

## A fali gyík (*Podarcis muralis* LAURENTI, 1768) aktivitása és termoregulációs viselkedése urbanizált és természetközeli élőhelyen\*

BÁDY FERENC és VÁGI BALÁZS

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék  
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c. E-mail: [bi.vagi@gmail.com](mailto:bi.vagi@gmail.com)

**Összefoglalás.** A fali gyík (*Podarcis muralis* LAURENTI, 1768) a legtöbb nyakörvösgyíkhöz hasonlóan hatékony, helioterm hőszabályozó, mely számára a napsütötte, nyílt felszínek igen fontos élőhelyet képeznek. A városokban, lakótelepeken ezek ugyanúgy rendelkezésre állnak, mint a fali gyík egyes természetes élőhelyein, a középhegységi sziklakibúvások környezetében. Vizsgálatunkban egy városi és egy természetközeli élőhelyen élő gyíkpopuláció termoregulációs környezetét és aktivitását hasonlítottuk össze három évszakban. A gyíkok hőmérsékleti preferenciáját terráriumi kísérlettel mértük ki. Mindkét élőhelyen gyíkmodellek segítségével vettük fel a gyíkok által elérhető hőmérsékleteket, az urbanizált élőhelyen a szabadon élő gyíkok aktivitási testhőmérsékletét is lemértük. Évszakonként három napon át vizsgáltuk a gyíkok aktivitását. Eredményeink alapján a két élőhely hőmérsékleti minősége a gyíkok számára nem mutat nagy eltérést. Az urbanizált élőhelyen élő gyíkok hatékony és pontos hőszabályozónak bizonyultak minden évszakban. Az egyedsűrűség a városi élőhelyen lényegesen magasabb volt, az aktivitási időszak gyakorlatilag megegyezett. Az urbanizált élőhely hőszabályozási szempontból ősszel kedvezőbb a fali gyíkok számára, de az élőhely jobb hőmérsékleti minősége nem általánosítható minden időszakra. A magasabb egyedsűrűségnek egyéb okai is lehetnek, például a jobb táplálékellátottság vagy a versenytársak és a ragadozók hiánya.

**Kulcsszavak:** hüllő, ektoterm, operatív hőmérséklet, évszakok, kitettség.

### Bevezetés

Az élőlények számára nem közömbös, hogy szervezetüket milyen hőmérsékleten tartják, hiszen életfolyamataik sebessége, vagy az, hogy ezek egyáltalán végbemennek-e, jelentősen függ ennek a változónak az értékétől (ANGILLETTA 2009). A poikiloterm állatok testhőmérséklete nagymértékben változik a környezet hőmérsékletétől függően, míg a tágabban értelmezett ektoterm fajoknál a testhőmérséklet jórészt a környezettel való hőcserére függvénye (BLIGH & JOHNSON 1973). Nem minden ektoterm faj poikiloterm, mert sok ektoterm állat a testhőmérsékletét a hőcsere fiziológiai és viselkedési szabályozásával képes körülbelül állandó értéken tartani, annak ellenére, hogy a környezet általában nem tekinthe-

---

\* Előadták a szerzők a III. Herpetológiai Előadóiülésen, a Magyar Természettudományi Múzeumban (Budapest) 2012. március 27-én.

tő térben és időben homogén hőmérsékletűnek. A meghatározott testhőmérséklet elérésére és megtartására irányuló élettani és viselkedésbeli sajátosságok összességét nevezzük hőszabályozásnak (HERTZ et al. 1993). A kis testű, hőszabályozó ektotermekek testhőmérséklete jobban ki van téve a környezet hatásának, ezért hőszabályozásukban a viselkedési elemek dominálnak (STEVENSON 1985).

A hőszabályozás számszerűsítését leggyakrabban HERTZ et al. (1993) módszerével végzik. Ehhez szükség van egy viszonyítási alapra, vagyis azokra az értékekre, amelyeket egy térben és időben véletlenszerűen mozgó, a testhőmérsékletét aktívan nem szabályozó, más szóval termokonformer állat venne fel élőhelyének meghatározott pontjain. Ezt az értéket nevezzük operatív hőmérsékletnek (*operative* vagy *environmental temperature*, röviden  $T_e$ ), amit általában gyíkmodellek segítségével becsülnék (WALSBERG & WOLF 1996). Emellett a terepen le kell mérni az adott populációt megfelelően reprezentáló számú egyed aktivitási testhőmérsékletét (*body temperature*,  $T_b$ ), illetve meg kell állapítani az adott populáció egyedei számára optimális, leginkább preferált testhőmérsékletet (*set-point temperature*,  $T_{set}$ ) (GVOŽDÍK 2002). Utóbbi egy tartomány, amin belül az állat a  $T_b$ -jét tevékenysége során tartani igyekszik (HERTZ et al. 1993); ezt általában egy ökológiai kényszerektől mentes laboratóriumi hőmérsékleti gradiens mentén mért értékek közepső 50 vagy 80 százaléka-ként becsüljük (GVOŽDÍK 2002).

Ezek után meg kell határozni, hogy a terepen mért  $T_b$ -k mennyire esnek közel a kísérletesen meghatározott  $T_{set}$ -tartomány alsó és felső szélsőértékéhez (LTB, illetve UTB rövidítéssel jelölve). Ezt az eltérést  $d_b$ -vel jelöljük. Ha  $T_b < LTB$ , akkor  $d_b = LTB - T_b$ , ha  $T_b > UTB$ , akkor  $d_b = T_b - UTB$ , ha  $LTB \leq T_b \leq UTB$ , akkor pedig  $d_b = 0$ . Majd kiszámítjuk a  $d_b$ -k átlagát, természetesen a 0 értékeket is belevéve ( $d_b^{átl}$ ). Ez az érték adja meg a hőszabályozás pontosságát (*accuracy of thermoregulation*). Nulla közeli értékek pontos, magas értékek pontatlan hőszabályozásra utalnak. Ezután elvégezzük ugyanezt a modellek segítségével mért  $T_e$ -értékekkel is, kiszámolva  $d_e^{átl}$ -t. Utóbbi jelzi az élőhely hőmérsékleti minőségét az állat szemszögéből (*thermal quality of habitat*): ha  $d_b^{átl}$  értéke nulla vagy ahhoz közeli, az élőhely ideálisnak tekinthető (a termokonformer stratégia is hatékony), nagyobb  $d_b^{átl}$  esetén viszont aktív hőszabályozásra van szükség a testhőmérséklet megfelelő értéken tartásához. Természetesen az, hogy az állatok ilyen környezetben ténylegesen aktívan szabályozzák-e a testhőmérsékletüket, a hőszabályozás költségének és hasznának arányától függ (HERCZEG et al. 2003). Ezek ismeretében a hőszabályozás hatékonysága ( $E$ ; *effectiveness of thermoregulation*) a következő egyenlettel fejezhető ki:  $E = 1 - d_b^{átl} / d_e^{átl}$ .  $E$  értéke az egyenletből következően egy 0 és 1 közé eső szám lesz. Aktív és pontos hőszabályozók esetében  $d_b^{átl}$  értéke kicsi,  $d_b^{átl} / d_e^{átl}$  ezért a nullához,  $E$  pedig 1-hez közeli, termokonformerek esetében pedig  $d_e^{átl} / d_b^{átl}$ -hez hasonló,  $d_b^{átl} / d_e^{átl}$  ezért 1-hez,  $E$  pedig 0-hoz közeli lesz (HERTZ et al. 1993).

