D3	Височина до 20 см; тревно покритие на почвата от 50 до 90%.
H1D4	Височина до 20 см; тревно покритие на почвата над 90%.
H2D1	Височина от 20 до 40 см; тревно покритие на почвата до 10%.

Означение	Описание според височината (H) и гъстотата (D) на тревата
H2D2	Височина от 20 до 40 см; тревно покритие на почвата от 10 до 50%.
H2D3	Височина от 20 до 40 см; тревно покритие на почвата от 50 до 90%.
H2D4	Височина от 20 до 40 см; тревно покритие на почвата над 90%.
H3D1	Височина над 40 см; тревно покритие на почвата до 10%.
H3D2	Височина над 40 см; тревно покритие на почвата от 10 до 50%.
H3D3	Височина над 40 см; тревно покритие на почвата от 50 до 90%.
H3D4	Височина над 40 см; тревно покритие на почвата над 90%.

Популационни изследвания

Направените в полеви условия снимки на уловените екземпляри бяха използвани за индивидуално разпознаване на гущерите и за проверка на половата принадлежност. Индивидуалното разпознаване беше направено чрез сравнение топографията на отделни елементи на окраската (ивици, линии, петна), които се променят много слабо с възрастта. Това беше направено визуално чрез първоначално групиране на снимките според половата принадлежност на гущерите и последващо сравнение на всеки един екземпляр с всички останали от същия пол, уловени в съответната пробна площ (Фигура 4).



Фигура 4 Мъжки екземпляр, уловен 2015г. (ляво) като субадултен и 2016г. (дясно) като адултен

За определяне на размера на популация и различни нейни параметри като численост и преживяемост беше използван методът Улавяне – Маркиране – Повторно улавяне (Capture – Mark – Recapture – CMR). Тъй като повторно уловени индивиди имаше само в работен район Витоша (пробна площ Игликина поляна), такъв популационен анализ беше направен само за този район.

За периода 2014 – 2018 г. са реализирани и маркирани 172 улова, като повторно уловените са 19 (на девет различни индивида). Установяване на числеността на популацията беше възможно само за периода от 3 май до 7 юли 2018 г., при която имаше достатъчно повторно уловени индивиди ($n = 5$). Общо за 2018 г. са реализирани 44 улова (пвъзрастни = 41, пювенилни = 3), 12 повторни улова на общо седем индивида, за два от които няма повторен улов през същата година, поради което не бяха включени в моделирането. За целта на моделирането беше използван класическият затворен модел по Otis et al. (1978) в програмния пакет Mark v.9.0 – Mark and Recapture Parameter Estimation. Данните за периода 03.05 – 07.07.2018 г. бяха тествани за затвореност по два теста – Stanley & Burnham Closure Test (χ^2 тест) и Otis et al. (1978) Closure Test (z-value) чрез програмата CloseTest (Stanley & Burnham, 1999). При моделирането в класическия затворен модел бяха тествани следните кандидат модели с различна вероятност (p) – {M0}

(константно p), $\{Mt\}$ (p вариращо с времето), $\{Mb\}$ (p повлияно или вариращо поради поведенчески отговор), $\{Mh2\}$ (хетерогенно p – хетерогенност на вероятността за регистрация на вида) и техните хибриди $\{Mtbh2\}$, $\{Mtb\}$, $\{Mth2\}$ и $\{Mbh2\}$. Likelihood Ratio (LR) тест базиран на тест χ^2 беше използван за сравнение на средните стойности между всека двойка вложени модели. Вложени модели са тези, които могат да се сведат до редуцирани модели, които представляват ограничен случай на общия модел.

Общата площ на подходящите условия за вида в пробната площ на Витоша е изведена от карта на Физическите блокове 2012 (ортофото заснемане) чрез софтуерния пакет ArcGIS Desktop 10.2 (ESRI).

Пълните данни за уловените и маркирани индивиди в работен район Витоша за периода 2014 и 2018 г. бяха използвани за **оценяване на преживяемостта** (параметър S – Survival rate), изведени от отворен модел тип Pollock's Robust Design. Преимуществото на този модел пред класическия модел на Cormack–Jolly–Seber (CJS) е в това, че той съчетава едновременно възможностите на моделите за отворена популация, чрез анализ по години (първични периоди на пробовземане – *primary sampling periods*) и анализ на данните по сесии на улов (вторични периоди на пробовземане – *secondary sampling periods*). За изготвянето на тези модели в настоящото изследване годините (2014 до 2018, $n = 5$) са посочени като първичните периоди на пробовземане, а всяка една сесия за улов ($n = 19$) представляват вторичните периоди на пробовземане. Вторичните периоди са разпределени така: $n = 2$ (2014); $n = 5$ (2015); $n = 3$ (2016); $n = 3$ (2017); $n = 6$ (2018). Моделите бяха тествани едновременно към трите основни полово-възрастови групи – субадулти, възрастни женски или възрастни мъжки. За тестване на моделите за сходство също е използван Likelihood Ratio (LR) тест.

IV.4. Аналитичен подход и използвани статистически методи за оценка на морфометричните резултати, избора на местообитания и термоекOLOGичните параметри

Трите пробни площи са много сходни по растително покритие и микрорелеф, а разликите в географското им положение и надморската височина са относително малки (до 50 км по географска ширина, до 70 км по географска дължина и до 600 м по надморска височина). С оглед на това бе сметнато за целесъобразно (в смисъл като общ принос към екологията на *L. a. bosnica*) данните, касаещи морфометрия, микроместообитания и температури в отделните пробни площи, да бъдат обединени и анализирани като цяло. От друга страна данните за популационна структура са разгледани по отделно, тъй като трите пробни площи се отнасят към отделни популации.

Първоначалните данни бяха тествани за нормалност чрез Shapiro–Wilk W test и Колмогоров–Смирнов (с модификацията на Lilliefors) тестове. Резултатите от тях бяха много сходни и показаха, че при повечето от изследваните фактори няма нормално разпределение. Направен бе опит за нормализиране чрез логаритмуване на данните, но това имаше ограничен успех, т.е. не по всички изследвани фактори и/или не за всяка пробна площ. Поради това, и с оглед еднаквост в представянето на резултатите, в настоящата работа са използвани непараметрични тестове.

За определяне на статистическата достоверност на разликите между отделните полово-възрастови групи са използвани следните тестове:

- Mann-Whitney U тест – в анализите на морфометричните белези и индекси, и на температурите;
- Kruskal-Wallis H, Kruskal-Wallis ANOVA тестове – в анализа на температурите;
- Chi-square (χ^2) тест – в анализа на микроместообитанията;
- Пермутационен тест (Diversity Permutation test) – при сравняване на разнообразието по стойностите на индексите на Shannon-Wiener и Simpson, но само в случаите, когато профилите на Rényi на съответните групи не се пресичат.

Изборът на микроместообитания е анализиран и представен чрез няколко различни метода. За сравняване на разнообразието на микроместообитанията при отделните полово-възрастови групи е използван т.нар. индекс на Rényi (Rényi's diversity index family, също Rényi's diversity profiles), който всъщност представлява „семейство от индекси“ и се смята за един от най-полезните методи при сравнение на разнообразието (Tothmeresz, 1995). Разнообразието е описано и чрез индексите на Shannon-Wiener (function H') и Simpson (1-D), които са широко използвани в екологичните изследвания, като първият придава по-голяма тежест на редките таксони (в настоящата работа това не са таксони, а микроместообитания), а вторият – на обилните (Krebs, 1999). Като мярка за сходство между полово-възрастовите групи в избора на микроместообитания е използван индексът на сходство на Morisita (Morisita similarity index), който се приема за един от най-мощните и същевременно най-слабо зависещи от размера на извадката индекси на сходство, когато данните са във вид на брой индивиди (Wolda, 1981). Дендрограмите за сходство между групите за получени чрез клъстерен анализ (по метода на непрегегленото средно аритметично, UPGMA) върху стойностите на индекса на Morisita. За представяне ординацията на групите и микроместообитанията по хипотетични градиенти е използван кореспондентен анализ, базиран на честотна матрица.

При анализирането на температурните предпочитания, освен измерените на терен температури на тялото (T_b), въздуха (T_a) и субстрата (T_s), е използван и т.нар. индекс на термоадаптация (I_t) съгласно формулата, дадена от Литвинов & Ганщук, (2010): $I_t = T_b / 0,5(T_a + T_s)$. За извеждане на възможните корелации между телесната температура и тези на околната среда е използван ранговият корелационен коефициент на Спирмън (Spearman Rank Order Correlation).

Статистическите процедури бяха направени чрез програмите PAST 3.1 (Hammer *et. al.*, 2001) – индекси на разнообразие и сходство, пермутации и клъстерен анализ и STATISTICA 10 (StatSoft Inc., 2011) – дескриптивни статистики, корелация, тестове и кореспондентен анализ.

V. Резултати и обсъждане

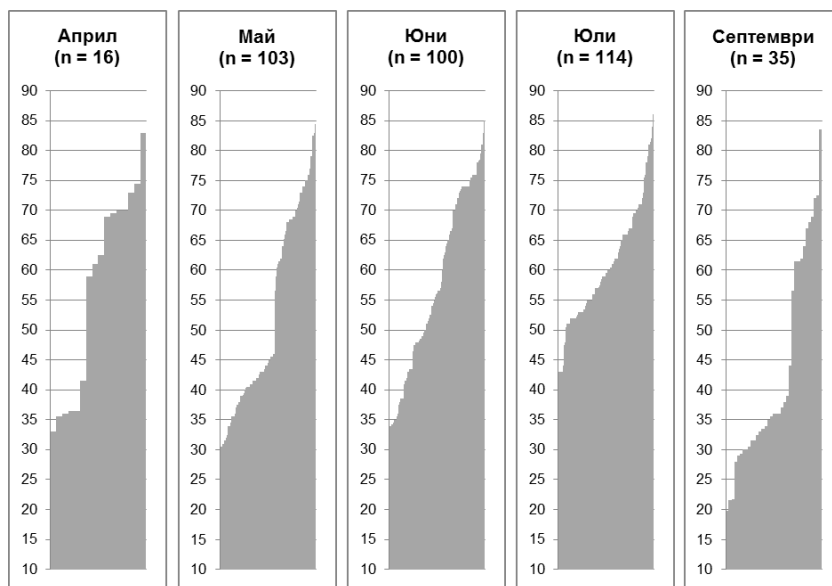
V.1. Полов диморфизъм според дължината и пропорциите на тялото

Разглеждането на половия диморфизъм се основава на оригинални дефиниции на възрастови категории според дължината на тялото, поради което анализите на диморфизма се предшества от бележки върху постембрионалната онтогенеза.

Растеж и дефиниране на възрастови/размерни категории

Дължината на тялото ($L_{corp.}$) беше измерена при общо 368 индивиди (Фигура 5). При гущерите, уловени през април, се оформят две размерни групи: индивиди с дължина на тялото от 33 до 42 мм и такива с дължина на тялото над 58 мм. Най-вероятно първата група се състои от гущери, излюпени през предходната година, които още не са достигнали полова зрялост, а втората група е съставена от полово зрели индивиди. При уловените през май гущери също се забелязва оформяне на две размерни групи – от 30 до 46 мм и над 56 мм, което може да се тълкува по същия начин, както за месец април. При екземплярите, уловени през юни и юли, се забелязва сравнително плавен преход между най-ниските и най-високите регистрирани стойности на $L_{corp.}$ (съответно 33 и 86 мм), и конкретни размерни групи трудно биха могли да се определят. Вероятно този факт се дължи на това, че индивидите, излюпени през предходната година вече са значително поедри спрямо дължината им през април и май, а в същото време все още няма новоизлюпени индивиди. Гущерите, уловени през септември, могат да бъдат разпределени в три размерни групи:

- 1) екземпляри с дължина до 22 мм – новоизлюпени (ювенилни);
- 2) екземпляри с дължина от 28 до 44 мм – част от тях несъмнено са ювенилни, а поедрите вероятно са миналогодишни (субадултни);
- 3) екземпляри с дължина над 56 мм – вероятно всички са полово зрели;



Фигура 5 Подредяне на измерените *L. a. bosnica* според дължина на тялото (в милиметри по ординатата) по месеци; n се отнася за броя на индивидите

С оглед на тези данни могат да се посочат следните прагови стойности на дължина на тялото ($L_{corp.}$) за определяне на възрастовите категории на *L. a. bosnica*:

- 1) ювенилни (нулевогодишни): $L_{corp.} \leq 30$ мм;
- 2) субадултни (едногодишни и двугодишни): $30 < L_{corp.} \leq 55$ мм;
- 3) възрастни (полово зрели): $L_{corp.} > 55$ мм.

Трябва да се отбележи, че тези прагови стойности не бива да се приемат като абсолютни граници, а по-скоро като ориентировъчни, тъй като е възможно да варират в

зависимост от темповете на растеж на отделните индивиди, обусловени от интензитета на храненето, температурата или други фактори.

Литературните данни за дължината на тялото на ливадния гушер през отделните стадии на постембрионалната онтогенеза са доста разнородни и противоречиви, което е лесно обяснимо предвид огромния ареал на вида и съществуването на редица таксони с подвидов ранг. Конкретно за Балканския полуостров и за *L. a. bosnica* няма публикувани данни по този въпрос, така че дефинираните по-горе прагови стойности не подлежат на пряко сравнение с други подобни. Дължината на тялото на ливадните гущери по време на отделните онтогенетични стадии (ювенилни, субадултни и възрастни) изглежда варира значително в съответствие с подвидови и географски вариации (Borczyk & Paško, 2011; Roitberg, 2007).

