



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΗΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θερμική βιολογία και οικονομία νερού σε νησιωτικούς πληθυσμούς
της αιγαιόσαυρας, *Podarcis erhardii*.



Παπαδάκη Καλλιρρόη
Α.Μ. : 1113201200093

Υπεύθυνος Καθηγητής: Παναγιώτης Παφίλης
Αθήνα 2017

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλα τα άτομα που συνέβαλαν στην εκπόνηση της εργασίας αυτής. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή και επίκουρο καθηγητή κύριο Παναγιώτη Παφίλη για την πολύτιμη βοήθεια του κατά την διάρκεια της διεξαγωγής της εργασίας καθώς και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον Γρηγόρη Καψάλα για την πολύτιμη βοήθεια του στην στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και την συνολική καθοδήγηση και βοήθεια καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Ευχαριστώ πολύ τον Καθηγητή Shai Meiri και τον Dr. Yuval Itescu του Πανεπιστημίου του Τελ Αβίβ οι οποίοι συνέβαλαν στις δειγματοληψίες και τη σύλληψη των ζώων. Τέλος, θα ήθελα να ευχαρισήσω τους φίλους μου και την οικογένειά μου για την υποστήριξη τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	4
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1. Η σπουδαιότητα της θερμοκρασίας.....	5
1.2. Σχέση ενδοθερμίας-εξωθερμίας.....	5
1.3 Θερμορύθμιση.....	6
1.3.1. Βασικές αρχές.....	7
1.3.2. Παράγοντες θερμορύθμισης.....	9
1.3.3. Παράγοντες ενδοναπιδματος.....	10
1.4 Θερμικές παράμετροι.....	11
1.4.1 Θερμοκρασίες Σώματος.....	11
1.4.2. Επιλεγόμενο Εύρος Θερμοκρασιών	11
1.4.3. Λειτουργικές Θερμοκρασίες	12
1.4.4 Η μέθοδος Hertz.....	13
1.5. Η σπουδαιότητα της υγρασίας.....	14
1.6. Το μελετώμενο είδος	15
1.6.1 Οικογένεια <i>Lacertidae</i> , Γένος <i>Podarcis</i>	15
1.6.2. Είδος <i>Podarcis erhardii</i>	16
1.7. Στόχος της παρούσης εργασίας.....	18
2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	19
2.1. Περιοχές δειγματοληψίας.....	19
2.2. Σχεδιασμός της εργασίας.....	20
2.3. Πειραματική διαδικασία.....	21
2.4. Στατιστική επεξεργασία.....	23

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	24
3.1. Θερμοκρασιακά Δεδομένα	24
3.1.1. Επιλεγόμενο εύρος θερμοκρασιών (Tset).....	24
3.1.2 Σύγκριση Πληθυσμών	24
3.1.3. Επίδραση Μάζας και SLV	25
3.2 Απώλειες Νερού.....	25
3.2.1 Συσσωρευμένη Απώλεια Νερού.....	26
3.2.2 Σύγκριση Πληθυσμών	27
3.2.3 Επίδραση SVL.....	27
3.2.4 Στιγμαία Απώλεια Νερού.....	28
3.2.5 Σύγκριση Πληθυσμών	29
3.2.6 Επίδραση SVL.....	30
 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	 30
4.1 Θερμική Οικολογία.....	30
4.2 Απώλειες Νερού.....	32
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	 33