Az egyes fajok hőszabályozási viselkedése tér- és időbeli változatosságot mutathat. A nagy földrajzi elterjedésű, vagy a hegységekben magasra hatoló hatékony hőszabályozók a földrajzi szélesség és a tengerszint feletti magasság széles skáláján képesek fenntartani az optimális testhőmérsékletet (ANDREWS 1998, CHRISTIAN 1998, BAUWENS et al. 1990). Ezzel szemben ugyanezen fajok terepen mért testhőmérséklete és preferált tartománya változhat egy év folyamán (VAN DAMME et al. 1987). A terepen mért testhőmérséklet időbeli változásának okát a környezeti kényszerekben (HUEY & SLATKIN 1976) kell keresnünk, míg a preferencia változása az állatok aktuális élettani igényeinek megfelelően alakul. Jel-

lemző például, hogy a megtermékenyített nőtények  $T_{set}$  tartománya eltér más csoportokétól, különösen álelevenszülő fajoknál (ROCK et al. 2002, ROBERT et al. 2006, MATHIES & ANDREWS 1997).

A fali gyík (*Podarcis muralis* LAURENTI, 1768) Európában széles elterjedésű és változatos élőhelyeken előforduló faj (GASC et al. 1997). Természetközeli élőhelyek mellett az ember közvetlen környezetében is előfordul, sőt urbanizált környezetben az egyik leggyakoribb hullófajnak számít (lásd: Országos Kétlétű- és Hullófelmérési honlapja: [herppterkep.mme.hu](http://herppterkep.mme.hu)). Az urbanizációnak számos oka lehet, például a táplálék könnyebb elérhetősége vagy a kevesebb ragadozó és versenytárs, illetve a városi környezet kedvezőbb hőmérsékleti adottságai is komoly előnyt jelenthetnek (SHOCHAT et al. 2006).

E vizsgálat során kimondottan hőszabályozási szempontból hasonlítottuk össze a fali gyík egy természetközeli és urbanizált populációját. A két élőhelyet három különböző évszakban vizsgáltuk, hogy az évszakok közötti különbségekről is képet kapjunk. Arra voltunk kíváncsiak, hogy a természetközeli és urbanizált élőhelyen eltérnek-e a hőszabályozás mérőszámai (pontosság, hatékonyság, illetve a környezet hőmérsékleti minősége), valamint hogy ezeknek milyen, különböző-e az évszakai lefutása. Meg kívántuk vizsgálni, hogy a két élőhelyen különbözik-e a gyíkok aktivitása, illetve hogy az egyedszámok között vannak-e eltérések. Arra is kíváncsiak voltunk, hogy amennyiben különbséget tapasztalunk az egyedsűrűségben és az aktivitásban a két élőhely között, akkor ennek lehet-e kapcsolata az élőhelyek hőmérsékleti adottságaival.

## Anyag és módszer

### A vizsgált faj

A fali gyík (*Podarcis muralis* LAURENTI, 1876) a nyakörvösgyík-félék (Lacertidae) családjába tartozó, kis testű gyíkfaj. Elterjedési területe az Ibériai-félsziget északi részétől Kis-Ázsiáig terjed (GASC et al. 1997). Nappal aktív, helioterm (CASTILLA et al. 1999) faj. Természetes élőhelyét napos sziklafalak, erdőszélek jelentik, de sokféle ember által létrehozott környezetben is megél, például romos házfalakon, kőkerítéseken, vasúti töltéseken ([herppterkep.mme.hu](http://herppterkep.mme.hu)). Az ember jelenlétét képes megszokni, ilyenkor közelebről és rövidebb időre bújjik el a jelenlétében (DIEGO-RASILLA 2003). Közép-Magyarországon kedvező időjárás esetén akár már február végén aktív lehet, és egészen novemberig elől marad (DELY 1978, személyes megfigyelések). Szaporodási időszaka április-júniusra esik (DELY 1978).

### Terepi mérések

A vizsgált urbanizált élőhely egy déli kitétségű épületfal volt Békásmegyér határában (É 47,595040°; K 19,043295° és É 47,595087°; K 19,044805° között), a természetközeli élőhely pedig egy változó, de döntően keleties kitétségű sziklakibúvás a Pilis hegységben, a királykúti vadászház közelében (É 47,716417°; K 18,929088° és É 47,714028°; K 18,929216° között). Mivel magát a terepbejárást transzektek mentén végeztük (lásd alább), a területek méretét nem mértük fel. A pilisi helyszínt úgy választottuk ki, hogy jól reprezen-

tálja a faj középhegyiségi élőhelyeit. A populáció egyedsűrűsége alapján nem tűnt gyenge minőségű, hőszabályozás szempontjából előnytelen élőhelynek, az egyedsűrűség a faj más természetközeli élőhelyeken található, erős állományaihoz hasonló volt. Az adatgyűjtést Békásmegyeren április 3-án, 4-én, és 20-án, augusztus 3-án, 6-án és 7-én, valamint október 4-én, 5-én és 6-án; a Pilisben május 17-én, 18-án és 19-én, augusztus 23-án, 24-én és 25-én, valamint szeptember 27-én, 28-án és 29-én végeztük. A terepnapokat nem véletlenszerűen jelöltük ki, hanem mindkét helyen olyan napsütéses napokat választottunk, melyek lehetővé tették a minél pontosabb hőszabályozást. Mindkét élőhelyen 9–17 óra között óránként végeztünk terepbejárást, mely során feljegyeztük az észlelt gyíkok számát. A terepbejárás transzekt mentén történt, Békásmegyeren az épületfalat, a Pilisben az erdészeti út szikla felőli szegélyének nyomvonalát követve. A békási transzekt hossza 75 m, a pilisnél a gyík-élőhely lehatárolása nem volt egyértelmű, de ténylegesen körülbelül 250 m hosszú utat járunk be, aminek egy részét tette ki az élőhely (körülbelül a békási transzektnek megfelelő hosszúságú szakaszt).

Az élőhelyeken 15–15, mindkét végén szilikonnal leragasztott, barnára festett rézcsövet („gyíkmodellt”) helyeztünk el az operatív hőmérsékletek felméréséhez (BAKKEN 1992, GVOŽDÍK 2002). Hőmérsékletük megállapításához Testo 925 (Testo, Lenzkirch, Németország) típusú digitális kontakthőmérőt használtunk, melynek érzékelőjét a csövek belső üregébe illesztettük. Mivel az urbanizált élőhelyen a napos, félárnyékos és árnyékos mikrohabitatok aránya pontosan ismert volt (bár évszakos változást mutatott), a gyíkmodelleket szisztematikusan helyeztük el az egyes mikrohabitatokban. A területre egy adott időszakban jellemző átlagos operatív hőmérsékletet az alábbi képlet szerint becsültük:  $T_r = T_{eN} N + T_{eF} F + T_{eA} A$ , ahol  $T_r$  az élőhelyen random mozgó gyík testhőmérséklete,  $T_{eN}$ ,  $T_{eF}$  és  $T_{eA}$  a napos, félárnyékos és árnyékos területeken mért operatív hőmérséklet,  $N$ ,  $F$  és  $A$  a napos, félárnyékos és árnyékos területek aránya. A természetközeli élőhelyen a különböző besugárzásban részesülő mikroélőhelyek aránya nem volt egyértelmű és a besugárzás a nap járása szerint változott, ezért feltételezésünk szerint a random kihelyezett gyíkmodellek mérték legpontosabban egy véletlenszerűen mozgó, termokonformer gyík testhőmérsékletét.