Дължина на тялото

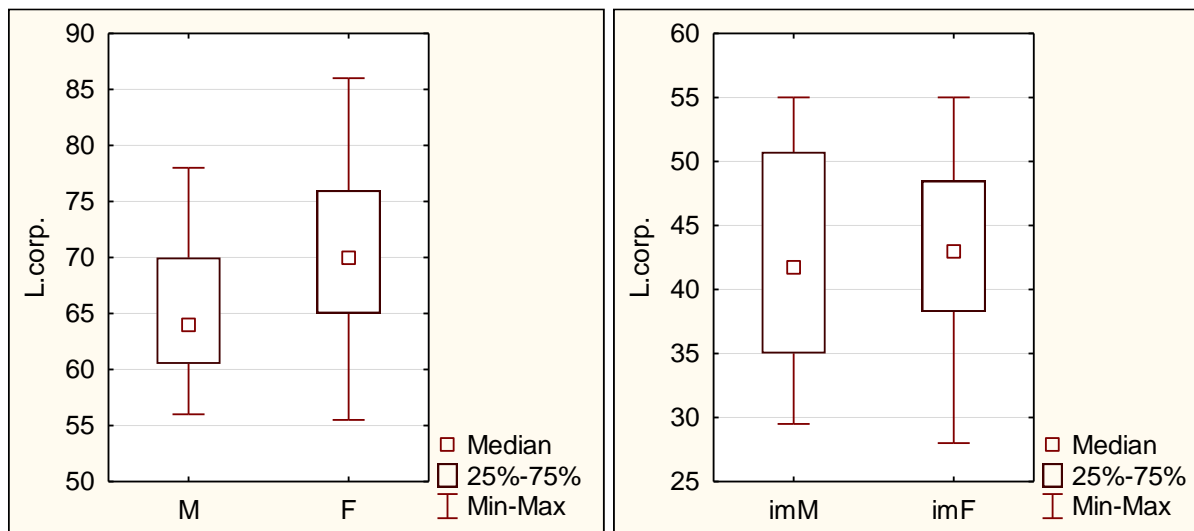
Събраният материал включва данни за дължината на тялото (L.corp.) на 190 полово зрели *L. a. bosnica* (Таблица 5), сред които най-високата стойност на L.corp. при мъжките е 78 мм (при два екземпляра от Осогово), а при женските – 86 мм (един екземпляр от Осогово). Тези стойности са малко по-ниски, но близки до дадените от Цанков и др. (2014) максимуми за *L. a. bosnica* в България: 83 мм за мъжките и 88 мм за женските въз основа на извадки съответно от 54 и 65 индивида от територията на страната. Най-голямата известна дължина за мъжките у нас е 87 мм, регистрирана при един екземпляр от Западна Стара планина (над с. Бърля, 29.05.2016, Ст. Попова и Н. Цанков), който не е включен в анализите поради това, че произхожда от място, извън изследваните в настоящата работа райони. Другият подвид на ливадния гушер, който се среща в България – *L. a. chersonensis*, достига по-големи размери, като максималната известна дължина на тялото при мъжките у нас е 92 мм, а при женските – 100 мм (Цанков и др., 2014).

Максималните стойности не са достатъчни за описване на половия диморфизъм в дължината на тялото, а и регистрирането им има случаен характер. Ето защо е необходимо да бъде направен преглед на всички размери в техния размах и статистическа достоверност (Фигура 7). При възрастните разликата между половете е статистически достоверна (с много високо ниво на значимост), като централната тенденция е, че женските са по-едри от мъжките. При неполово зрелите такава тенденция не се забелязва и разликата между половете спрямо дължината на тялото не е статистически достоверна. Резултатите от единственото подобно такова изследване върху *L. a. bosnica* (проведено в Северна Македония) са много сходни с получените в настоящата работа.

В повечето популации на ливадния гушер в западната част на видовия ареал женските показват по-голяма дължина на тялото (Borczyk & Paško, 2011; Guarino *et. al.*, 2010; Guarino *et. al.*, 2015; Gvoždík & Boukal, 1998), особено в Северна Европа или при голяма надморска височина (Amat *et. al.*, 2000; Mats Olsson & Shine, 1996). В източната част на видовия ареал преобладават популациите, в които мъжките са с по-голяма дължина на тялото (Roitberg *et. al.*, 2006; Tuniyev & Tuniyev, 2008; Кидов и др., 2014), но има и популации, в които няма значима разлика между половете в дължината на тялото (Majláth *et. al.*, 1997; Tuniyev & Tuniyev, 2008; Яблоков, 1976).

Таблица 5. Дескриптивни статистики на дължината на тялото при полово-възрастовите групи на *L. a. bosnica*: брой индивиди (n), средно аритметично (Mean), стандартно отклонение (SD), медиана (Median), минимална (Min) и максимална (Max) стойност.

	n	Mean	SD	Median	Min	Max
Възрастни мъжки	61	64,81	5,83	64,00	56,00	78,00
Възрастни женски	129	70,33	7,84	70,00	55,50	86,00
Неполово зрели мъжки	88	42,41	8,10	41,75	29,50	55,00
Неполово зрели женски	84	43,17	6,76	43,00	28,00	55,00

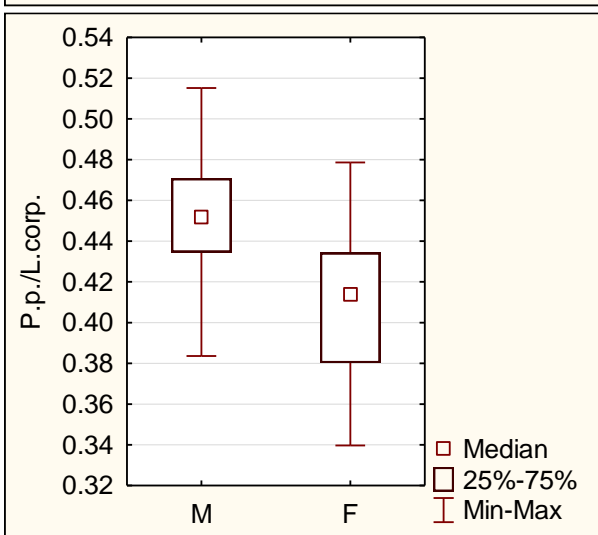
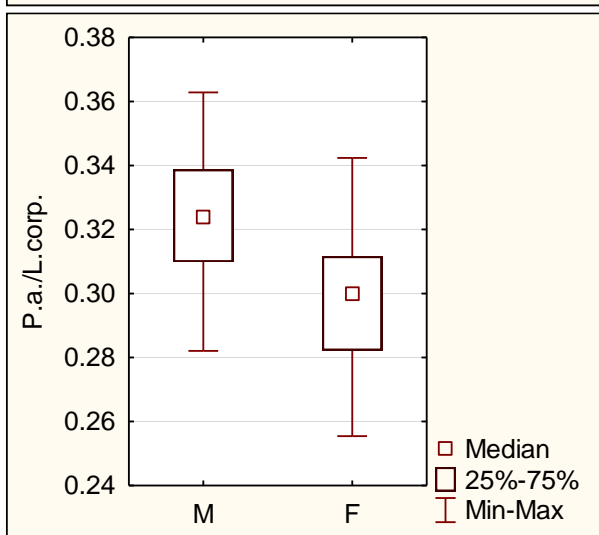
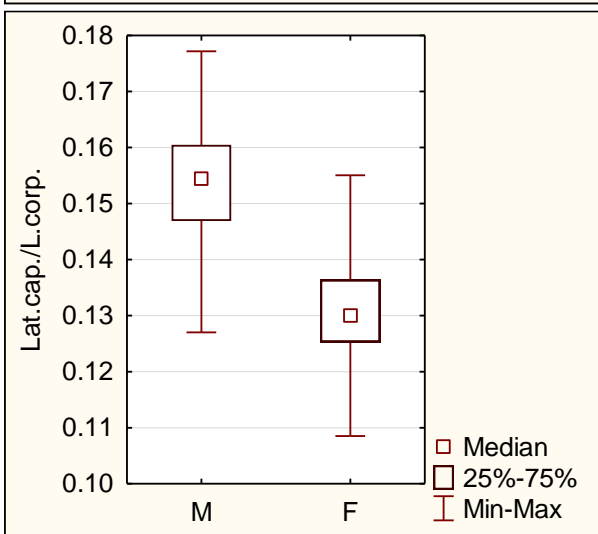
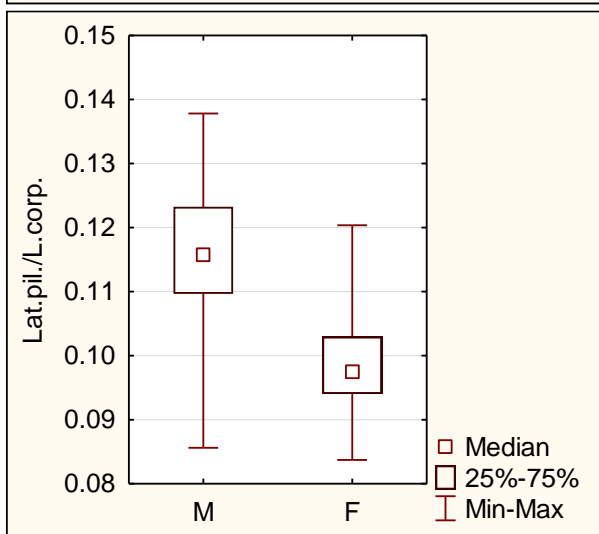
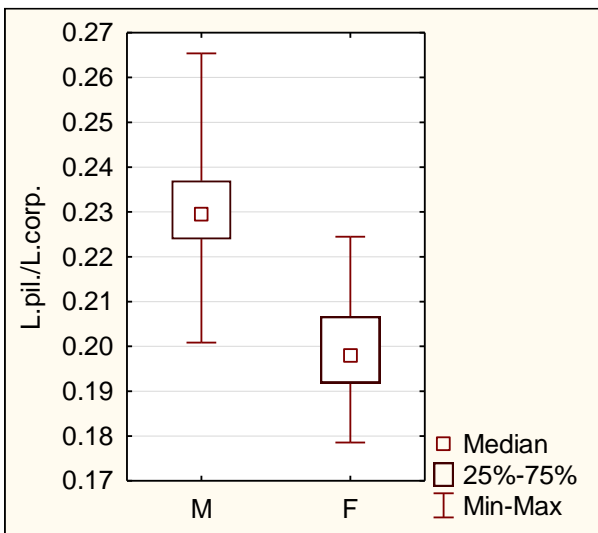
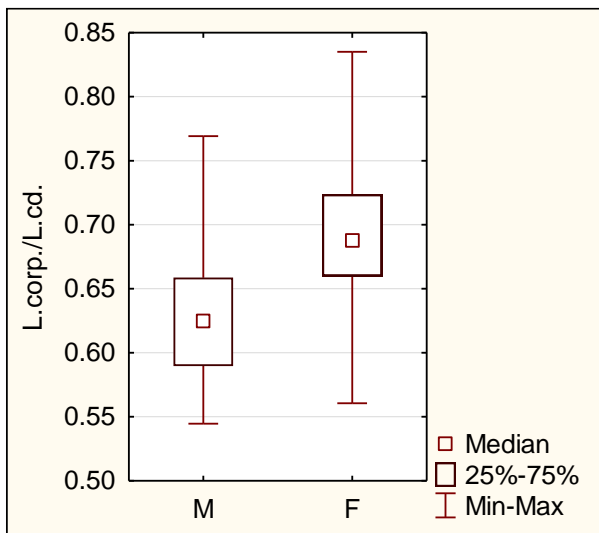