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι σαύρες, ως εξώθερμες, είναι υποχρεωμένες να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία τους, και συνεπώς την απόδοση των βιοχημικών διεργασιών, βάσει της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Από τις πλέον βασικές παραμέτρους είναι οι επιλεγόμενες θερμοκρασίες (T_{pref}), οι θερμοκρασίες δηλαδή που επιλέγουν οι οργανισμοί σε βέλτιστες συνθήκες. Σημαντικές επίσης είναι οι απώλειες νερού μέσω εξάτμισης (EWL), που συχνά ορίζουν την κατανομή των ζώων. Στην παρούσα εργασία εκτιμήθηκαν οι T_{pref} και οι EWL σε επτά πληθυσμούς της αιγαιόσαυρας (*Podarcis erhardii*) από τη νησιωτική (Μύκονος, Τήνος, Σχοινούσα, Φολέγανδρος, Άνδρος, Ίος) και την ηπειρωτική χώρα (Πάρνηθα). Οι T_{pref} μετρήθηκαν σε ειδική διάταξη στο εργαστήριο με ικανό εύρος θερμοκρασιών (12-50°C). Υπολογίστηκαν επίσης η συσσωρευμένη απώλεια νερού (EWLa) ανά ώρα, μέγεθος που παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη συνολική εξάτμιση νερού και η στιγμιαία απώλεια νερού (EWLi), που απεικονίζει τα πρότυπα απώλειας νερού στο χρόνο. Οι θερμικές προτιμήσεις διέφεραν σημαντικά. Οι T_{pref} στα νησιά είναι χαμηλότερες από τη χέρσο. Επιπρόσθετα, διαφορές υπάρχουν και μεταξύ Άνδρου και Τήνου. Πιθανή αιτία αυτών των διαφοροποιήσεων μπορεί να είναι η γεωγραφική θέση, το υψόμετρο και το κλίμα. Ως προς τις EWL παρατηρήθηκε πως δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το μέγεθος σώματος δεν φαίνεται να έχει καμία επίδραση.

Λέξεις κλειδιά: θερμική βιολογία, απώλειες νερού, νησιωτισμός, σαύρες, Κυκλάδες, αιγαιόσαυρα

ABSTRACT

Lizards, being ectothermic, have to regulate their temperature and the efficiency of the biochemical procedures according to the environmental temperatures. The preferred temperatures (T_{pref}) that animals achieved under no ecological constraints are among the most important thermal parameters. Another crucial factor is evaporative water loss (EWL) that may define species distribution. Here we assessed T_{pref} and EWLs in seven insular (Mykonos, Tinos, Schinoussa, Folegandros, Andros, Ios) and mainland (Parnitha) populations of the Aegean wall lizard (*Podarcis erhardii*). T_{pref} were recorded in a specially designed thermal gradient (12-50°C). We also estimated the accumulative water loss (EWLa) per hour that provides information regarding the

global water evaporation and the instantaneous water loss (EWLi) describing evaporative patterns through time. T_{pref} differed considerably. Insular populations achieved lower T_{pref} than the mainland one. Furthermore, we found differences between Andros and Tinos. These divergences should be attributed to the differences in geography, altitude and climate. EWL were similar among all populations. Body size had no significant effect on either focal trait.

Key- words: thermal biology, water loss, insularity, lizards, Cyclades, *Podarcis erhardii*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η σπουδαιότητα της θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία αποτελεί τον σημαντικότερο αβιοτικό παράγοντα για τη βιολογία των ερπετών (*Heatwole, 1976*). Είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει τις φυσιολογικές, οικολογικές και βιοχημικές διεργασίες του οργανισμού όπως η πέψη, ο ρυθμός ανάπτυξης, η κίνηση, η αναπαραγωγή και η ικανότητα θήρευσης (*Huey, 1982*). Συνεπώς οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας είναι σημαντικό να διατηρούνται σε στενά όρια. Σε αντίθεση με τα θηλαστικά και τα πτηνά των οποίων η θερμοκρασία εμφανίζει μικρή διακύμανση και ρυθμίζεται μέσω του οξειδωτικού μεταβολισμού (ενδοθερμία), τα ερπετά επιβιώνουν σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, ανταλλάσσοντας θερμότητα με το άμεσο περιβάλλον τους (εξωθερμία). Τα ερπετά, εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις, δεν διαθέτουν τη φυσιολογική ικανότητα αύξησης της θερμοκρασίας σώματος πάνω από αυτή του περιβάλλοντος, εξαιτίας των πολύ χαμηλών μεταβολικών ρυθμών και της υψηλής θερμικής τους αγωγιμότητας (*Bartholomew, 1982*). Σημαντικό ποσοστό της δραστηριότητας των ερπετών αφιερώνεται στη ρύθμιση της θερμοκρασίας και στη διατήρηση της σε ευνοϊκά για την επιβίωση επίπεδα. Συνεπώς, δεν νοείται ολοκληρωμένη προσέγγιση της φυσιολογίας των ερπετών χωρίς την μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας.