A gyíkok testhőmérsékletének megállapításához az állatokat kézzel fogtuk el. Befogás csak az urbanizált élőhelyen történt, a természetközeli ezt a gyíkok alacsonyabb száma és a növényzet jellege nagyon megnehezítette, illetve az emberhez nem szokott állatok számára nem kívánt zavarást jelentett volna, ami eltorzíthatta volna az aktivitási mintázatukat. A befogott gyíkok testhőmérsékletét Testo 925 típusú digitális kontakthőmérővel mértük le, a szenzor kloákába illesztésével. Október 4-én a hőmérő szenzorjának meghibásodása a nap második felében lehetetlenné tette az adatgyűjtést, ezért az összes mérés, beleértve az aktivitást is, aznap félbemaradt (a hibát másnapra sikerült kijavítani).

### ***Terrárium kísérlet***

A gyíkok  $T_{set}$  tartományának meghatározásához 22 állatot (6 hím, 4 nőstény és 12 fiatal) fogtunk be a békásmegyeri élőhelyen, és azokat az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar (ELTE TTK) Állatházában helyeztük el. A gyíkok számára táplálék (növendék tücsök), víz és napozási lehetőség korlátlanul rendelkezésre állt, a melegítőlámpa 8 és 18 óra között működött. A preferencia kiméréséhez a gyíkokat három, vegyes nem- és korösszetételű csoportra osztottuk. Terepi megfigyeléseink alapján a fali gyíkok gyakran napoznak egymás társaságában, és a párzási időszakon kívül ilyenkor nem tapasztalható

dominanciaharc, elkerülő viselkedés közöttük. Ugyanakkor megfigyeléseink szerint a gyíkok nem mutatnak preferenciát az egymás közvetlen közelében, esetleg egymással érintkezve történő napozás iránt sem, amely esetben a szociális viselkedés mint kényszer befolyásolhatná a termoreguláció pontosságát. A vizsgálati csoportok közül egyet a vizsgálat kezdete előtt 24 órával egy 160×40×40 cm-es terráriumba helyeztünk. A terrárium egyik végében egy 100 wattos, illetve attól 30 cm-re a terrárium közepe felé egy 60 wattos izzó biztosított napozási lehetőséget 8 és 18 óra között, az így létrehozott hőmérsékleti gradienst pedig gyíkmodellek és Voltkraft DL-120TH (Conrad Electronic, Hirschau) automata adatrögzítők segítségével mértük ki. A gyíkmodellek alapján melegítőlámpa alatt a hőmérséklet 60,1±2,7°C-nak, a terrárium leghidegebb pontján 20,3±0,5°C-nak adódott, és az adatrögzítők is hasonló értékeket mértek ki (min.: 18,6°C; max.: 61,4°C). Búvóhely, táplálék (növények kétfoltú tücsök, *Gryllus bimaculatus*) és víz a terrárium minden részén egyformán rendelkezésre állt. Az egyedi jelöléssel (filctollal a fejtetőre írt szám) ellátott gyíkok testhőmérsékletét 9 és 18 óra között minden órában lemértük, a terepen fogott állatokkal azonos módon. A mérés egy vizsgálati csoport számára az akklimatizációs napot követően 2 napon át tartott, így egy egyedre összesen 18 mérés jutott. A méréseket 2011. október 18–19-én, 25–26-án és november 8–9-én végeztük – azzal a feltételezéssel élve, hogy a vizsgált populáció hőmérsékleti preferenciáinak értéke nem mutat jelentős évszakos ingadozást. E feltételezést azért tartjuk megalapozottnak, mert egy hasonló méretű, mérsékelt övi rokon fajnál – elevelszülő gyík, *Zootoca vivipara* – a preferált testhőmérsékletben nem találtak évszakos különbségeket (VAN DAMME et al. 1987). A hőmérsékleti preferenciaértékek kiszámításánál nem vettük figyelembe a búvóhelyen tartózkodó, inaktív gyíkok adatait.

#### **Statisztikai eljárások**

A preferált hőmérsékletekben az egyes vizsgálati csoportok (fiatal, nőstény, hím), illetve a különböző időpontok (nap, óra) hatását általános lineáris modell varianciaelemzéssel (GLM) vizsgáltuk, melybe random faktorként vittük be a mérési napot és órát. A mérési adatokat a három mérési csoport is összeköti, ezért a mérési csoportot is be kellett volna vinni random faktorként az analízisbe, azonban a kísérleti egyedek csoportokba sorolásáról, a mérések dátum szerinti eloszlásáról való feljegyzéseink sajnálatos módon elvesztek, így ezt nem tudtuk megtenni.

A terepen befogott állatok testhőmérsékletét szintén GLM-mel hasonlítottuk össze, melybe kategorikus változóként vittük be a vizsgálati csoportot és az évszakot, illetve kováltozóként a felszín hőmérsékletét és a levegő hőmérsékletét 1,5 cm-rel a felszín felett. Mivel ősszel nem fogtunk nőstény egyedeket, a három vizsgálati csoport összehasonlításából az őszi adatokat kihagytuk. Amikor mindhárom évszakot összehasonlítottuk egymással, a hímek és nőstények adatait együtt, „kifejlett” kategóriaként kezeltük. Az operatív hőmérsékletek összehasonlításánál GLM-mel elemeztük az évszak, a hely (kategorikus változó) és a mérési időpont (kováltozó) hatását.

Az aktivitásadatok elemzésére az általunk használt statisztikai szoftver nem volt a legalkalmasabb, ezért és időhiány miatt azok statisztikai analízisétől eltekintettünk. Az eredmények megvitatásánál is csak az észlelések számának összevetésére, illetve az eloszlások ránézésre megállapítható bimodalitásának értékelésére kerül sor.

Az eredmények értékeléséhez és a grafikonok elkészítéséhez a Statistica 8.0 (Statsoft, Tulsa, Oklahoma) programot használtuk.

## Eredmények

A preferált hőmérsékletek az 1. táblázatban láthatók. Nem volt szignifikáns különbség az egyes órákban mért ( $F = 0,96$ ;  $df = 1, 141$ ;  $p = 0,33$ ), illetve a két vizsgálati nap azonos óráiban mért ( $F = 0,75$ ;  $df = 1, 141$ ;  $p = 0,39$ ) preferenciák között. A különböző nem- és korcsoporthoz tartozó (hím, nőstény, fiatal) állatok preferált hőmérsékletei sem különböztek szignifikáns mértékben ( $F = 0,60$ ;  $df = 2, 141$ ;  $p = 0,55$ ). A terepen fogott gyíkok  $T_b$  értékei a 2. táblázatban láthatók.