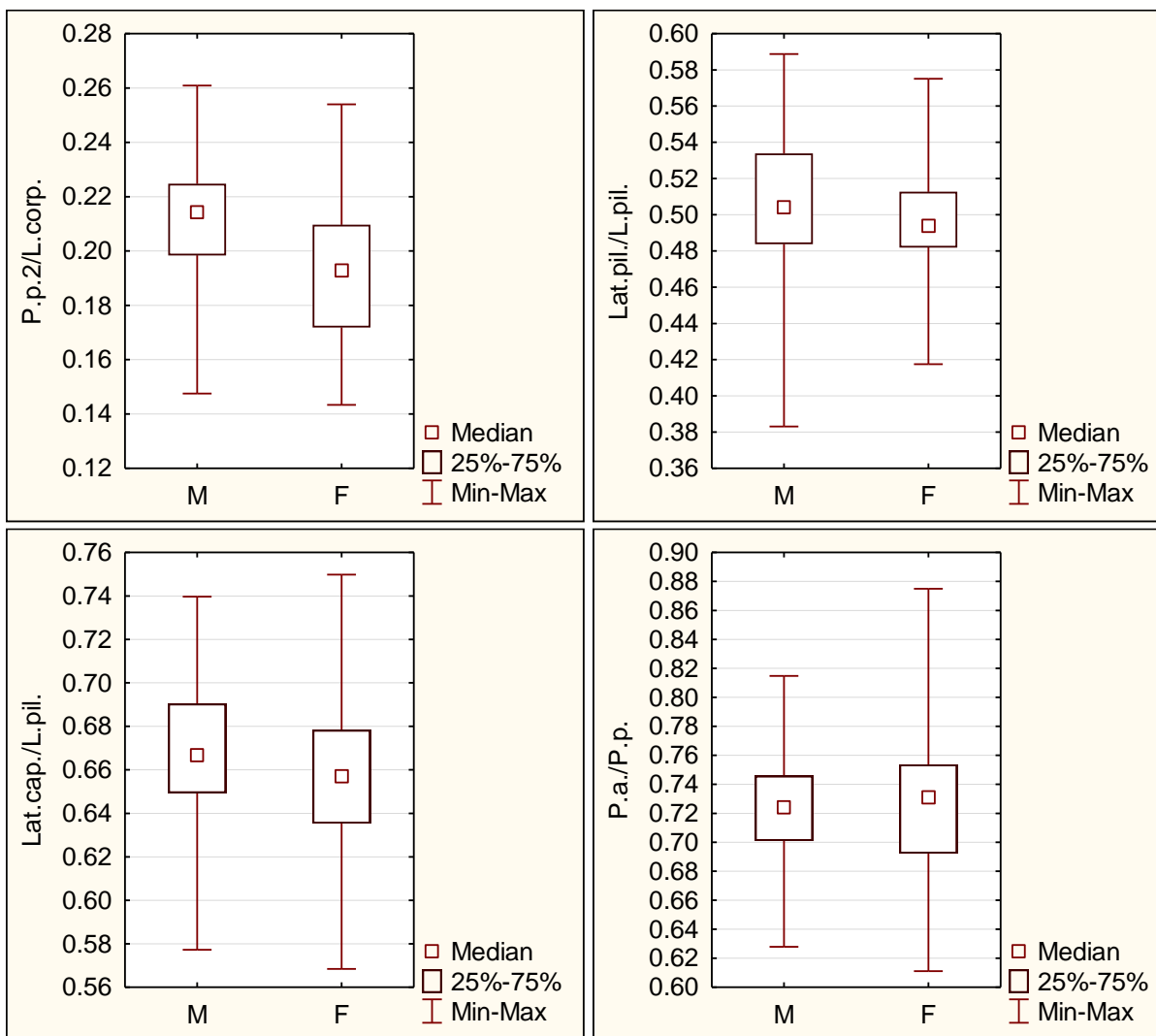
Фигура 7. Медиана (Median), обобщен обхват на втори и трети кватил (25% – 75%) и размах на вариацията (Min – Max) в дължината на тялото (L.corp. в милиметри по ординатата) при *L. a. bosnica* (вдясно при възрастните, вляво при неполовозрелите мъжки и женски, съответно M, F, imM и imF).

Пропорции на тялото

Освен в дължината на тялото, разликата между двата пола често се изразява и в пропорциите.

При полово зрелите *L. a. bosnica* резултатите от сравнението на база морфометрични индекси (Фигура 8) показват статистически достоверни разлики между половете по девет от десетте използвани индекса. С оглед морфологичния смисъл на индексите (Таблица 3) могат да се изведат следните основни характеристики на полов диморфизъм в пропорциите на тялото при възрастните: мъжките имат относително по-дълга опашка, по-дълги крайници (и предни и задни), по-дълга стъпка на задния крайник, по-широка глава, по-голяма дължина и ширина на пилеуса.

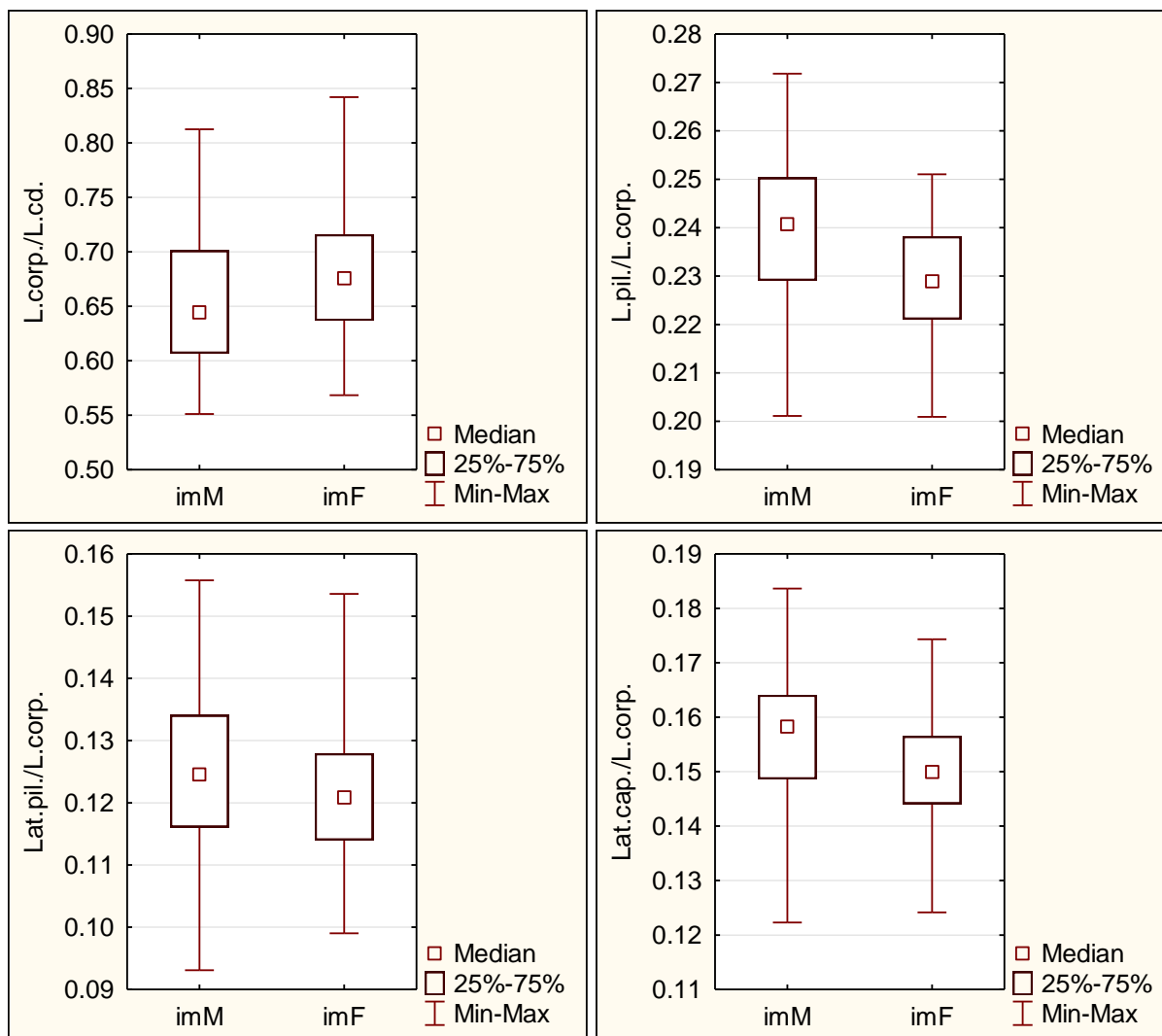


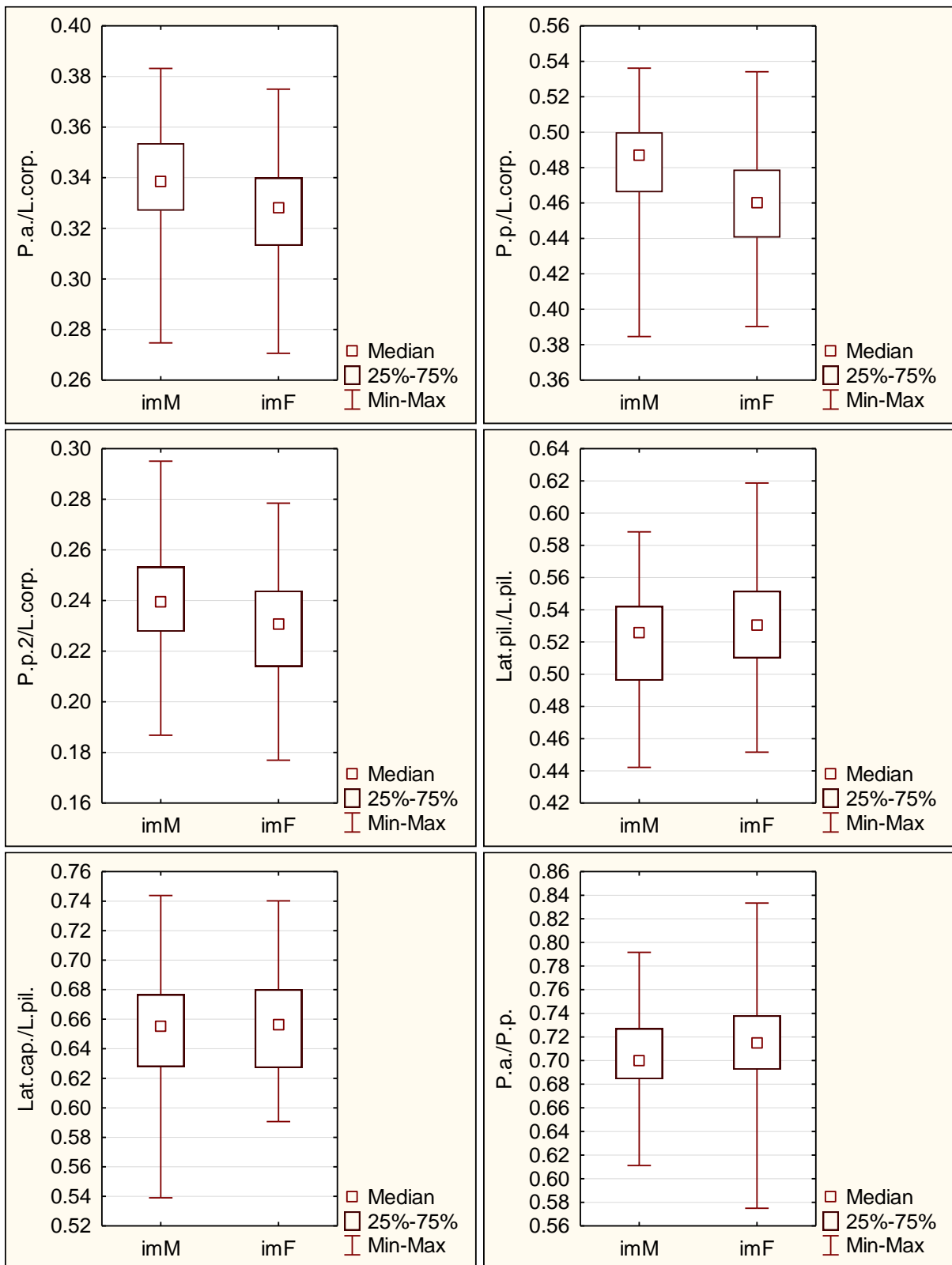


Фигура 8. Медиана (Median), обобщен обхват на втори и трети квантил (25% – 75%) и размах на вариацията (Min – Max) на морфометричните индекси (описани в Таблица 3) при полово зрелите мъжки (M) и женски (F) *L. a. bosnica*.

При неполово зрелите *L. a. bosnica* резултатите от сравнението по морфометрични индекси (Фигура) показват статистически достоверни разлики между половете по осем от десетте използвани индекса. По пет от индексите разликите между половете са с високо ($p < 0,01$) или много високо ($p < 0,001$) ниво на достоверност, според което и предвид смисъла на индексите (Таблица 3) половият диморфизъм в пропорциите на тялото при неполово зрелите може да се опише така: мъжките имат относително по-дълги крайници (и предни и задни), по-дълга стъпка на задния крайник и по-голяма дължина на пилеуса. Същите тенденции по тези индекси се забелязват и при полово зрелите гущери. При съпоставка на половия диморфизъм при възрастните и неполово зрелите по останалите пет индекса се забелязват някои различия: при неполово зрелите относителната дължина на опашката е по-голяма при женските (с ниско ниво на значимост), докато при възрастните е обратното (с много високо ниво на значимост); при неполово зрелите няма достоверни разлики между половете в отношенията ширина към дължина на пилеуса и ширина на главата към дължина на пилеуса, докато при възрастните има (с ниско ниво на значимост); при неполово зрелите има разлика (с ниско ниво на значимост) между половете в съотношението на дължината на крайниците, докато при възрастните няма.

Ако се вземат предвид индексите, които както при неполово зрелите, така и при възрастните имат най-висока значимост ($p < 0,001$) за различие между половете, тогава би могло да се предположи, че първите прояви на полов диморфизъм в течение на постембрионалното развитие се изразяват в по-бързото нарастване на крайниците и главата спрямо нарастването на тялото при мъжките, докато при женските тялото нараства по-бързо от крайниците и главата.





Фигура 9. Медиана (Median), обобщен обхват на втори и трети кватил (25% – 75%) и размах на вариацията (Min – Max) на морфометричните индекси (описани в Таблица 3) при неполово зрелите мъжки (imM) и женски (imF) *L. a. bosnica*.