1.2 Σχέση ενδοθερμίας-εξωθερμίας

Οι απόψεις σχετικά με τη σχέση ενδοθερμίας-εξωθερμίας ποικίλουν, με κυριότερη αυτή που υποστηρίζει την προέλευση της ενδοθερμίας από την εξωθερμία, μία άποψη που δεν είναι πλήρως αποδεκτή. Η θεωρία υποστηρίζει πως οι μηχανισμοί παραγωγής θερμότητας στο εσωτερικό του σώματος στα ενδόθερμα εξελίχθηκαν από τα προγονικά εξώθερμα ερπετά. Παρόλα αυτά η εξωθερμία σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να

θεωρηθεί ξεπερασμένη καθώς παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, ενώ παράλληλα η ανατομία και η φυσιολογία των εξώθερμων είναι εξίσου σύνθετη με αυτή των ενδόθερμων.

1.3 Θερμορύθμιση

1.3.1 Βασικές αρχές

Η θερμορύθμιση είναι μια ενεργητική διαδικασία κατά την οποία τα ερπετά προσπαθούν να διατηρήσουν τη θερμοκρασία τους σε ένα επιθυμητό, στενό συνήθως, εύρος, παρά τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (Huey, 1982 Rough & Gans, 1982). Η διαδικασία αυτή βασίζεται στην εκμετάλλευση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (για παράδειγμα ηλιακή ακτινοβολία, αγωγή από το υπόστρωμα) και πραγματοποιείται κυρίως μέσω συμπεριφορικών μηχανισμών (Cowles & Bogert, 1944). Σε μικρότερο βαθμό φαίνεται να συμμετέχουν και φυσιολογικοί μηχανισμοί (Bartholomew, 1982).

Η ανίχνευση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος από τα ερπετά είναι πολύ σημαντική καθώς η εκμετάλλευση διαφορετικών μικροπεριβάλλοντων απαιτεί σύγκριση μεταξύ περιβαλλοντικών και εσωτερικών θερμοκρασιών. Μελέτες έχουν δείξει πως οι σαύρες έχουν δερμική και υποθαλαμική θερμοευαισθησία και πως το δέρμα των εξώθερμων είναι ευαίσθητο σε μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (Bicego et al, 2007). Επιπλέον, η επίφυση πιθανόν δρα ως αισθητήρας θερμότητας στα ερπετά (Seebacher & Franklin, 2005). Στην περίπτωση ανίχνευσης θερμοκρασιακών μεταβολών από τον υποθάλαμο, αν η θερμοκρασία είναι κάτω από τα επιθυμητά όρια, οι ψυχροευαίσθητοι αισθητήρες ενεργοποιούν τις κατάλληλες θερμορυθμιστικές διαδικασίες ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του σώματος. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία είναι πάνω από τα επιθυμητά όρια, θα ενεργοποιηθεί η ακριβώς αντίστροφη σειρά αντιδράσεων από τους θερμοευαίσθητους αισθητήρες.

Οι μηχανισμοί συμπεριφοράς που χρησιμοποιούν τα ερπετά για την θερμορύθμιση περιλαμβάνουν μετακινήσεις ανάμεσα σε διαφορετικά μικροενδιαιτήματα (Hertz & Huey, 1981 Adolph, 1990 Bauwens et al., 1996), επιλογή καταφυγίων (Kearney & Predavec, 2000), αλλαγές στο χρόνο δραστηριότητας (Huey & Pianka, 1977 Hertz &