**1. táblázat.** A vizsgált gyíkok preferált testhőmérséklete.  
**Table 1.** Temperature preference range of the lizards held in terrarium.

	N	Átlag± Szórás (°C)	Min (°C)	Max (°C)	LTB50 (°C)	UTB50 (°C)	LTB80 (°C)	UTB80 (°C)
Minden aktív egyed	148	31,4±3,1	23,5	38,2	29,6	33,7	27,3	35,4
Aktív hímek	39	30,9±3,6	24,3	38,2	29,0	33,8	25,7	36,5
Aktív nőstények	25	31,9±3,1	26,4	37,4	29,7	33,9	28,3	36,3
Aktív fiatalok	84	31,5±2,8	23,5	37,3	30,1	33,6	28,4	34,6
1. mérési nap, mind	67	31,7±3,0	23,5	38,2	29,8	34,1	27,3	35,7
2. mérési nap, mind	81	31,2±3,1	23,9	37,4	29,4	33,4	27,4	34,9

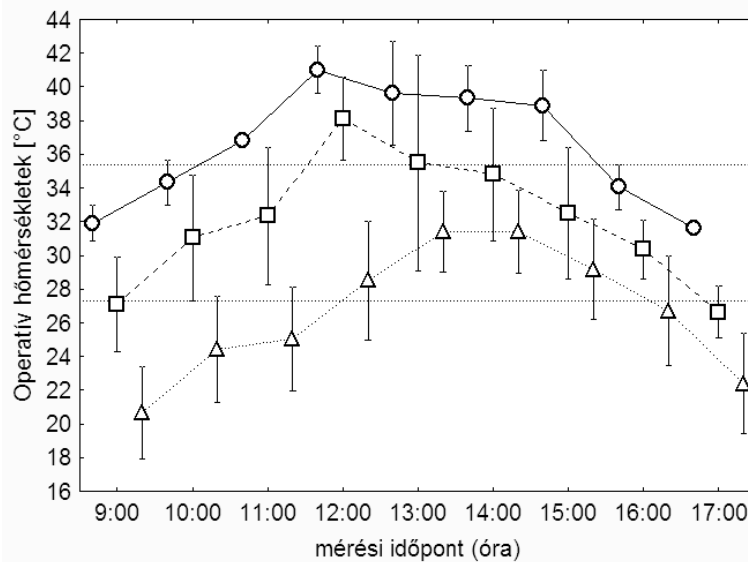
**2. táblázat.** A terepen befogott gyíkok testhőmérsékleteinek átlaga és szórása (°C), a zárójelben az egyedszámok láthatók.

**Table 2.** Body temperature of the lizards captured in field; mean ± standard deviation; sample size is presented in the brackets.

	Tavasz	Nyár	Ősz	Összesen
hímek	38,8±3,5 (n=15)	34,9±2,5 (n=4)	33,0±2,2 (n=3)	31,8±3,5 (n=22)
nőstények	32,4±3,2 (n=12)	36,5±1,4 (n=3)	(n=0)	33,2±3,3 (n=15)
fiatalok	31,8±2,3 (n=20)	34,1±2,1 (n=30)	33,6±2,0 (n=14)	33,3±2,4 (n=64)
összes egyed	31,6±3,0 (n=47)	34,4±2,2 (n=37)	33,5±2,0 (n=17)	33,0±2,8 (n=101)

Az urbanizált élőhelyen kimért  $T_e$  értékeket a három különböző hőmérsékleti adottságú – napos, félárnyékos, árnyékos – mikrohabitat tényleges arányainak megfelelően súlyoztuk, majd az így kapott értékek három napi mérésből vett átlagát külön grafikonon ábrázoltuk évszakonként (1. ábra). A statisztikai összehasonlításhoz a természetközeli élőhely random kihelyezett modelljeinek egy időponthoz tartozó hőmérsékleti méréseit is átlagoltuk, így az

urbanizált élőhelyéhez és a gyíkfogásokhoz hasonlóvá vált a mintaszám, ezáltal a teszt ereje is. A statisztikai összehasonlítás alapján az operatív hőmérsékletek nagy változatosságot mutatnak, szignifikánsan különböznek mind a különböző évszakokban ( $F = 47,6$ ;  $df = 2$ ,  $146$ ;  $p < 0,001$ ), mind az egyes élőhelyek között ( $F = 68,6$ ;  $df = 1$ ,  $146$ ;  $p < 0,001$ ), illetve a kettő kölcsönhatásának is szignifikáns hatása volt ( $F = 15,7$ ;  $df = 2$ ,  $146$ ;  $p < 0,001$ ). A  $d_e$  értékek az egyes évszakok során  $6,93^\circ\text{C}$ -nak (tavasz),  $3,54^\circ\text{C}$ -nak (nyár) és  $2,90^\circ\text{C}$ -nak (ősz) adódtak.

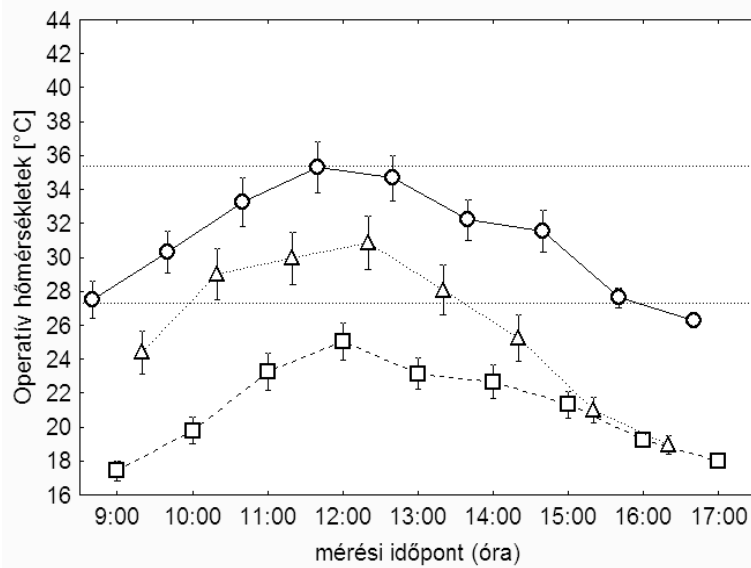


**1. ábra.** Operatív hőmérsékletek a gyíkok aktivitási időszakában az urbanizált élőhelyen (átlagok  $\pm$  standard hiba). Háromszög és pontozott vonal: tavasz; kör és folytonos vonal: nyár; négyzet és szaggatott vonal: ősz. A vízszintes pontozott egyenesek a gyíkok preferenciatartományának határai (LTB80–UTB80:  $27,3\text{--}35,4^\circ\text{C}$ ).

**Figure 1.** Operative temperatures in the activity period of lizard at the urbanized site (mean  $\pm$  SE). Triangles and dotted line: spring; circles and solid line: summer; squares and dashed line: autumn. Horizontal dotted lines are the central 80 percent lower and upper thermoregulatory boundaries (LTB80–UTB80:  $27,3\text{--}35,4^\circ\text{C}$ ).