Установените в настоящата работа основни тенденции на половия диморфизъм в пропорциите на тялото при *L. a. bosnica* са аналогични на известните такива за други подвидове на ливадния гушер, както и за редица други видове гущери. Приема се, че по-

голямата относителна дължина на крайниците и опашката гарантира по-висока способност за двигателна активност (Kaliontzopoulou *et. al.*, 2012; Van Damme & Verwaijen, 2008). Според Olsson (1986) мъжките имат по-голяма индивидуална територия, съответно по-голямата относителна дължина на опашката и крайниците вероятно представлява предимство, както при защита на територията от други мъжки, така и при търсенето на женски. Относителният размер на главата често се свързва със силата на ухапката, като редица изследвания показват, че мъжките имат по-силна ухапка от женските (Herrel *et. al.*, 2001, 1996; Lappin *et. al.*, 2006; McBrayer & Anderson, 2007). По-големият размер на главата при мъжките и следователно по-силната им ухапка, могат да бъдат обусловени и от необходимостта за задържане на женските по време на копулация, което в еволюционен аспект е свързано с по-голямата дължина на тялото при женските (Braña, 1996; Schwarzkopf, 2005). От друга страна по-големите размери на главата (съответно по-силна ухапка) дават възможност за консумиране на по-едра и по-твърда плячка (Gvoždík & Boukal, 1998), което може да се разглежда като механизъм за избягване на вътревидовата конкуренция (Brecko *et. al.*, 2008; Hierlihy *et. al.*, 2013; Lopez-Darias *et. al.*, 2014; Vincent & Herrel, 2007). При много видове от семейство Lacertidae женските са по-дребни от мъжките и главите им са с по-малка дължина и ширина, но торсът им е сравнително по-дълъг (Kratochvíl *et. al.*, 2003). По-голямата дължина на торса при женските вероятно е свързана с плодовитостта, т.е. осигуряване по-голямо вътрешно пространство за развитие на яйцата (Mats Olsson *et. al.*, 2002).

Единственото публикувано проучване върху половия диморфизъм в размерите при гущери в България е работата на Grozdanov & Tzankov (2014), в която са разгледани таксоните *L. a. chersonensis* и *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768). Морфометричните индекси, използвани в цитираната работа, са аналогични на тези в настоящото изследване, което позволява пряка съпоставка на резултатите (Таблица). При сравнение на резултатите в настоящото изследване с тези публикувани изследвания прави впечатление, че половият диморфизъм в пропорциите на тялото при *L. a. bosnica* е по-силно изразен (статистически достоверни разлики по девет индекса), отколкото при другите два таксона (статистически достоверни разлики по седем индекса). Сходството между трите таксона се изразява в еднозначните тенденции на полов диморфизъм в относителните дължини на предния крайник, стъпката на задния крайник, пилеуса, както и в относителните ширини на пилеуса и главата, а също и в това, че няма достоверна разлика между половете в съразмерността на крайниците. Разликата между *L. a. bosnica* и *L. a. chersonensis* при проявата на полов диморфизъм се изразява в наличието на статистически достоверни разлики между половете в относителната дължина на задния крайник и в относителната ширина на пилеуса при *L. a. bosnica*, и отсъствието на такива при *L. a. chersonensis*. Дали тези различия имат таксономичен смисъл или се дължат на други причини (напр. разнородни или недостатъчни по размер извадки, използване на различни статистически тестове и др.) засега остава неясно.

Таблица 11. Статистическа достоверност на разликите между половете по морфометричните индекси (описани в Таблица 3) при възрастните *L. a. bosnica* (настоящата работа), *L. a. chersonensis* и *L. viridis* (по Grozdanov & Tzankov (2014)).

	<i>L. a. bosnica</i>	<i>L. a. chersonensis</i>	<i>L. viridis</i>
L.corp./L.cd.	p < 0.001	p < 0.01	n.s.
L.pil./L.corp.	p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001
Lat.pil./L.corp.	p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001
Lat.cap./L.corp.	p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001
P.a./L.corp.	p < 0.001	p < 0.05	p < 0.01
P.p./L.corp.	p < 0.001	n.s.	p < 0.01
P.p.2/L.corp.	p < 0.001	p < 0.05	p < 0.01
Lat.pil./L.pil.	p < 0.01	n.s.	n.s.
Lat.cap./L.pil.	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.001
P.a./P.p.	n.s.	n.s.	n.s.

V.2. Популационни изследвания

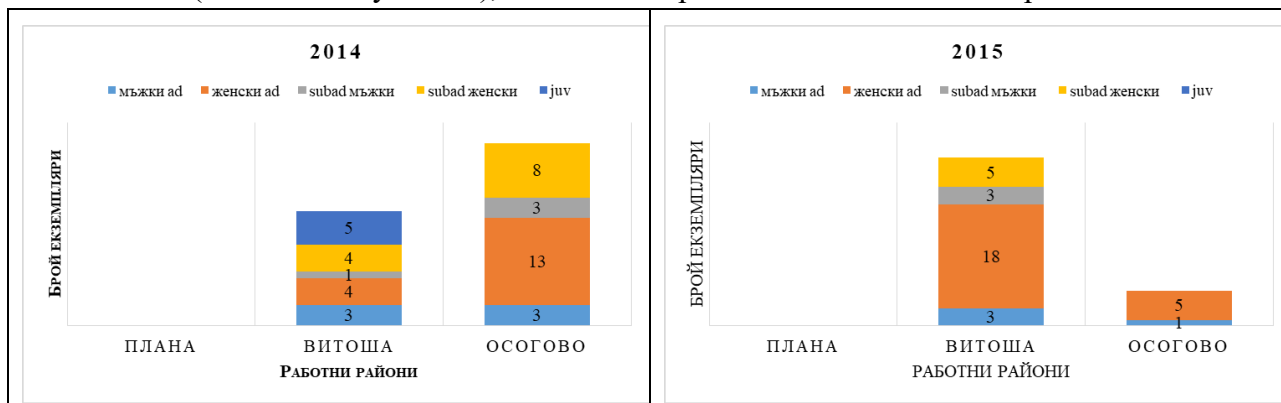
Полово – възрастово съотношение по работни райони

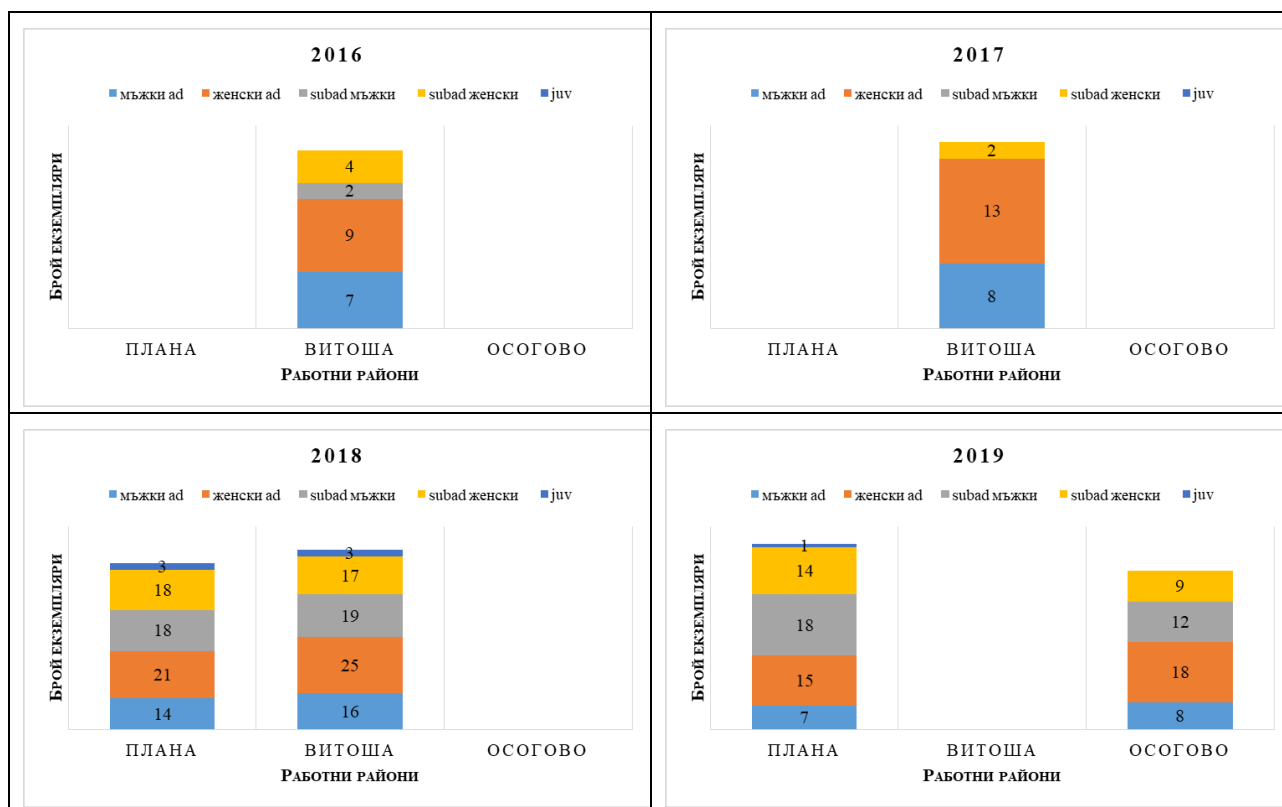
По време на проучването бяха уловени 382 екземпляра *L. a. bosnica*, от които в пробните площи на работен район Плана бяха уловени 130, на работен район Витоша – 172, а на работен район Осогово 80 броя. Разпределението по брой, пол, възраст и работни райони е представено в Таблица .

Таблица 12. Разпределение на уловените екземпляри по пол, възраст и работни райони

Работни райони	полово зрели		неполово зрели		неопределен пол	ювенилни	общо
	мъжки	женски	мъжки	женски			
Плана	21	36	36	32	1	4	130
Витоша	37	69	27	30	1	8	172
Осогово	12	36	15	17	0	0	80

В периода 2014 – 2019 г. във всички работни райони, разпределението на полово-възрастовите групи (Фигура) демонстрира по-голям брой уловените женски индивиди, в сравнение с мъжките. Това би могло да се обясни с по-голямата пъргавост на мъжките екземпляри, особено в периода на бременност на женските, което прави улавянето на мъжките екземпляри по-трудно. При субадултните разпределението по пол е доста поизравнено. Също така прави впечатление и наличието на малко на брой ювенилни екземпляри, което може би се дължи на това, че по-малкия им размер ги прави трудни за забелязване (и съответно улавяне), особено в период с по-висока и гъста растителност.





Фигура 10. Разпределение на полово-възрастовите групи по години и работни райони. Празните колони отговарят на периоди без улов.

В рамките на проучването на Витоша от всички 172 уловени индивида, 9 (4 мъжки и 5 женски) са уловени повторно (Таблица). От всички уловени екземпляри един мъжки е уловен като субадулт (ImM7) през 2015 година и в следствие е уловен още 2 пъти като възрастен (M9/M11) (Таблица) на следващата 2016 година. Само този индивид е улавян общо три пъти. Още два индивида, един мъжки (M18/M34) и един женски (F34/52) уловени през 2017 г., са повторно уловени след презимуване през 2018 г.

Таблица 13. Уловени екземпляри *L. a. bosnica*, със своя индивидуален номер (ID), пол, година на улов и повторен такъв (Re-capture)

ID	Пол	Година на улов	Година на повторен улов
ImM7/M9/M11	M	2015	2016
F33/F40	F	2017	2017
F34/52	F	2017	2018
M18/M34	M	2017	2018
M24/M29	M	2018	2018
F43/F61	F	2018	2018
F44/F48	F	2018	2018
M25/M33	M	2018	2018
F51/F62	F	2018	2018

На Таблица са посочени и времетраенето между съответните улови, както и разстоянието между тях в метри. Средно времетраенето между първия и повторния улов е 150 дни (размах 12 – 441 дни). Средното отместване на мястото на улов е 14.7 м, като за женските това е 11.8 м, а за мъжките – 17 м. Тези разстояния са използвано за изчисляване

на параметъра Mean Maximum Distance Moved (MMDM) – средното разстояние между две точки на улов на едни и същи индивиди. MMDM се използва за очертаване на буфер около всяка локация на улов и от там изчисляване на общата работна площ за съотнасяне на получената от моделите численост (Таблица). Почти всички изследвания базирани на метода CMR препоръчват използването на половината от тази стойност (1/2MMDM).

Именно тя беше използвана и в настоящото изследване, като средната стойност \bar{x} на $1/2MMDM = 8$ м. Така след буферирането общата работна площ на изследването на Игликина поляна (Витоша) е 2272 м² (0.23 ха).

Таблица 14. Индивиди, които са уловени повторно в рамките на изследването от 2014 до 2018 г. ID – индивидуален номер в базата, пол, дни между първи улов (p) и повторен улов (c1 и c2), Mean Maximum Distance Moved (MMDM) - средното разстояние между две точки на улов на едни и същи индивиди, 1/2MMDM – половината от MMDM

ID	Пол	дни между p – c1	разстояние p – c1, м	дни между c1 – c2	разстояние c1 – c2, м	MMDM	1/2MMDM
ImM7/M9/M11	M	411	10	2	46	28	14
F33/F40	F	20	15	–	–	15	7.5
F34/52	F	348	5	–	–	5	2.5
M18/M34	M	348	7	–	–	7	3.5
M24/M29	M	41	9	–	–	9	4.5
F43/F61	F	61	35	–	–	35	17.5
F44/F48	F	12	7	–	–	7	3.5
M25/M33	M	61	21	–	–	21	10.5
F51/F62	F	49	23	–	–	23	11.5

Численост N и плътност на вида в пробната площ на работен район Витоша

Тестовите за затвореност за данните от изследванията през 2018 г. Stanley & Burnham Closure Test (χ^2 тест) и Otis *et. al.* (1978) Closure Test (z – value) посочиха, че в изследвания период популацията е затворена ($p < 0.05$).