Huey, 1981 Van Damme et al., 1989 Bauwens et al., 1996), προσαρμογή της συχνότητας και της διάρκειας έκθεσης στον ήλιο (Van Damme et al., 1989), καθώς και του προσανατολισμού του σώματος τους (Bauwens et al., 1996 Kearney & Predavec, 2000). Όταν η θερμοκρασία του σώματος είναι κάτω από το όριο που επιτρέπει τη φυσιολογική δραστηριότητα, οι σαύρες προσανατολίζουν το σώμα τους σε κατάλληλες γωνίες με τις ακτίνες του ήλιου, μεγιστοποιώντας την έκθεση τους, και αναζητούν επικλινείς επιφάνειες ώστε να επιτύχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό του σώματος. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται έως το ανώτερο όριο ανοχής, στρέφονται με το κεφάλι προς τον ήλιο προκειμένου να εξασφαλίσουν την ελάχιστη δυνατή έκθεση ή επιστρέφουν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες πηγαίνοντας σε σκιερά σημεία ή σε λαγούμια κάτω από το έδαφος (Bogert, 1959). Φαίνεται πως η έκθεση στον ήλιο αποτελεί τον κυρίαρχο μηχανισμό πρόσληψης θερμότητας από τα μέλη της οικογένειας *Lacertidae*, ενώ οι μεταβολές στη στάση του σώματος δεν είναι τόσο κοινές σε αυτά τα είδη (Castilla et al, 1999).

Όσον αφορά τη διάρκεια της δραστηριότητας μέσα στο χρόνο, έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί τον πλέον σημαντικό μηχανισμό θερμορύθμισης μέσω της συμπεριφοράς. Το πρότυπα δραστηριότητας ακολουθούν την εποχιακή διακύμανση. Οι εποχιακές τροποποιήσεις αφορούν την διάρκεια που τα ζώα παραμένουν ενεργά, τον αριθμό και τις ηλικιακές ομάδες των ζώων που δραστηριοποιούνται καθώς και το χρόνο εμφάνισης των ζώων, επιφέροντας μεταβολές στο πρότυπο διαβίωσης (Παφίλης, 2003). Η μεταβολή της δραστηριότητας ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες αποτελεί εκτός από εποχιακό φαινόμενο και ημερήσιο. Για τα Μεσογειακά είδη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, έχουν παρατηρηθεί δυο φάσεις μέγιστης δραστηριότητας κατά την διάρκεια της ημέρας. Η πρώτη εντοπίζεται κατά την ανατολή του ήλιου ενώ η δεύτερη το απόγευμα. Κατά τη διάρκεια του μεσημεριού παρατηρείται μια φάση ελάχιστης δραστηριότητας. Όμως, το γεγονός πως οι σαύρες δεν γίνονται αντιληπτές κατά τις μεσημεριανές ώρες δεν σημαίνει ότι δεν είναι ενεργές, αντιθέτως, βρίσκονται σε σκιερό σημείο και παραμένουν σε πλήρη εγρήγορση αναζητώντας τροφή (Castilla et al, 1999). Η επιλογή της ώρας κατά την οποία το ζώο είναι ενεργό είτε αφορά τους ημερήσιους, είτε τους εποχιακούς ρυθμούς, φαίνεται να είναι η πιο καθοριστική επιλογή συμπεριφοράς για τον καθορισμό της θερμοκρασίας του σώματος (Stevenson, 1985).

Επιπροσθέτως, έχει παρατηρηθεί πως τα ερπετά μπορούν να ελέγξουν τον ρυθμό μεταφοράς θερμότητας μεταξύ του περιβάλλοντος και του σώματός τους μέσω μεταβολών της περιφερικής κυκλοφορίας και του καρδιακού ρυθμού. Έχει επίσης παρατηρηθεί αύξηση της δερμικής κυκλοφορίας κατά τη θέρμανση και μείωσή της κατά το πάγωμα του ατόμου σε πολλά είδη ερπετών. Ο μηχανισμός αυτός έχει μεγάλη οικολογική σημασία καθώς μειώνεται το συμπεριφορικό κόστος της θερμορύθμισης και επιτρέπει στο ζώο να διατηρήσει τη θερμοκρασία του σώματος στα επιθυμητά όρια για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Έχει παρατηρηθεί πως οι προσταγλανδίνες παίζουν σημαντικό ρόλο στον έλεγχο του καρδιακού ρυθμού κατά τη θερμορύθμιση (Seebacher & Franklin, 2005).