A természetközeli élőhelyen tavasszal az első két napon csak a gyíkok tényleges akkori aktivitási időszakában, vagyis 16 óráig mértük a gyíkmódellek hőmérsékletét, a harmadik napon pedig a 17 órai mérés idején műszerhiba miatt nem kaptunk reprezentatív értékeket (2. ábra). A  $d_e$  átlagos értéke tavasszal  $5,99^\circ\text{C}$ , nyáron  $3,00^\circ\text{C}$ , összesen  $7,30^\circ\text{C}$  lett.

A tavaszi és nyári terepi testhőmérsékleti értékekben a nem- és korcsoportok nem mutattak szignifikáns eltérést, bár megközelítették azt ( $F = 2,81$ ;  $df = 2$ ,  $96$ ;  $p = 0,065$ ), és nem volt kimutatható hatás a két évszak értékei között sem ( $F = 1,51$ ;  $df = 1$ ,  $96$ ;  $p = 0,22$ ).



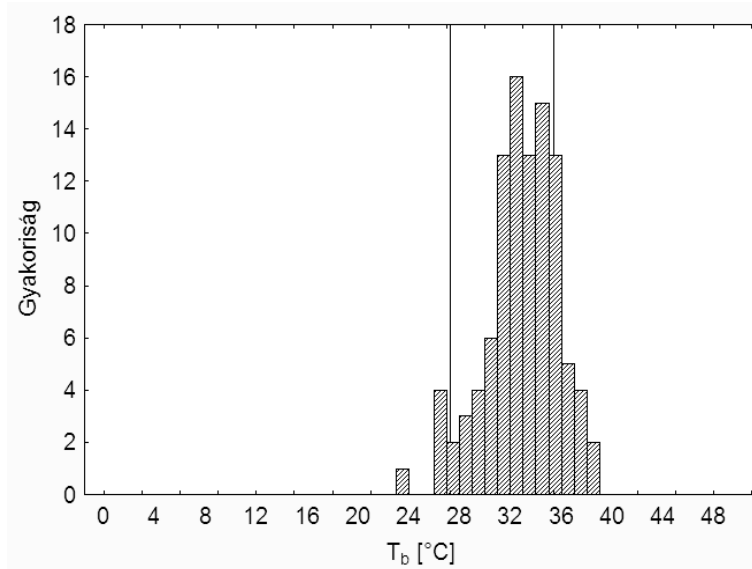
**2. ábra.** Operatív hőmérsékletek a gyíkok aktivitási időszakában a természetközeli élőhelyen (átlagok  $\pm$  standard hiba). Háromszög és pontozott vonal: tavasz; kör és folytonos vonal: nyár; négyzet és szaggatott vonal: ősz. A vízszintes pontozott egyenesek a gyíkok preferenciatartományának határai (LTB80–UTB80: 27,3–35,4°C).

**Figure 2.** Operative temperatures in the activity period of lizard at the close-to-natural site (mean  $\pm$  SE). Triangles and dotted line: spring; circles and solid line: summer; squares and dashed line: autumn. Horizontal dotted lines are the central 80 percent lower and upper thermoregulatory boundaries (LTB80–UTB80: 27,3–35,4°C).

A gyíkok testhőmérsékletét nem befolyásolta az aljzat hőmérséklete ( $F = 15,09$ ;  $df = 1, 96$ ;  $p = 0,10$ ), viszont szignifikánsan korrelált a felszín felett 1,5 cm-rel mért levegőhőmérséklettel ( $F = 56,9$ ;  $df = 1, 96$ ;  $p = 0,002$ ). Amikor három évszak adatait hasonlítottuk össze és a felnőtt hímeket és nőstényeket együttesen „kifejlett” kategóriaként kezeltük, a mintázat hasonlóan mutatkozott, bár a vizsgálati (jelen esetben: kor-) csoportok közötti különbség nem közelítette meg a szignifikanciaszintet ( $F = 8,00$ ;  $df = 1, 115$ ;  $p = 0,20$ ). Ugyanúgy nem volt kimutatható különbség a három évszak között ( $F = 19,8$ ;  $df = 2, 115$ ;  $p = 0,14$ ), viszont a 1,5 cm-en mért levegőhőmérséklet ( $F = 62,5$ ;  $df = 1, 115$ ;  $p < 0,001$ ) mellett az aljzaté is szignifikánsan korrelált az állatok testhőmérsékletével ( $F = 20,1$ ;  $df = 1, 115$ ;  $p = 0,04$ ). A  $T_b$ -kből számított  $d_b$  érték tavasszal 0,24°C, nyáron 0,41°C, ősszel 0,15°C lett, az ezekből és a békásmegyeri élőhelyen mért  $T_c$ -kből számított  $d_c$ -k segítségével kapott, a hőszabályozás hatékonyságát kifejező  $E$  értékek pedig tavasszal 0,97, nyáron 0,88, ősszel pedig 0,95.

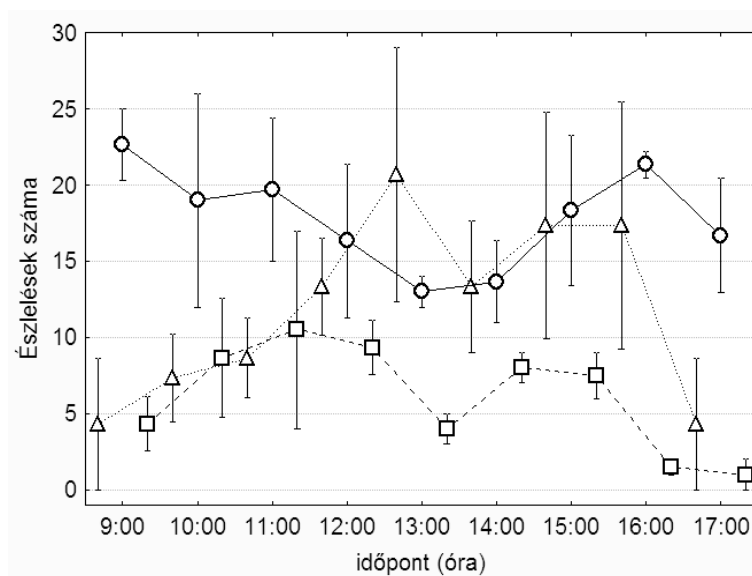
Az aktivitási mintázatok a 4–5. ábrán láthatók.