Моделирането на числеността за 2018 година по класическия модел на Otis *et. al.* (1978) за затворени популации показва следното класиране на кандидат – моделите (Таблица):

- Моделът с най-добри статистически показатели, т.е. най-нисък Akaike's Information Criterion (Akaike, 1973) $\Delta AICc$ (от 0 до 2.23) е Mtbh2, който включва 4 оценъчни параметъра и е с тежест 0.38. Този модел (*heterogeneity of trapping probabilities in population*) демонстрира различна уловяемост на индивидите във времето, свързана с поведенчески различия – например, по-младите екземпляри се улавят по-лесно от възрастните, разлики в улавянето между двата пола или др.;
- Статистическия LR тест показва, че няма достоверна разлика между моделите {Mtbh2}, {Mtb} и {Mt} (χ^2 тест, $p > 0.05$), като има такава разлика между моделът {Mt} и следващия – {Mb} ($\chi^2 = 6.50$, 2df, $p < 0.05$);

Таблица 15. Кандидат – модели по метода на Otis *et. al.* (1978) при затворена популация. Означените с * са тези с най-добри статистически показатели

Model	AICc	Δ AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance	$-2\log(L)$
{Mtbh2}*	21.2619	0	0.38005	1	4	7.9151	11.6619
{Mtb}*	21.2624	0.0005	0.37995	0.9997	4	7.9156	11.6624
{Mt}*	23.4933	2.2314	0.12454	0.3277	4	10.1465	13.8933
{Mb}	24.8397	3.5778	0.06352	0.1671	2	16.6485	20.3953
{Mth2}	26.3933	5.1314	0.02921	0.0769	5	10.1465	13.8933
{Mbh2}	27.3184	6.0565	0.01839	0.0484	3	16.6485	20.3953
{M0}	30.7587	9.4968	0.00329	0.0087	1	24.8691	28.6159
{Mh2}	33.0603	11.7984	0.00104	0.0027	2	24.8691	28.6159

Така може да се приеме, че моделите, които могат да се използват за оценяване на числеността на популацията (Derived Estimates N Population Size) са {Mtbh2}, {Mtb} и {Mt}. Средната стойност за вероятността за улавяне (capture probability P) е 0.5915, тази за повторен улов (recapture probability C) = 0.2192. Тази вероятност за улавяне е доста висока от съобщената за Северозападна Италия (Guarino *et. al.*, 2015).

Трите модели показват сходна численост, като средната стойност е от 5 възрастни индивида, SE = 0.0000072 в доверителния интервал 4.99998 – 5.00001. Така, за плътността на вида (само възрастни) е 0.002/м² (22.01/ха). Така тази отчетена плътност е много по-малка от регистрираната в други сходни проучвания.

От така получените резултати може да се изведе, че числеността на популацията на пробна площ Игликина поляна (34436 км² или 3.44 ха) е N = 75.78 възрастни индивида, SE = 0.0001, доверителен интервал 75.783 – 75.784.

Числеността на субадултите и ювенилните не може да бъде изчислена поради малката извадка при повторно улавяне на субадулти, както и поради изменчивостта на окраската на ювенилните при преминаване към субадулти.

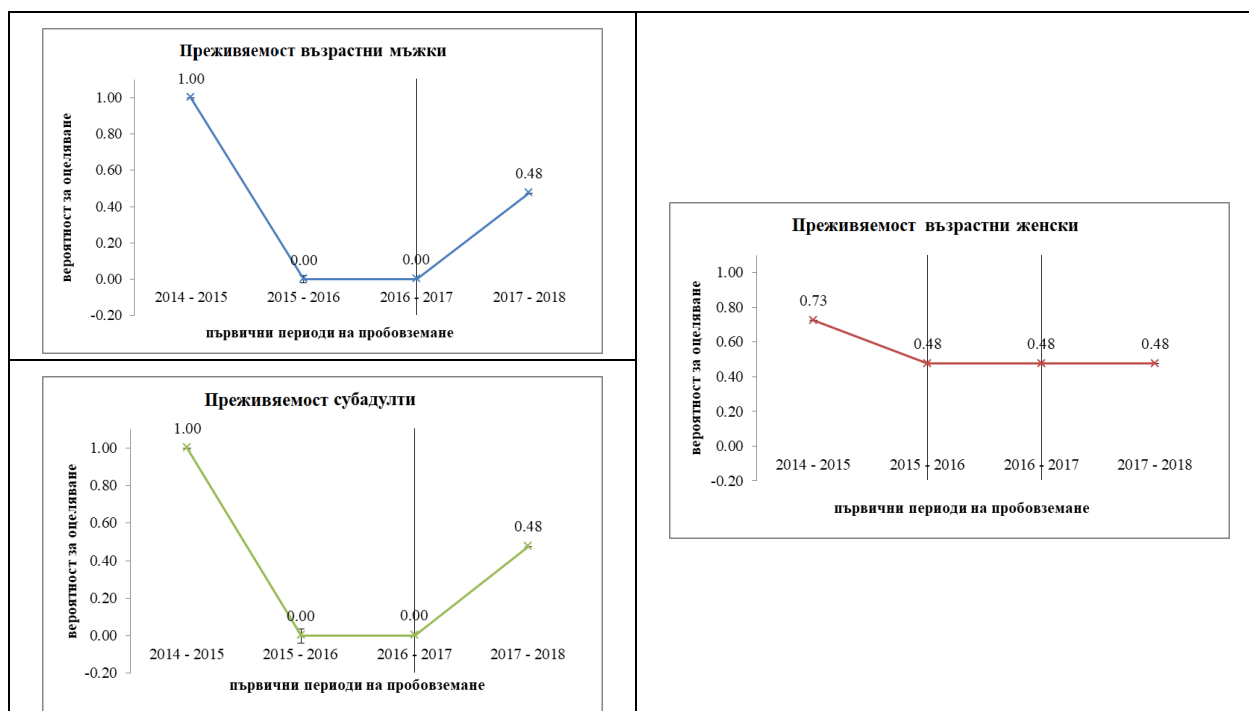
Преживяемост

Анализът на данните с отворения модел Pollock's Robust Design чрез програма MARK дава следните кандидат – модели (Таблица 6). За модел с най-добри статистически показатели Δ AICc = 0 е избран {all_age}*, при който всички параметри варират според напредването на възрастта на животните.

Таблица 6. Кандидат – модели по метода Pollock's Robust Design. Означените с * са тези с най-добри статистически показатели

Model	AICc	Δ AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance	$-2\log(L)$
{all_age}*	53.2191	0	0.99794	1	9	4.3602	20.2191
{t(classical)}	66.0577	12.8386	0.00163	0.0016	9	17.1989	33.0577
{t(p=c)}	68.7033	15.4842	0.00043	0.0004	8	25.7676	41.6264
{t(subad(p=c) ad (p=c))}	87.7525	34.5334	0	0	9	38.8937	54.7525
{M0}	260.4165	207.1974	0	0	18	-19.4423	-3.5835

Преживяемостта S на трите групи варира, като при субадулта и възрастните мъжки се наблюдава сходство, заради участието на единствения повторно уловен субадулт към групата на мъжките (Фигура 6). S при женските варира от 0.73 в началото на изследвания период (2014 – 2015 г.) до 0.48 в следващите периоди – т.е. женските имат сравнително добра преживяемост. При възрастните мъжки и субадулта в началото на периода (2014 – 2015) се наблюдава 100% вероятност за преживяване (индивидите са били живи, за да могат да бъдат уловени), докато в следващите периоди липсата на повторен улов говори за рязкото снижаване на преживяемостта на тези две групи. Към края на периода интензивното наличие на повторно уловени мъжки индивиди увеличава нивото на оцеляване до 0.48. Тези значителни флукутации могат да се обяснят с типичната за мъжките по-висока смъртност поради поемане на повече рискове, отколкото при женските.



Фигура 6. Ниво на преживяемост при трите полово-възрастови групи за първичните периоди на пробвземане (години). Вертикалните линии представляват SE.

От анализираните данни не могат да се изведат числености, тъй като в първичните периоди на пробвземане (годините на изследване), повторно уловените индивиди са твърде малко или част от индивидите са уловени в предходните години, при което се получават неверни стойности с нереалистични SE или твърде широки доверителни интервали.

V.3. Пространствено разпределение – избор на микроместообитания

Събраните данни за характера на микроместообитанието се отнасят за общо 350 индивида от *L. a. bosnica*, съответно 125 от Плана, 155 от Витоша и 70 от Осогово. В Таблица 7 е представено разпределението на събрания материал по типове микроместообитания и по отделно за трите пробни площи.

χ^2 тестът (Таблица 8) не показва статистически достоверни разлики между половете в честотата им на намиране в различни типове микроместообитания нито при възрастните,

ните при неполово зрелите. Достоверни разлики (във всички случаи с ниско ниво на значимост) се извяват между възрастните мъжки и неполово зрелите женски (за Плана), между възрастните и неполово зрелите женски (за Витоша и за Осогово), и между възрастните женски и неполово зрелите мъжки (за Осогово).

Таблица 7. Процентно разпределение на индивидите от отделните полово-възrastови групи (M, F, imM и imF) според типовете микроместообитания (Таблица 4).

		M	F	imM	imF
Плана	H1D1	0,00%	0,00%	2,70%	0,00%
	H1D2	10,00%	2,94%	0,00%	0,00%
	H1D3	0,00%	8,82%	0,00%	2,94%
	H1D4	25,00%	11,76%	16,22%	20,59%
	H2D3	0,00%	8,82%	0,00%	2,94%
	H2D4	25,00%	32,35%	51,35%	61,76%
	H3D4	40,00%	35,29%	29,73%	11,76%
Витоша	H1D1	0,00%	0,00%	3,13%	0,00%
	H1D3	3,03%	6,56%	9,38%	20,69%
	H1D4	3,03%	1,64%	18,75%	10,34%
	H2D3	36,36%	37,70%	21,88%	20,69%
	H2D4	21,21%	13,11%	9,38%	20,69%
	H3D3	21,21%	22,95%	21,88%	24,14%
	H3D4	15,15%	18,03%	15,63%	3,45%
Осогово	H1D1	8,33%	16,67%	0,00%	0,00%
	H1D3	25,00%	53,33%	18,18%	29,41%
	H1D4	8,33%	3,33%	36,36%	11,76%
	H2D3	8,33%	3,33%	18,18%	35,29%
	H2D4	16,67%	13,33%	27,27%	17,65%
	H3D2	8,33%	0,00%	0,00%	0,00%
	H3D3	8,33%	3,33%	0,00%	0,00%
	H3D4	16,67%	6,67%	0,00%	5,88%

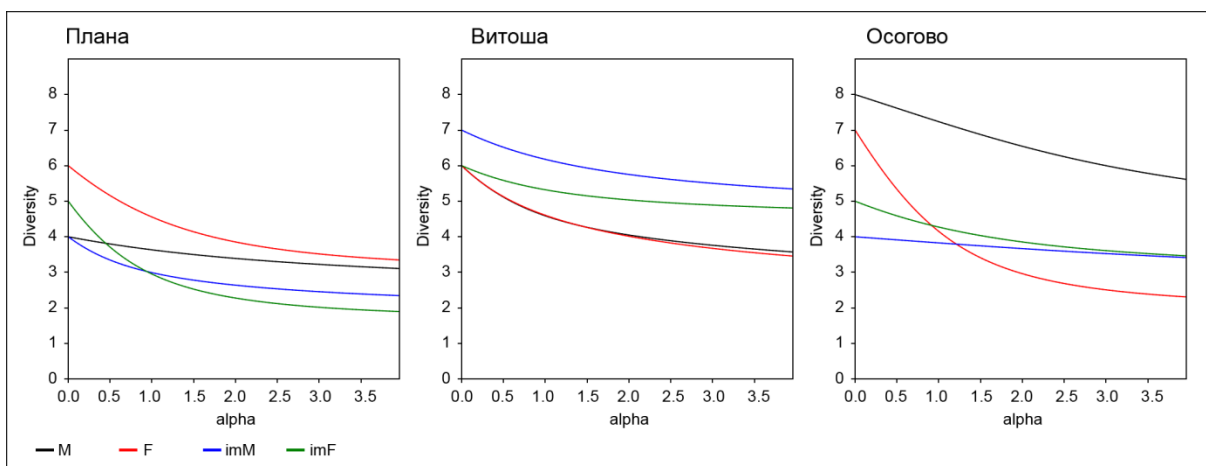
Таблица 8. Резултати от теста за различие между полово-възрастните групи на *L. a. bosnica* според честотата на намирането им в отделните микроместообитания: стойности на тест статистиката (χ^2), степените на свобода (df) и вероятността (нивната на вероятност $p < 0,05$, $p < 0,01$ и $p < 0,001$ са маркирани с 1, 2 или 3 звезди съответно).

	Плана			Витоша			Осогово		
	χ^2	df	p	χ^2	df	p	χ^2	df	p
M и F	6,287	5	0,279	1,719	5	0,886	6,754	7	0,455
M и imM	7,311	4	0,120	8,474	6	0,205	7,504	7	0,378
M и imF	12,739	5	0,026*	9,095	5	0,105	7,293	7	0,399
F и imM	10,469	6	0,106	12,252	6	0,057	15,741	6	0,015*
F и imF	10,943	5	0,053	12,523	5	0,028*	13,587	6	0,035*
imM и imF	6,328	5	0,276	6,612	6	0,358	3,843	4	0,428

При сравнение на профилите на полово-възрастните групи (според количеството на индивидите в различните микроместообитания, само в случаите, когато конкретните сравнявани профили не се пресичат) (Фигура 7) се забелязва следното:

- в пробната площ на Плана най-високо разнообразие в избора на микроместообитания показват възрастните женски, а разнообразието при възрастните мъжки е по-високо от това при неполово зрелите мъжки;
- в пробната площ на Витоша най-високо разнообразие показват неполово зрелите мъжки, а разнообразието при неполово зрелите женски е по-високо от това при възрастните и от двата пола;
- в пробната площ на Осогово най-високо разнообразие показват възрастните мъжки, докато профилите на другите групи не са сравними.