Όπως είναι αναμενόμενο, η διαδικασία της θερμορύθμισης εμπεριέχει και κάποιο κόστος, το οποίο ανάλογα με την οικολογική και θερμική ποιότητα του περιβάλλοντος μπορεί να είναι αρκετά υψηλό. Μπορεί να συνεπάγεται απώλεια ενέργειας για τη μετακίνηση στο κατάλληλο μικροενδιαίτημα, απώλεια χρόνου που θα μπορούσε να αφιερωθεί σε αναζήτηση τροφής και αναπαραγωγή, αλλά και έκθεση σε πιθανούς θηρευτές (Huey & Slatkin, 1976). Συμπεραίνουμε λοιπόν πως οι βέλτιστες φυσιολογικές θερμοκρασίες δεν ταυτίζονται απαραίτητα με τις οικολογικά βέλτιστες.

1.3.2 Παράγοντες θερμορύθμισης

Ο βαθμός στον οποίο επιτυγχάνεται η θερμορύθμιση σε ένα ερπετό, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αντικατοπτρίζει την θερμική και οικολογική ποιότητα του περιβάλλοντος καθώς επηρεάζεται από παράγοντες, όπως κλιματολογικές συνθήκες, θερμική ετερογένεια, διαθεσιμότητα τροφής και καταφυγίων και παρουσία θηρευτών και ανταγωνιστών (Huey & Slatkin, 1976 Huey, 1982). Παράλληλα, εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, η αναπαραγωγική κατάσταση (Van Damme et al., 1986), αλλά και το μέγεθος του σώματος και η φυλογενετική του ιστορία (Huey, 1982). Η σχετική σημασία των παραγόντων μπορεί να διαφέρει εποχιακά. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην διαφορετική εποχιακή διαθεσιμότητα των παραγόντων που επηρεάζουν την θερμορύθμιση (Zamora-Camacho et al., 2012).

Υπάρχουν είδη που δεν ρυθμίζουν την θερμοκρασία τους ενεργητικά, αλλά ακολουθούν την θερμοκρασία του περιβάλλοντος (θερμοσυμμορφωτές) και είδη που τη ρυθμίζουν ενεργητικά και με ακρίβεια (θερμορυθμιστές). Οι περιπτώσεις αυτές

είναι τα άκρα μιας σειράς θερμορυθμιστικών στρατηγικών που υιοθετούν τα διάφορα είδη (Avery, 1982). Ο βαθμός στον οποίο οι σαύρες θερμορυθμίζουν μπορεί να διαφέρει μεταξύ των πληθυσμών ενός είδους ανάλογα με τους διαφορετικούς βióτοπους στους οποίους εντοπίζονται.

Συνοψίζοντας, οι σαύρες όταν έρχονται αντιμέτωπες με χρονικές ή τοπικές μεταβολές του θερμικού περιβάλλοντος παρουσιάζουν συγκεκριμένες αποκρίσεις. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει άμεσες προσαρμογές με συμπεριφορικές αποκρίσεις. Αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την αντιμετώπιση παροδικών μεταβολών της θερμοκρασίας αλλά με αποτελεσματικότητα που περιορίζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

1.3.3. Παράγοντες ενδιαιτήματος

Οι σαύρες εμφανίζουν μεγαλύτερη ποικιλία θερμορυθμιστικών συμπεριφορών σε σχέση με άλλα ερπετά. Παραδείγματος χάρη για τα είδη που ζουν σε ανοιχτά και ηλιόλουστα ενδιαιτήματα το κόστος θερμορύθμισης είναι συνήθως χαμηλό. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη σειρά των διαφορετικών θερμικών συνθηκών που παρέχει το ενδιαίτημα και το άτομο μπορεί να εκμεταλλευτεί. Οι πλευρές των βράχων που εκτίθενται στον ήλιο αποτελούν πηγές υπέρυθρης θερμότητας, ενώ οι σκιερές που είναι δροσερές δίνουν στη σαύρα την δυνατότητα αποβολής θερμότητας. Οι αραιές συστάδες βλάστησης παρέχουν σκιά που επιτρέπει στο ζώο να αποφύγει την άμεση έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώ σκαρφαλώνοντας στα φυτικά είδη αποκτά πρόσβαση σε δροσερότερο αέρα (Pough et al., 1998).