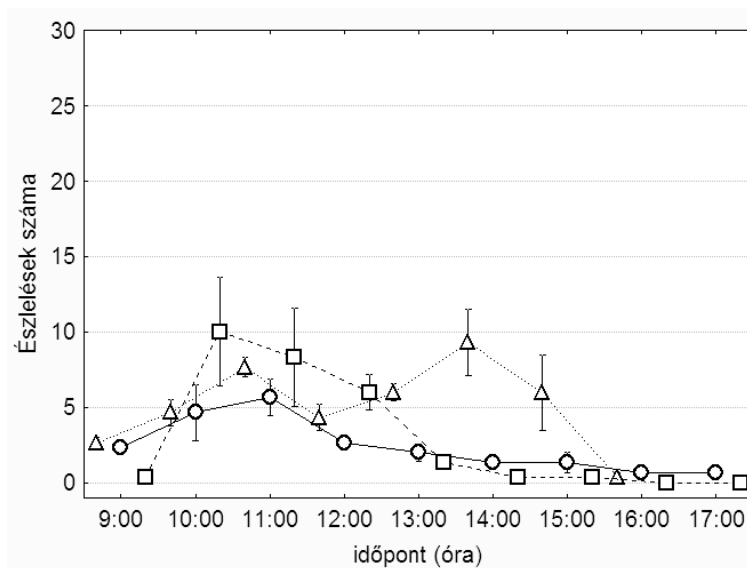
**3. ábra.** A terepen befogott gyíkok testhőmérsékletének eloszlása. A függőleges egyenesek a gyíkok preferenciartományának határai (LTB80–UTB80: 27,3–35,4°C).

**Figure 3.** Body temperature distribution of the lizards captured in field. Vertical lines are the central 80 percent lower and upper thermoregulatory boundaries (LTB80–UTB80: 27,3–35,4°C).



**4. ábra.** Gyíkészlelések száma három évszakban az urbanizált élőhelyen (átlagok ± standard hiba). Háromszög és pontozott vonal: tavasz; kör és folytonos vonal: nyár; négyzet és szaggatott vonal: ősz.

**Figure 4.** Lizard activity records in three seasons at the urbanized site (mean ± SE). Triangles and dotted line: spring; circles and solid line: summer; squares and dashed line: autumn.



**5. ábra.** Gyíkészlelések száma három évszakban a természetközeli élőhelyen (átlagok  $\pm$  standard hiba). Háromszög és pontozott vonal: tavasz; kör és folytonos vonal: nyár; négyzet és szaggatott vonal: ősz.  
**Figure 5.** Lizard activity records in three seasons at the close-to-natural site. Triangles and dotted line: spring; circles and solid line: summer; squares and dashed line: autumn.

## Értékelés

A preferált testhőmérséklet-tartomány az összes aktív egyednél 27,3 (LTB80) és 35,4°C (UTB80) közöttinek bizonyult, ami nagymértékben átfed a BAUWENS et al. (1995) által publikált adatokkal (31,9–36,5°C), azonban a tartomány alsó határa jelentősen alacsonyabban van (4,5°C). Igaz, hogy az utóbbi méréseket másik alfajon végezték, de több nagy elterjedésű nyakörvösgyík-fajnál is sikerült kimutatni, hogy az egymástól távolabb élő populációk vagy alfajok hőmérsékleti preferenciái nagyon hasonlóak (BAUWENS et al. 1995, CASTILLA et al. 1999, GVOŽDÍK 2002). Ez feltehetően jelen esetben sincs másképp, sőt más, egymással közeli rokon taxonok esetében, például a sövényleguánok (*Sceloporus* spp.) egyes fajai esetében sem tér el egymástól jelentősen ez a tartomány (ANDREWS 1998). Hogy miért sikerült egy kicsit mégis alacsonyabb értékeket kapni, és hogy különösen a saját mérések átlaga (31,4°C) miért kevesebb, mint BAUWENS et al. (1995) átlagai, annak több oka is lehet:

A mérésekre késő ősszel került sor, ilyenkor – vagyis nem sokkal a téli hibernáció kezdete előtt – az állatok hőmérsékleti preferenciái az évszak időjárásához igazodva kicsit változhatnak a nyárihoz képest (RISMILLER & HELDMAIER 1982, 1988, HERTZ et al. 1993). A preferált hőmérsékletet meghatározó fontos tényező lehet az elérhető operatív hőmérsékletek eloszlása, ami befolyásolja a hőszabályozó viselkedés költségességét (HUEY & SLATKIN 1976), illetve a gyíkok viselkedésének éves ritmusa.

A gyíkok stressz alatt álltak, mert nem állt elég idő a rendelkezésükre, hogy megszokják az új környezetet és a folyamatos emberi jelenlétet (a gyakori kézbevételek is beleértve), így hőszabályozási viselkedésük sem volt teljesen természetesnek nevezhető. Más vizsgálatok is kimutatták, hogy predációs kockázat megléte esetén a hőszabályozás pontossága csökken (HERCZEG et al. 2008). Ennek ellentmond, hogy a hivatkozott vizsgálatoknál sem állt rendelkezésre több idő az akklimatizálódásra (GVOŽDÍK 2002, HERCZEG et al. 2008).

Az egyes nemek és korcsoportok közötti hasonlóság szintén a vizsgálat idejének tudható be; késő ősz lévén aktív reprodukciós állapotú egyedek – vagyis megtermékenyített nőstények és spermatogenezis stádiumában levő hímek – testhőmérsékletének leérésére nem volt lehetőség, előbbieket esetében a BRAÑA (1993) által megfigyelt alacsonyabb, utóbbiaknál a más fajok (pl. eleve szülő gyík, VAN DAMME et al. 1987) esetében mért magasabb értékek felé mutatott preferencia lett volna várható.

Az urbanizált élőhelynek a hőmérsékleti minősége tavasszal viszonylag kedvezőtlen volt ( $d_e = 6,93^\circ\text{C}$ ), a súlyozott operatív hőmérsékleteknek elég nagy hányada esett a  $T_{\text{set}}$ -tartomány alá. Nyáron az átlagok nagy része a preferált tartománynál magasabb lett, a  $d_e$  mégis kisebbnek adódott mint tavasszal ( $3,54^\circ\text{C}$ ). Ősszel az élőhely hőmérséklet szempontjából még kedvezőbbnek tűnt ( $d_e = 2,90^\circ\text{C}$ ), a  $T_e$  értékek nagy része beleesik a  $T_{\text{set}}$ -tartományba. Fontos azonban megjegyezni, hogy a 2011-es évben ezen mérések idején még szokatlanul meleg, nyári idő volt, így a kapott eredmények nem feltétlenül reprezentálják megfelelően ennek az időszaknak az átlagos hőmérsékleti viszonyait.

A természetközeli élőhelyen tavasszal az operatív hőmérsékletek eloszlása, és így a  $d_e$  értéke is eléggé hasonló a békásmegyerihez ( $5,99^\circ\text{C}$ ). Nyáron szinte az összes  $T_e$  érték a preferált tartományon belülre esik, vagyis az élőhely hőmérséklet szempontjából kedvezőbb, mint tavasszal. Ez az alacsony  $d_e$ -n is látszik ( $3,00^\circ\text{C}$ ). Ősszel az operatív hőmérsékletek átlaga jóval a  $T_{\text{set}}$ -tartomány alatt van, a  $d_e$  is ennek megfelelően nagy ( $7,30^\circ\text{C}$ ), ez azonban nem jelenti, hogy az élőhelyen ilyenkor egyáltalán nem lehetséges a termoreguláció: egyes éppen napsütötte gyíkmodellek hőmérséklete igenis elérte, vagy akár meg is haladta a preferált tartomány értékeit.