Най-високите стойности на индексите на разнообразие на Shannon и на Simpson за отделните полого-възрастови групи (Таблица 9) се отнасят до едни и същи групи във всяка от пробните площи и са аналогични на профилите на разнообразието. Пермутационният тест показва достоверни разлики (с ниско ниво на значимост) и по двата индекса между възрастните и неполово зрелите мъжки в пробните площи на Витоша и Осогово, и между възрастните и неполово зрелите женски на Плана, и само по индекса на Shannon между възрастните женски и неполово зрелите мъжки на Плана и Витоша.



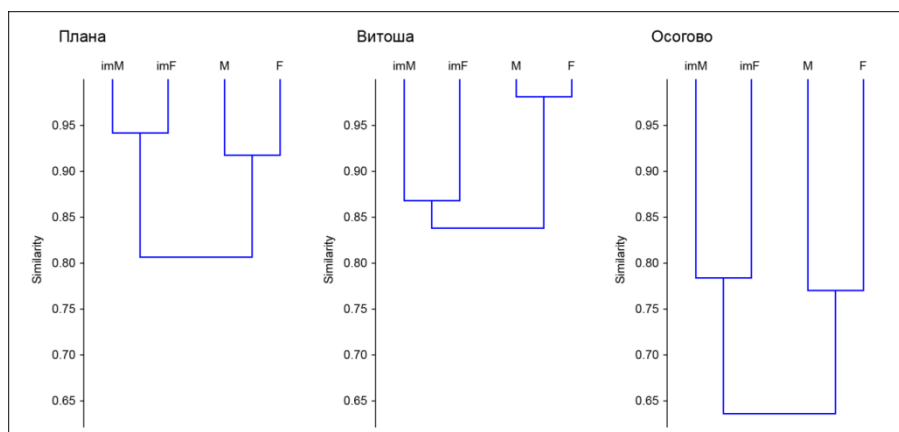
Фигура 7. Профили на разнообразието (Rényi's profiles) на полого-възрастовите групи (M, F, imM и imF) на *L. a. bosnica* според избора на микроместообитания.

Таблица 9. Стойности на индексите на разнообразие (Shannon H и Simpson 1 – D) на полого-възрастовите групи (M, F, imM и imF) на *L. a. bosnica*.

		Плана	Витоша	Осогово
Shannon H	M	1,290	1,524	1,979
	F	1,517	1,527	1,423
	imM	1,095	1,821	1,342
	imF	1,082	1,672	1,452
Simpson 1 – D	M	0,705	0,753	0,847
	F	0,741	0,751	0,662
	imM	0,621	0,826	0,727
	imF	0,561	0,801	0,741

Сходството между полого-възрастовите групи, изразено чрез индекса на Морисита, е най-високо между възрастните мъжки и женски (в пробната площ на Витоша) и между неполово зрелите мъжки и женски (в пробните площи на Плана и Осогово). Резултатите от клъстерния анализ (Фигура 8) показват едно и също за всяка от пробните площи:

формиране на два сравнително добре диференцирани клъстера, като в единия са възрастните (мъжки и женски), а в другия са неполово зрелите (мъжки и женски).



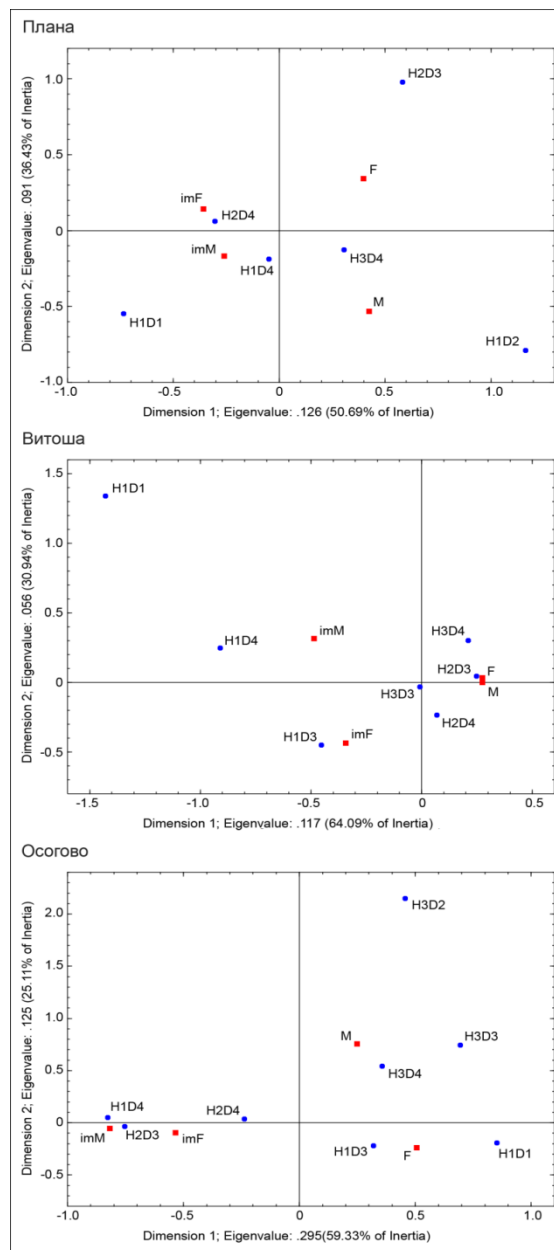
Фигура 8. Дендрограми (UPGMA) на сходството между полово-възрастовите групи (M, F, imM и imF) на *L. a. bosnica*.

Резултатите от кореспондентния анализ (Фигура 9) потвърждават основните тенденции, изведени по-горе чрез индекси и др., но същевременно дават по-добра представа за връзката на полово-възрастовите групи с типовете микроместообитания.

Според подреждането по първата ос във всяка от пробните площи възрастните се отделят от неполово зрелите. По втората ос се забелязва частично отделяне на мъжките от женските: на Плана и при възрастните и при неполово зрелите (в по-малка степен), на Витоша – само при неполово зрелите, а на Осогово – само при възрастните. Възрастните мъжки могат да се свържат главно с микроместообитанието H3D4 (най-висока и най-гъста трева), а възрастните женски – с местата, където тревата е гъста или много гъста, независимо от нейната височина (H1D3, H2D3, H3D4). Неполово зрелите се асоцират главно с месата, покрити с ниска, но гъста или много гъста трева (H1D3, H1D4, H2D4).

С оглед получените резултати може да се твърди, че в изследваните популации на *L. a. bosnica* съществува добре изразена онтогенетична диференциация в избора на микроместообитания (потвърждава се чрез всеки от използваните аналитични методи за всяка от трите пробни площи). Полово зрелите гущери се намират главно в обилно затревени места, а неполово зрелите – в местата с по-слабо развита тревна растителност. Подобна тенденция е установена от Grozdanov *et. al.* (2014) при другия подвид на ливадния гущер, който се среща в България – *L. a. chersonensis*.

Данните за екологията на ливадния гущер в съседните страни са твърде оскъдни и само изследването на Nemes *et. al.* (2006) е сравнимо с настоящата работа. Според цитираните автори изборът на конкретни микроместообитания осигурява частична пространствена изолация и е свързан с възрастовите различия. Последните могат да се изразяват в морфологични разлики между възрастни и неполово зрели (Ekner *et. al.*, 2008), различни изисквания към температурата на средата свързани с размера на тялото (Amat *et. al.*, 2003; Herczeg *et. al.*, 2007; Martín & López, 2003; Paulissen, 1988) или поведенческа адаптация на неполовозрелите за избягване на конкуренция с възрастните (Delaney & Warner, 2017).



Фигура 9. Ординация (чрез кореспондентен анализ) на полово-възрастните групи (M, F, imM и imF) на *L. a. bosnica* и типовете микроместообитания (описани в Таблица 4) в пространството на първите две оси.

Различия в избора на местообитания според възрастта се наблюдават при много видове гущери (Carrascal *et. al.*, 1990; Kovács & Kiss, 2016; Nemes *et. al.*, 2006). По-едрите индивиди (съответно по-възрастни) показват по-голяма термична инертност, което ги прави способни да обитават по-засенчени терени в сравнение с по-дребните индивиди от същия вид, които от своя страна се нуждаят от по-открити местообитания за осигуряване на достатъчно висока телесна температура (Paulissen, 1988). За разлика от възрастните, неполово зрелите заемат субоптималните местообитания. По този начин те избягват конкуренцията с доминиращите възрастни, а също и риска да станат тяхна плячка, доколкото канибализмът при видовете от род *Lacerta* е сравнително често явление (Angelici *et. al.*, 1997; Sagonas *et. al.*, 2018). Някои автори (Amat *et. al.*, 2003; Kolanek *et. al.*,

2019; Nemes *et. al.*, 2006) определят по-силно обраслите участъци като непригодни за новоизлюпените гущери, защото тези места обикновено са вече заети от възрастните. Следователно младите са принудени да заемат други микроместообитания и по този начин се намалява вероятността за канибализъм.

Проучвания върху най-северозападните популации, където ливадните гущери предпочитат тревна покривка с ниска плътност и храсти, разпръснати покрай петна от гола земя (Corbett & Tamarind, 1979; Glandt, 1979; Reading & Jofré, 2016; Strijbosch, 1986; Wouters *et. al.*, 2012) показват, че пясъкът и оголената почва са най-предпочитаните местообитания за женски и новоизлюпени във връзка със снасянето на яйца. В настоящето изследване петната без трева или с оскъдна тревна покривка не могат да бъдат свързани с никоя от полово-възрастовите групи. Възможно обяснение в този случай е, че тези участъци са почти напълно лишени от потенциални укрития.

Разликата между половете по отношение на предпочитанията им към микроместообитания в изследваните популации на *L. a. bosnica* е сравнително слабо изразена (подкрепена е само от кореспондентния анализ). Изглежда, че при *L. a. chersonensis* разликата между половете в това отношение е по-ясна, въпреки че също е изведена само чрез кореспондентен анализ (Grozdanov *et. al.*, 2014). От друга страна, именно за многомерните анализи се счита, че дават по-подробна картина за избора на местообитания при гущерите и са по-чувствителни от класическите тестове (Grozdanov & Tzankov, 2014; Nemes *et. al.*, 2006). Резултатите от настоящото проучване показват, че възрастните мъжки, като доминираща група, често заемат най-подходящите микроместообитания (участъците с най-висока и най-гъста тревна покривка), докато възрастните женски се наблюдават главно в участъци, където тревната покривка е гъста, но височината и варира (тези микроместообитания биха могли да се определят както субоптимални). При неполовозрелите гущери различията между половете по отношение на предпочитанията към микроместообитания изглежда са незначителни.

До голяма степен установеното тук отразява екологичните изисквания на вида за заемане на най-подходящите и сигурни природни укрития, както е посочено например от Glandt (1991). Различията между половете в използването на местообитанията могат да бъдат свързани и с полови диморфизъм в размерите (Butler *et. al.*, 2000; Kaliontzopoulou *et. al.*, 2015; Molina-Borja *et. al.*, 2010): мъжките имат по-дълги опашки, предни и задни крайници, което се наблюдава и при *L. a. bosnica*, и което им дава възможност за по-сложни движения и по-голяма скорост, като по този начин ги прави способни да обитават места с по-висока растителност, храсти и др. Поведенческите различия също могат да са определящи за избора на конкретни микроместообитания. Мъжките изследват и охраняват своите индивидуални територии (Mats Olsson, 1986) или търсят женски (Mats Olsson, 1993), при което често са изложени на по-висок риск от хищничество (Cooper & Vitt, 2002), следователно трябва да избират онези микроместообитания, които увеличават вероятността за избягване на хищници. В настоящето изследване това са участъците с по-висока растителност. Възрастните женски от своя страна имат различни топлинни потребности, свързани с периода на снасяне (Angilletta *et. al.*, 2009). Техният избор на микроместообитания вероятно е свързан най-вече с размножаването и в частност с периода на бременност: бременността влияе върху двигателната активност (Bauwens & Thoen, 1981) и ограничава способността за катерене, правейки женските по-уязвими към хищници

(Brodie, 1989; Downes & Bauwens, 2002; Schwarzkopf & Shine, 1992). Поради това женските вероятно избират участъци с гъста, но не много висока тревна растителност, което им дава добра възможност да бягат или да се скрият от хищници, и същевременно не пречи на специфичната им терморегулация (Neel & McBrayer, 2018). Други фактори, напр. особености в търсенето на храна, също могат да повлияят на избора на микроместообитания, но са изясняване на тяхната роля в избора на местообитания на *L. a. bosnica* са необходими друг тип изследвания.