Άλλοι βióτοποι, δεν παρέχουν αντίστοιχες πηγές θερμότητας με αποτέλεσμα το κόστος της θερμορύθμισης να είναι υψηλό. Τέτοιο παράδειγμα βιοτόπου αποτελεί ένα πυκνό δάσος. Το φώς του ήλιου διεισδύει στην κόμη των δέντρων μονάχα κατά τόπους και συνεπώς η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι αρκετά χαμηλή και ομοιογενής κατά το μεγαλύτερο μέρος του ενδιαιτήματος. Οι σαύρες δυσκολεύονται να εντοπίσουν τις πηγές θερμότητας που υπάρχουν στα ανοιχτά ενδιαιτήματα και συχνά αναγκάζονται να απομακρυνθούν από την επικράτεια τους, ρισκάροντας την έκθεση σε θηρευτές (Pough et al., 1998).

Επιπροσθέτως, οι κλιματικές συνθήκες ενός βιοτόπου εξαρτώνται από το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο βρίσκεται. Σε αρκετές περιπτώσεις οι πληθυσμοί

που εντοπίζονται σε μεγάλα υψόμετρα ή/και γεωγραφικά πλάτη εμφανίζουν χαμηλότερη και με μεγαλύτερο εύρος διακύμανσης θερμοκρασία σώματος από εκείνους στα χαμηλά υψόμετρα ή/και γεωγραφικά πλάτη (Gvozdić, 2002).

1.4 Θερμικές παράμετροι

Προκειμένου να περιγραφεί η θερμική βιολογία ενός εξώθερμου οργανισμού, χρησιμοποιούνται ως παράμετροι α) η θερμοκρασία σώματος (T_b), β) οι λειτουργικές θερμοκρασίες (T_e) και γ) οι επιλεγόμενες θερμοκρασίες (T_{set}) (Hertz et al. 1993).

Οι θερμοκρασίες σώματος μπορούν να θεωρηθούν αποτέλεσμα του συμβιβασμού μεταξύ «της θερμικής ουτοπίας», που είναι οι επιλεγόμενες θερμοκρασίες και αντιπροσωπεύουν τη θερμορύθμιση κάτω από ιδανικές συνθήκες και των περιβαλλοντικών περιορισμών που περιγράφονται από τις λειτουργικές θερμοκρασίες, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την παθητική θερμορύθμιση με την ελάχιστη ακρίβεια (Sagonas et al., 2013).

1.4.1 Θερμοκρασίες Σώματος (Body Temperatures, T_b)

Αποτελούν τις θερμοκρασίες που επιτυγχάνει μια ενεργή σαύρα στο φυσικό της περιβάλλον (Pough & Gans, 1982). Μετρώνται είτε με τηλεμετρία (radiotelemetry), είτε με μέτρηση της θερμοκρασίας της αμάρας με θερμόμετρο, κατά τη σύλληψη του ατόμου στο πεδίο (Hertz et al., 1993).

1.4.2 Επιλεγόμενο Εύρος Θερμοκρασιών (Set-Point Temperature Range, T_{set})

Ως επιλεγόμενο εύρος θερμοκρασιών ορίζονται οι θερμοκρασίες σώματος που δυνητικά θα επιτύγχαναν τα άτομα, εάν στο πεδίο δεν υπήρχε κανένας βιοτικός ή φυσικός περιορισμός (Licht et al., 1966). Αποτελεί το εύρος των θερμοκρασιών σώματος, μέσα στο οποίο οι περισσότερες φυσιολογικές λειτουργίες επιτελούνται στο βέλτιστο βαθμό (Angilletta et al., 2002). Καθώς οι επιλεγόμενες θερμοκρασίες δεν είναι δυνατό να καταγραφούν στο πεδίο (οι συνθήκες που απαιτούν είναι ανέφικτες), μετρώνται σε εργαστηριακές συνθήκες, όπου με κατάλληλες διατάξεις προσφέρεται στα άτομα η δυνατότητα να επιλέξουν την θερμοκρασία την οποία επιθυμούν. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιούνται ειδικά διαμορφωμένα terraria

(Zamora-Camacho et al., 2012), σύνθετες θερμικές αρένες (Greenberg, 1976), καθώς και διάδρομοι θερμοκρασιακής κλίσης (Licht et al., 1966).