A fentieket összefoglalva ki lehet jelteni, hogy a két vizsgált élőhely közül hőmérsékleti adottságok tekintetében ősszel a békásmegyeri habitat jobban kedvez a fali gyíkok számára, mint a pilisi, de ebből még nem következtetünk arra, hogy az urbanizált élőhelyek általában jobbak a természetközeliéknél, mivel ehhez számos egyéb tényezőt is figyelembe kell venni (pl. táplálékellátottság, ragadozók/vetélytársak jelenléte). Ezen kívül az élőhelytípusok különbözőségéről csak akkor vonhatunk le általános következtetéseket, ha mindegyikből többet is megvizsgálunk. Szembetűnő különbség, hogy a pilisi élőhely később éri el a gyíkok számára optimális hőmérsékleti értékeket, nyáron viszont tovább marad kedvező hőmérsékletű. Érdeemes lenne megvizsgálni, hogy okoz-e, és ha igen, mekkora különbséget a gyíkok éves aktivitási mintázatában, például a hibernáció kezdetének és végének, a párzásnak és a tojásrakásnak az időzítésében.

A békásmegyeri élőhelyen befogott aktív gyíkok testhőmérsékletei (átlag±szórás =  $33,0\pm 2,8^\circ\text{C}$ ) viszonylag szűk tartományban mozognak, ami eléggé hasonlít mind az AVERY (1978), mind a BRAÑA (1993) által mért adatokhoz. Ez szintén azt sejteti, hogy e nagy elterjedésű faj populációinak hőmérsékleti preferenciái alig mutatnak variabilitást (más taxonnál kimutatták: ANDREWS 1998). Az értékek nagy része minden évszakban jól láthatóan a teljes

napi aktivitás során belesik a  $T_{set}$ -tartományba, míg az operatív hőmérsékletek csak bizonyos napszak(ok)ban. Az alacsony  $d_b$  és magas  $E$  értékek – tavasszal  $0,24^\circ\text{C}$  és  $0,97$ , nyáron  $0,41^\circ\text{C}$  és  $0,88$ , ősszel  $0,15^\circ\text{C}$  és  $0,95$  –, csakúgy, mint a  $T_b$ -k  $T_e$ -khez viszonyított kicsi variabilitása, azt mutatják, hogy nagy pontosságú és hatékony hőszabályozóról van szó, ami egyébként a nyakörvösgyík-félékre általában jellemző sajátosság (CASTILLA et al. 1999). A megtermékenyített nőstények BRAÑA (1993) által kimutatott alacsonyabb testhőmérséklet iránti preferenciáját elegendő számú állat hiányában nem sikerült egyértelműen igazolni.

Mindhárom évszakban az adatok egy kisebb, de azért nem jelentéktelen része a preferált tartomány fölé esik (3. ábra). Ennek egyik oka lehet az, hogy a  $T_{set}$ -tartomány a gyíkok esetlegesen megváltozott viselkedése miatt pontatlanul lett kimérve (ellentmond viszont ennek a BAUWENS et al. [1995] által kapott nagyon hasonló eredmény), például azért, mert a preferálnál kicsit magasabb testhőmérséklet fenntartása az állatok számára kisebb költséggel jár, mint az azon belüli, továbbá nincsenek még olyan káros következményei, amik feltétlenül indokolnák a pontosabb termoregulációt. A magasabb hőmérséklet a gyíkok fokozott aktivitásának következménye is lehet, hiszen a természetben számtalan ingerre kell reagálniuk, miközben a terráriumban elvileg a termoregulációra nem hatnak az élettanin kívüli kényszerek (HERTZ et al. 1993). Az alsó határ alá eső adatok alacsony száma viszont egyértelműen jelzi, hogy a  $T_{set}$ -tartománynál kisebb testhőmérsékleten tevékenykedni kevésbé kedvező, mint a preferencia-szélőértékek közöttin.

Az urbanizált élőhelyen minden évszakban sikerült kimutatni bimodális aktivitást egy délelőtti és egy délutáni csúccsal, a kettő között a túl magas környezeti hőmérséklet miatt az állatok nagy része inkább alacsonyabb hőmérsékletű bűvőhelyén tartózkodott (4. ábra). A Pilisben csak tavasszal volt bimodális az aktivitási mintázat, nyáron és ősszel a délutáni csúcs a Nap alacsonyabb járása és az élőhely északkelet–délkeleti kitétsége miatt elmaradt, utóbbi miatt volt feltételezhető az is, hogy 16 óra után már csak elvétve sikerült 1–2 egyedet megfigyelni (5. ábra), míg a déli kitétséggű urbanizált habitatban 17 óra után is számos észlelés történt.

Összehasonlításképpen elmondható, hogy mindkét élőhelyen tipikus, mérsékelt övi ektoterm állatokra jellemző mintázatokat (ADOLPH & PORTER 1993) kaptunk, valamint hogy az aktivitási eredmények is a békásmegyeri élőhely kedvezőbb voltát bizonyítják a faj számára a pilisivel szemben. A jobb hőmérsékleti adottságokon kívül több egyéb tényező is okozhatja ezt, így például a potenciális ragadozók vagy versenytársak kisebb száma.

A fali gyík a hazai herpetofauna fajai közül egyedülálló hatékonysággal volt képes hasznot húzni az ember térhódításából. Nappal aktív, pontos és hatékony, helioterm hőszabályozóként eredetileg a nyílt, sziklás élőhelyekhez kötődik. Urbanizált populációinak egyedsűrűsége a természetes helyeken élőknél jóval nagyobb lehet, ráadásul a városi élőhely hőmérsékleti adottságai a hűvösebb évszakokban jobban kedvezhetnek a hatékony hőszabályozásnak. A fali gyík mindezek alapján igazi kultúrakövető, szünantróp fajnak tekinthető, és a faj mai elterjedési területének kialakulásához történelmi távlatban hozzájárulhattak az ember által létrehozott új élőhelyek is.

**Köszönetnyilvánítás.** KOVÁCS TIBOR és TÖRÖK JÁNOS a kísérlettervezésben és a logisztikában nyújtott segítséget és hasznos javaslatokat tettek a kézirat egy korábbi változatához, melyek nagy részét megfogadtuk. A mérésekhez szükséges eszközöket a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egye-

sület Kétéltű- és Hüllővédelmi Szakosztálya biztosította. A Pilisi Parkerdő Zrt. a vizsgálatok idejére rendelkezésünkre bocsátotta a királykúti vadászházat és hozzájárult az erdészeti utak használatához. A gyíkok befogását a Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügye-  
léség 17843–2/2011 számú engedélye tette lehetővé.