V.4. Терморегулация

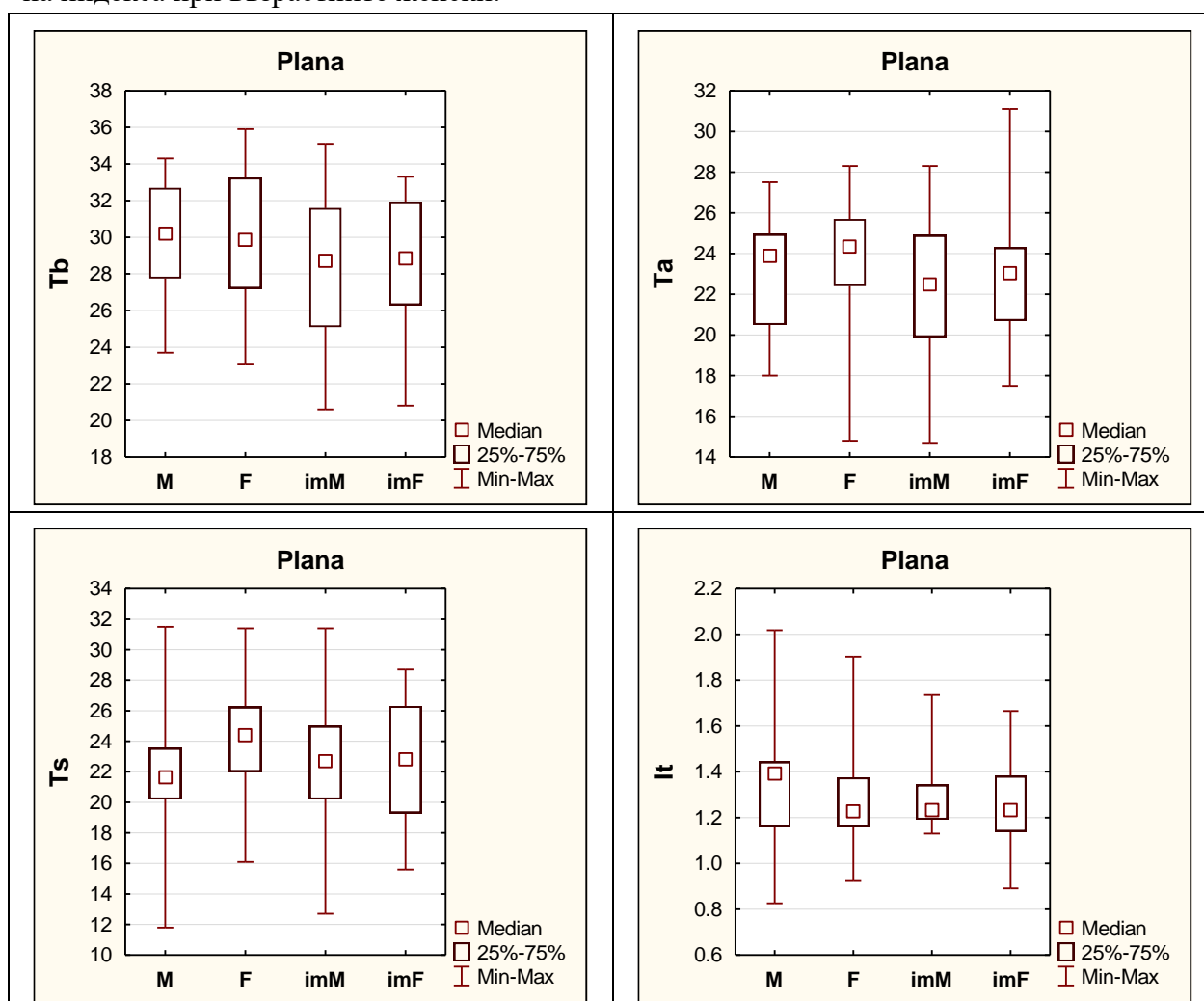
В процеса на теренната работа бяха направени измервания на телесната температура (T_b) на общо 371 *L. a. bosnica* (съответно 129 екземпляра от Плана, 164 от Витоша и 78 от Осогово), както и измервания на температурата на въздуха (T_a) и субстрата (T_s) в мястото на намиране на отделните индивиди. Най-високата измерена телесна температура при възрастните мъжки е $35,3^{\circ}\text{C}$ (екземпляр от Витоша, уловен на 03.07.2018 в 12:15 при температури на въздуха и субстрата съответно $28,2$ и $26,2^{\circ}\text{C}$), а при възрастните женски е $35,9^{\circ}\text{C}$ (екземпляр от Плана, уловен на 23.04.2018 в 14:07 при температури на въздуха и субстрата съответно $25,7$ и $18,3^{\circ}\text{C}$), при неполово зрелите индивиди тези стойности са съответно $35,1^{\circ}\text{C}$ за мъжките (екземпляр от Плана, уловен на 09.05.2018 в 14:21 при температури на въздуха и субстрата съответно $26,9$ и $30,1^{\circ}\text{C}$) и $35,4^{\circ}\text{C}$ за женските (екземпляр от Осогово, уловен на 25.07.2014 в 13:45 при температури на въздуха и субстрата съответно $21,9$ и $27,0^{\circ}\text{C}$). Най-високата температура на въздуха, измерена при намирането на *L. a. bosnica* е $31,1^{\circ}\text{C}$ (неполово зряла женска от Плана), а най-ниската е $14,3^{\circ}\text{C}$ (възрастна женска от Осогово).

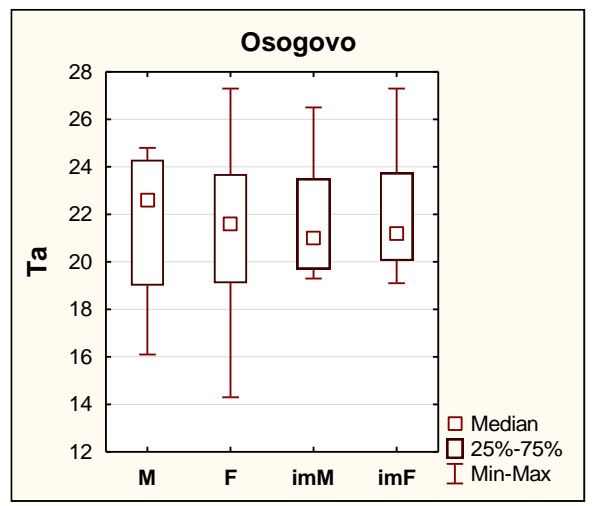
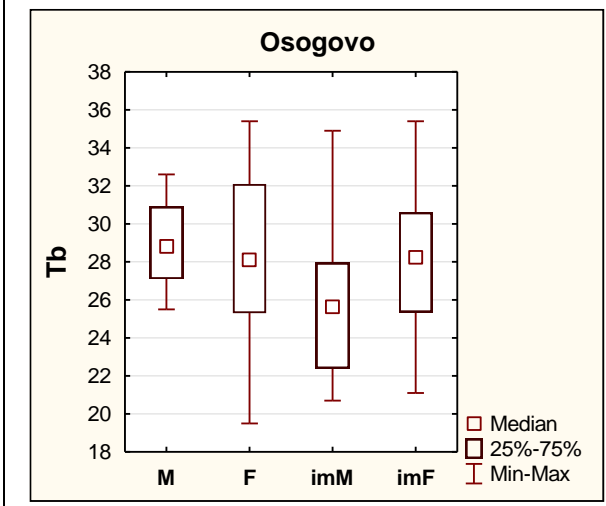
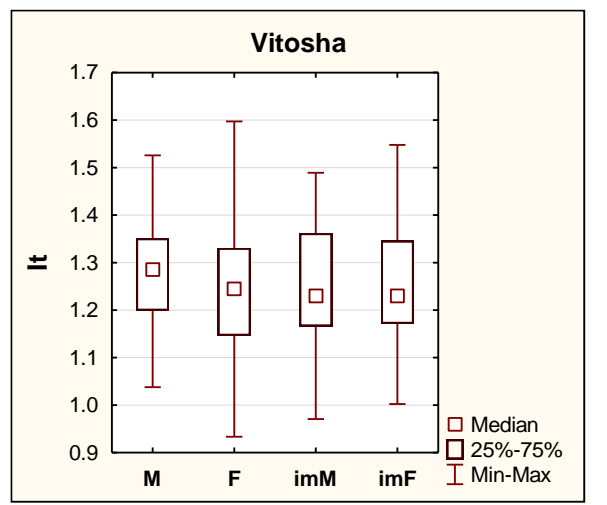
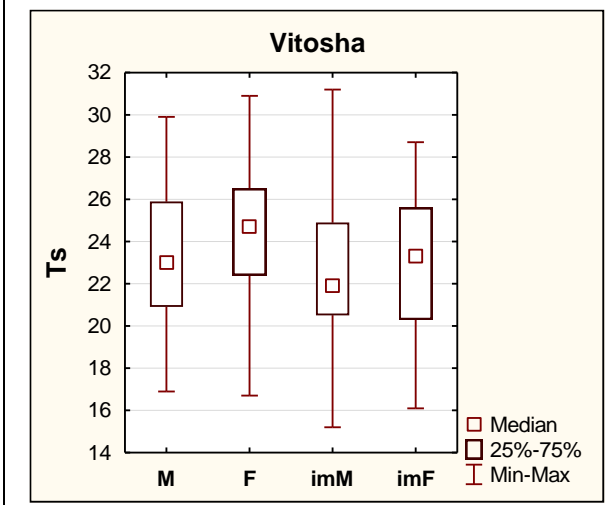
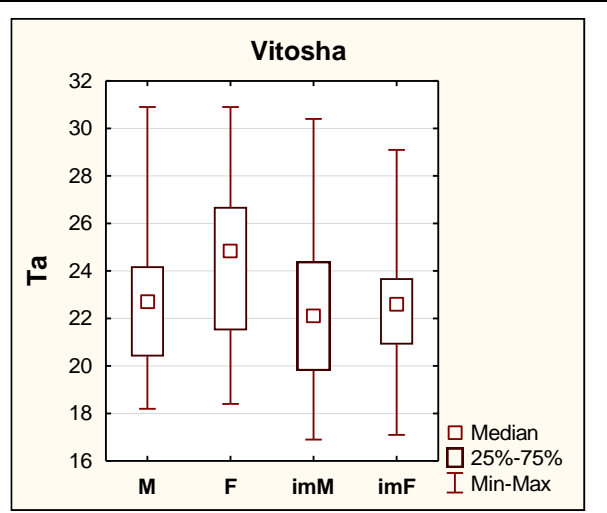
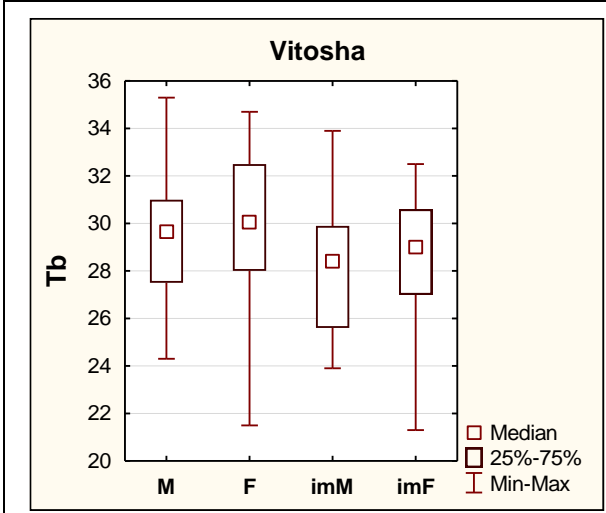
Корелацията на телесната температура на гущерите с температурите на въздуха и субстрата в повечето комбинации е положителна и статистически достоверна (Таблица). Най-слаба връзка на телесната температура с тези на въздуха и субстрата показват възрастните мъжки (корелациите са достоверни само за извадката от Витоша). При възрастните женски корелациите са достоверни във всички комбинации, освен корелацията с температурата на субстрата в извадката от Плана. Идентична тенденция се забелязва при неполово зрелите женски, както и при неполово зрелите мъжки (с тази разлика, че при тях корелацията на телесната температура с тази на субстрата е достоверна за извадката от Плана, но не и за тази от Осогово). При съпоставка на полово-възрастовите групи спрямо конкретните стойности на корелационния коефициент може да се види следното: корелацията на телесната температура с въздушната е най-висока (над $0,75$) при неполово зрелите мъжки от Плана и Витоша, а с тази на субстрата – при неполово зрелите мъжки от Плана.

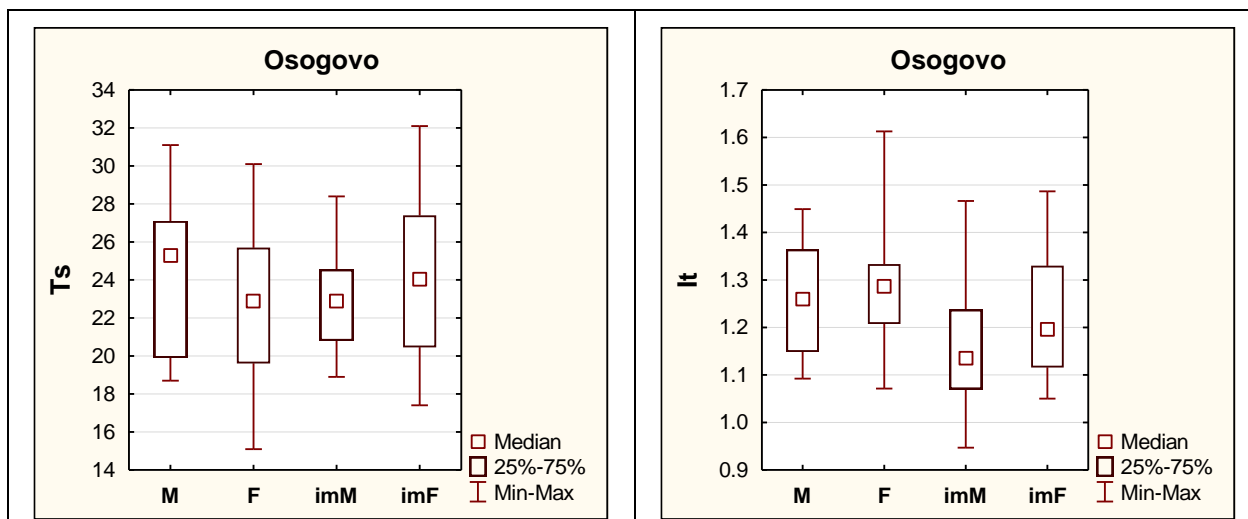
Таблица 23. Корелация (Spearman Rho) между телесната температура (T_b) и температурите на въздуха (T_a) и субстрата (T_s) при полово-възрастовите групи (M, F, imM, imF) на *L. a. bosnica* (достоверните корелации на ниво $p < 0,05$ са маркирани със звезда).

		Плана		Витоша		Осогово	
		T_a	T_s	T_a	T_s	T_a	T_s
T_b	M	-0,119	-0,163	0,559*	0,521*	0,364	0,600
	F	0,465*	0,282	0,457*	0,415*	0,634*	0,699*
	imM	0,753*	0,778*	0,766*	0,735*	0,679*	0,171
	imF	0,671*	0,332	0,749*	0,485*	0,609*	0,656*

Резултатите от сравненията според температурите на тялото, въздуха и субстрата, и индекса на термоадаптация, показват слаби различия между полово-възрастовите групи (Фигура 10). По отношение на телесната температура Kruskal-Wallis тестът показва наличие на достоверна разлика между групите само за извадката от Витоша, като според *post-hoc* теста достоверно се различават възрастните женски от неполово зрелите мъжки (тенденцията е за по-високи стойности при възрастните женски). По отношение температурата на въздуха Kruskal-Wallis тестът показва разлика между групите също само за Витоша, а според *post-hoc* теста разликите са достоверни между възрастните женски и неполово зрелите мъжки и женски, като тенденцията и тук е за по-високи стойности при възрастните женски. Спрямо температурата на субстрата не се извяват достоверни разлики между полово-възрастовите групи в никоя от пробните площи. По отношение индекса на термоадаптация Kruskal-Wallis тестът показва разлика между групите само за извадката от Осогово, а *post-hoc* тестът показва че разликите са достоверни между възрастните женски и неполово зрелите мъжки, като тенденцията е за по-високи стойности на индекса при възрастните женски.







Фигура 10. Медиана (Median), обобщен обхват на втори и трети квантил (25% – 75%) и размах (Min – Max) при температурите на тялото (Tb), въздуха (Ta) и субстрата (Ts), и индекса на термоадаптация (It) при полово-възрастовите групи (M, F, imM и imF) на *L. a. bosnica* в отделните пробни площи.

VI. Изводи и заключение

VI.1. Изводи

- Праговите стойности на дължина на тялото (L.corp.) за коректно определяне на възрастовите категории на *L. a. bosnica* са съответно: ≤ 30 мм = ювенилни (нулевогодишни); $30 \leq 55$ мм = неполово зрели (едногодишни и двугодишни); > 55 мм = възрастни (полово зрели);
- Възрастните мъжки индивиди на *L. a. bosnica* имат относително по-дълга опашка, по-дълги крайници (и предни и задни), по-дълга стъпка на задния крайник, по-широка глава, по-голяма дължина и ширина на пилеуса в сравнение с възрастните женски;
- Половият диморфизъм в пропорциите на тялото при неполово зрелите мъжки *L. a. bosnica* се изразява в относително по-дълги крайници (и предни и задни), по-дълга стъпка на задния крайник и по-голяма дължина на пилеуса, както е и при възрастните мъжки;
- Разликите между полови и възрастови групи се изразяват в следното:
 - при неполово зрелите има разлика между половете в съотношението на дължината на крайниците, докато при възрастните няма;
 - при неполово зрелите няма разлики между половете в отношенията ширина към дължина на пилеуса и ширина на главата към дължина на пилеуса, докато при възрастните има;
 - при неполово зрелите относителната дължина на опашката е по-голяма при женските, докато при възрастните е обратното;
- Първите прояви на полов диморфизъм в течение на постембрионалното развитие изглежда се изразяват в по-бързото нарастване на крайниците и главата спрямо нарастването на тялото при мъжките, докато при женските тялото нараства по-бързо от крайниците и главата;

- Съществува разлика между *L. a. bosnica* и *L. a. chersonensis* при проявата на полови диморфизъм – при *L. a. bosnica* съществуват разлики между половете в относителната дължина на задния крайник и в относителната ширина на пилеуса, докато при *L. a. chersonensis* такива разлики не се регистрират;
- Статистическият модел, който най-добре описва затворената популация на пробната площ на Витоша включва темпорална и поведенческа вариабилност и хетерогенност на вероятността за регистрация на вида. Вероятността за улавяне е доста по-висока от тази съобщена за Италия, като отчетената плътност е по-висока тази във Великобритания и Италианските Алпи, но много по-ниска от тази в Унгария, Австрия и Чехия;
- Преживяемостта на трите полово-възрастни групи варира. В началото на изследването неполово зрелите от двата пола и възрастните мъжки са с много по-висока преживяемост от възрастните женски, но следващите години се наблюдава рязък спад, докато женските имат сравнително добра преживяемост с по-незначителни флукутации;
- Обвързването по микроместообитания на трите полово-възрастни групи, е следното: възрастни мъжки – най-висока и най-гъста трева; възрастни женски – гъста или много гъста трева, независимо от нейната височина; неполово зрели – главно места, покрити с ниска, но гъста или много гъста трева;
- Съществува очаквана корелация между телесната температура на изследваните екземпляри с температурите на въздуха и субстрата. Най-слаба връзка на телесната температура с тези на въздуха и субстрата показват възрастните мъжки, докато при възрастните женски и неполово зрелите мъжки и женски има регионални особености.

VI.2. Заключение

Въпреки количеството събрани данни и направените изводи, съществуват и някои недостатъчно проучени аспекти от биологията на *L. a. bosnica* в планините на България. Необходими са дългогодишни и системни проучвания върху числеността и плътността на популациите, както и върху преживяемостта на подвида, особено в районите, които пряко са засегнати от антропогенни дейности. Необходимо е и изясняване на конкурентните взаимоотношения с други видове влечуги, както и вътревидовата конкуренция.

VII. Приноси на настоящата дисертация

- Дефинирани са праговите стойности за дължина на тялото при определяне на възрастовите категории на *L. a. bosnica* в планински условия в България;
- Описани са основните характеристики на полов диморфизъм в пропорциите на тялото при възрастните *L. a. bosnica* у нас;
- Установено е полово – възрастово съотношение на *L. a. bosnica* в планински условия у нас;
- За първи път у нас е направено оценяване на численост и плътност при *L. a. bosnica*, както и на нивото на преживяемост по метода Улавяне – Маркиране – Повторно улавяне;
- Направена е връзка между различните полово-възрастови групи и заеманите от тях микроместообитания (тип и разнообразие);
- Установена е връзката между температурата на тялото и температурите на субстрата и въздуха при на *L. a. bosnica* в планински условия у нас.

Публикации по темата на настоящия дисертационен труд:

- Popova S., Vacheva E., Tzankov N.** 2019. Sexual size dimorphism in the Balkan subspecies of the sand lizard *Lacerta agilis bosnica* SCHREIBER, 1912 (Reptilia: Lacertidae) in Bulgaria. Annual of Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Faculty of Biology, Book 4, volume 104 (International Scientific Conference “Kliment’s Days”: Scientific Sessions of the Faculty of Biology, Sofia 2018);pp. 141-153.
- Popova S., Vacheva E., Zlatanova D. & Tzankov N.** 2020. Age and sex-related differences determine microhabitat use in *Lacerta agilis bosnica* Schreiber, 1912 (Reptilia: Lacertidae) in Western Bulgaria. Acta Zool. Bulg, <http://www.acta-zoologica-bulgarica.eu/002424>.

Участия в конференции и други научни форуми:

- Popova, S., A. Grozdanov, N. Tzankov. 2015. Comparative age dimorphism in three members of the genus *Lacerta* (Reptilia: Squamata: Lacertidae). 18th European Congress of Herpetology, 7-12 September 2015, Wrocław, Poland.
- Popova, S., A. Grozdanov, N. Tzankov. 2015. Ontogenetic and dimorphic variations in the mountainous sand lizard (*Lacerta agilis*) in term of their adaptations to environmental conditions. Младежка научна конференция “Климентови дни”, 18–20 ноември 2015 г., Биологически факултет, СУ „Св. Климент Охридски”, сборник с резюмета, 70-71.

БЛАГОДАРНОСТИ:

Изказвам най-искрени благодарности на всички колеги от Катедра Зоология и антропология на Биологическия факултет на Софийския университет “Св. Климент Охридски” и най-вече на моя научен ръководител доц. д-р Диана Златанова за помощта, подкрепата, насоките, напътствията при разработването и написването на настоящия дисертационен труд. Изготвянето му стана възможно не и без помощта на доц. д-р Борислав Наумов, гл.ас. д-р Мария Наумова от Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания при Българска академия на науките, както и на Емилия Вачева от Национален природонаучен музей – Българска академия на науките. Благодаря, че винаги сте ми опора във всяко начинание.

Сърдечна благодарност на гл. ас. д-р Елица Попова за постоянният оптимизъм, полезни съвети и готовност за отговор на всякакви въпроси.

Специално благодаря на всички мои колеги и приятели, които ме придружаваха и ми помагаша на терен, а и не само – гл. ас. д-р Атанас Грозданов, д-р Мирослав Славчев, д-р Ирина Лазаркевич, Костадин Андонов, гл. ас. д-р Симеон Луканов, д-р Иван Теленчев, д-р Владислав Вергилов, Никола Станчев, Емилия Зафираки, Данита Заричинова, Кремена Петкова, Гери Германова, Лора Филчева, Никол Димова, Стефани Павлова.

Безкрайно съм благодарна на семейството си, съпуга ми, за търпението и разбирането през тези години.

Благодаря на доц. д-р Николай Цанков† за стабилната подкрепа, за поставеното начало и безценните съвети винаги в точния момент. Без тях нищо не е същото.

СЪРДЕЧНО БЛАГОДАРЯ!

SUMMARY

A study on sexual size dimorphism (SSD), habitat selection, thermoregulation and population characteristics was conducted on the poorly studied subspecies of sand lizard *Lacerta agilis bosnica* in three mountains (Vitosha, Osogovo and Plana) in western Bulgaria during 2014–2019. A total of 382 lizards were examined.

The Sexual Size Dimorphism among species from the Lacertidae family is expressed mainly in body and head size, with males being larger than females, having larger heads but shorter trunks in relation to body size. Most lacertid species display male-biased SSD, but in a few species, such as *Lacerta agilis*, females display larger size. In the present study nine somatometric traits were examined in *L. a. bosnica*, which were transformed into 10 indices, describing body proportions. All of the measurements were taken from live animals captured in mountains. In nine of the indices statistically significant differences were found between the sexes. The differences could be described as follows: males have longer tails, longer legs (fore and hind legs), and larger heads (both in length and width).

Habitat selection is an important mechanism for alleviation and reduction of inter- and intraspecific competition in lizards. In *L. a. bosnica* the key characteristics of the microhabitat that are shaping the distribution of the species are the grass height and density. A diverse use of microhabitats in the different age groups was found, as well as some gender differences. Adult males were attached to the most suitable and secure microhabitats, those with higher vegetation, while adult females and both immature groups occupied less optimal microhabitats. The importance of vegetation height and density should be taken into account during planning and application of conservation measures for *L. a. bosnica*.

During the field work, body temperature (T_b) was measured in 129 specimens of *L. a. bosnica* from Plana Mtn., 164 from Vitosha Mtn. and 78 from Osogovo Mtn. Additionally, measurements of air temperature (T_a) and substrate (T_s) at the location of the individuals were taken. The highest measured T_b in adult males was 35.3°C and in adult females – 35.9°C. In immature individuals these values were respectively 35.1°C for males and 35.4°C for the females. The highest T_a measured in a captured *L. a. bosnica* was 31.1°C (immature female from Plana) and the lowest – 14.3°C (adult female from Osogovo). The results obtained here for *L. a. bosnica* were compared with published data for *L. a. chersonensis* in Bulgaria and there was a significant similarity between the two taxa. Differences between sex and age groups in T_b of *L. a. bosnica* were observed only between adult females and immature males, and only in one of the studied areas. In *L. a. chersonensis* no difference was found between the groups. In terms of T_a , no differences were found between the sex and age groups in both taxa. Regarding to T_s of *L. a. bosnica* differences were observed between adult females and immature males and females (only in one of the studied areas), and in *L. a. chersonensis* difference was found between adult females and adult males. In the present work, the calculated average value of the thermoadaptation index was 1.3. This outcome allow the categorization of *L. a. bosnica* as a taxon adapted to low ambient temperatures, which is logical given the typically mountainous nature of its distribution.

The closed population model produced lower numbers and densities for the species than those in Hungary and Czech Republic, but higher than those in Italy and UK. According to the Pollok's Robust Design open population model, the survival rate of females was much higher than that of the males.