## Irodalomjegyzék

- ADOLPH, S. C. & PORTER, W. P. (1993): Temperature, activity, and lizard life histories. *American Naturalist* 142: 273–295.
- ANDREWS, R. M. (1998): Geographic variation in field body temperature of Sceloporus lizards. *Journal of Thermal Biology* 23(6): 329–334.
- ANGILLETTA, M. J. (2009): *Thermal adaptation. A theoretical and empirical synthesis*. Oxford University Press, Oxford, 290 pp.
- AVERY, R. A. (1978): Activity patterns, thermoregulation and food consumption in two sympatric lizard species (*Podarcis muralis* and *P. sicula*) from central Italy. *Journal of Animal Ecology* 47: 143–158.
- BAKKEN, G. S. (1992): Measurement and application of operative and standard operative temperatures in ecology. *American Zoologist* 32: 194–216.
- BAUWENS, D., CASTILLA, A. M., VAN DAMME, R. & VERHEYEN, R. F. (1990): Field body temperatures and thermoregulatory behaviour of the high altitude lizard, *Lacerta bedriagae*. *Journal of Herpetology* 24(1): 88–91.
- BAUWENS, D., GARLAND JR., T., CASTILLA, A. M. & VAN DAMME, R. (1995): Evolution of sprint speed in lacertid lizards: morphological, physiological and behavioral covariation. *Evolution* 49(5): 848–863.
- BLIGH, J. & JOHNSON, K. G. (1973): Glossary of terms for thermal physiology. *Journal of Applied Physiology* 35(6): 940–961.
- BRAÑA, F. (1993): Shifts in body temperature and escape behaviour of female *Podarcis muralis* during pregnancy. *Oikos* 66, 216–222.
- CASTILLA, A. M., VAN DAMME, R. & BAUWENS, D. (1999): Field body temperatures, mechanisms of thermoregulation and evolution of thermal characteristics in lacertid lizards. *Natura Croatica* 8(3): 253–274.
- CHRISTIAN, K. A. (1998): Thermoregulation by the short-horned lizard (*Phrynosoma douglassi*) at high elevation. *Journal of Thermal Biology* 23(6): 395–399.
- DIEGO-RASILLA, F. J. (2003): Human influence on the tameness of wall lizard, *Podarcis muralis*. *Italian Journal of Zoology* 70: 225–228.
- GASC, J. P., CABELA, A., CRNOBRNJIA-ISAILOVIC, J., DOLMEN, D., GROSSENBACHER, K., HAFFNER, P., LESCURE, J., MARTENS, H., MARTINEZ RICA, P. J., MAURIN, H., E. OLIVEIRA, M., SOFIANIDOU, T. S., VEITH, M. & ZUIDERWIJK, A. (eds) (1997): *Atlas of amphibians and reptiles in Europe*. Collection Patrimoines Naturels 29, Societas Europaea Herpetologica, Muséum National d'Histoire Naturelle & Service du Patrimoine Naturel, Paris, 496 pp.
- GVOŽDÍK, L. (2002): To heat or to save time? Thermoregulation in the lizard *Zootoca vivipara* (Squamata: Lacertidae) in different thermal environments along an altitudinal gradient. *Canadian Journal of Zoology* 80: 479–492.

- HERCZEG, G., HERRERO, A., SAARIKIVI, J., GONDA, A., JÄNTTI, M. & MERILÄ, J. (2008): Experimental support for the cost–benefit model of lizard thermoregulation: the effects of predation risk and food supply. *Oecologia* 155: 1–10.
- HERCZEG, G., KOVÁCS, T., HETTYEY, A. & MERILÄ, J. (2003): To thermoconform or thermoregulate? An assessment of thermoregulation opportunities for the lizard *Zootoca vivipara* for the subarctic. *Polar Biology* 26: 486–490.
- HERTZ, P. E., HUEY, R. B. & STEVENSON, R. D. (1993): Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: the fallacy of the inappropriate question. *American Naturalist* 142: 796–818.
- HUEY, R. B. & SLATKIN, M. (1976): Cost and benefits of lizard thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology* 51: 363–384.
- MATHIES, T. & ANDREWS, R. M. (1997): Influence of pregnancy on the thermal biology of the lizard *Sceloporus jarrovi*: why do pregnant females exhibit low body temperatures? *Functional Ecology* 11: 498–507.
- RISMILLER, P. D. & HELDMAIER, G. (1982): The effect of photoperiod on the temperature selection in the European Green Lizard, *Lacerta viridis*. *Oecologia* 53: 222–226.
- RISMILLER, P. D. & HELDMAIER, G. (1988): How photoperiod influences body temperature in *Lacerta viridis*. *Oecologia* 75: 125–131.
- ROBERT, K. A., THOMPSON, M. B. & SEEBACHER, F. (2006): Thermal biology of a viviparous lizard with temperature-dependant sex determination. *Journal of Thermal Biology* 31: 292–301.
- ROCK, J., CREE, A. & ADREWS, R. M. (2002): The effect of reproductive condition on thermoregulation in a viviparous gecko from a cool climate. *Journal of Thermal Biology* 27: 17–27.
- SHOCHAT, E., WARREN P. S., FAETH, S. H., MCINTYRE, N. E. & HOPE, D. (2006): From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 21(4): 186–191.
- STEVENSON, R. D. (1985): The relative importance of behavioural and physiological adjustments controlling body temperature in terrestrial ectotherms. *The American Naturalist* 126(3): 262–266.
- VAN DAMME, R., BAUWENS, D. & VERHEYEN, R. F. (1987): Thermoregulatory responses to environmental seasonality by the lizard *Lacerta vivipara*. *Herpetologica* 43(4): 405–415.
- WALSBERG, G. E. & WOLF, B. O. (1996): A test of the accuracy of operative temperature thermometers for studies of small ectotherms. *Journal of Thermal Biology* 21: 275–281.

internetes forrás:

Országos Kétlábú- és Hüllőtérképezés; [herpterkep.mme.hu/terkepek.php](http://herpterkep.mme.hu/terkepek.php) (térkép letöltésének dátuma: 2012. március 27.)

## Activity and thermoregulatory behaviour of the common wall lizard (*Podarcis muralis* LAURENTI, 1768) in urban and natural habitats

FERENC BÁDY & BALÁZS VÁGI

Department of Systematic Zoology and Ecology, Eötvös Loránd University,  
Pázmány Péter sétány 1/c, H-1117 Budapest, Hungary. E-mail: [bi.vagi@gmail.com](mailto:bi.vagi@gmail.com)

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2012) 97(1): 15–29.

**Abstract.** The common wall lizard (*Podarcis muralis* LAURENTI, 1768) is the most abundant reptile species in the urban environments of Hungary. Like other lacertids, it is an effective heliothermic thermoregulator, which prefers sunny, open surfaces. This type of habitat could be found in higher numbers in cities and suburbs than in the natural environment of the species, which are rocky outcrops in hilly landscapes. In our research we compared the activity, thermoregulatory behaviour and thermal environment of common wall lizards in an urban and a close-to-natural habitat during three seasons. Thermal preferences of the lizards were measured in a laboratory thermal gradient. Available body temperatures in the field (operative temperatures) were estimated using a digital contact thermometer and hollow copper pipe lizard models. Actual field body temperatures were also measured in captured lizard specimens. The activity of lizards was observed during three days in both habitats in three seasons. According to our results the thermal quality of the two habitats are similar, however, the actual patterns of daily temperature changes are different, and there is great difference between seasons as well. The lizards living in urban environment proved to be efficient and accurate thermoregulators in each season. Population density was higher in the urban habitat, but the activity period was similar between the habitats. Urban environment had a better thermal quality in autumn, but not in the other parts of the year. Higher population density in the urban habitat could be caused by other than thermal factors, such as better food supply or decreased number of competitors and predators.

**Keywords:** reptile, ectoterm, operative temperature, seasons, exposure.