Το Tset υπολογίζεται ως το κεντρικό 50% (Scheers & Van Damme, 2002 Clusella-Trullas et al., 2007) ή 68% (DeWitt & Friedman, 1979) ή 80% (Bauwens et al., 1996) των τιμών θερμοκρασίας που επιλέγει το άτομο στον κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο.

Το επιλεγόμενο εύρος θερμοκρασιών είναι χαρακτηριστικό ενός πληθυσμού χωρίς να είναι απαραίτητα σταθερό. Μπορεί να μεταβάλλεται ανά εποχή (Huey, 1982 Van Damme et al., 1986 Christian & Bedford, 1995 Díaz et al., 2006) και να εξαρτάται από την ηλικία, το φύλο, καθώς και την φυσιολογική και ορμονική κατάσταση της σαύρας (Huey, 1982).

1.4.3 Λειτουργικές Θερμοκρασίες (Operative Temperatures, T_e)

Ως λειτουργικές θερμοκρασίες ορίζονται οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται σε ένα αντικείμενο του ίδιου μεγέθους, σχήματος και αντανακλαστικότητας, που τοποθετείται στις ίδιες συνθήκες με το μελετώμενο εξώθερμο ζώο (Pough et al., 1998).

Οι λειτουργικές θερμοκρασίες απεικονίζουν το θερμικό μωσαικό μιας περιοχής. Η καταμέτρηση μιας σειράς λειτουργικών θερμοκρασιών σε τυχαία σημεία ενός ενδιαιτήματος, παρέχει τη «μηδενική» κατανομή των θερμοκρασιών σώματος που θα είχαν τα άτομα αν δεν θερμορύθμιζαν (Christian & Tracy, 1985 Grant & Dunham, 1988 Huey, 1991 Hertz, 1992).

Η μέτρηση των λειτουργικών θερμοκρασιών μπορεί να γίνει είτε έμμεσα, με χρήση μικρομετεωρολογικών και ανατομικών δεδομένων σε σύνθετες βιοφυσικές εξισώσεις (Porter et al., 1973 Christian & Weavers, 1996), είτε άμεσα με διάφορους τύπους φυσικών μοντέλων που προσομοιάζουν το μελετώμενο οργανισμό, τα οποία αποκαλούνται «θερμόμετρα λειτουργικών θερμοκρασιών» (Bakken, 1992). Τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα φυσικά μοντέλα είναι είτε συμπαγή ή κούφια, μεταλλικά ή πλαστικά ομοιώματα, ίδια σε μέγεθος, χρώμα, στάση και θερμοχωρητικότητα με το μελετώμενο ζώο (Adolph, 1990 Hertz et al., 1993 Bauwens et al., 1996), είτε απλά κομμάτια χάλκινου σωλήνα συγκεκριμένης κάθε φορά διαμέτρου και μήκους, ανάλογα με το μελετώμενο είδος, βαμμένα με κατάλληλο

χρώμα που αποδίδει την αντανakλαστικότητα του ζώου (Díaz, 1997 Shine & Kearney, 2001 Hitchcock & Mc Brayer, 2006). Σε κάθε περίπτωση πάντως, στόχος είναι η όσο το δυνατόν πληρέστερη χαρτογράφηση της θερμικής μωσαϊκότητας του ενδιαιτήματος και για το λόγο αυτό συνήθως απαιτείται εκτεταμένη δειγματοληψία με σχετικά μεγάλο αριθμό μοντέλων (Hertz et al., 1993).

1.4.4 Εκτίμηση της θερμορύθμισης

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή μπορούν να υπολογιστούν οι παρακάτω δείκτες θερμορύθμισης (Hertz et al., 1993):

- **Variance Tb:** Η διακύμανση των θερμοκρασιών σώματος (Tb). Αποτελεί δείκτη της ακρίβειας (precision) της θερμορύθμισης (χαμηλή Variance Tb σημαίνει υψηλή ακρίβεια).
- **db (ή μέση db):** Η μέση απόλυτη απόκλιση μεταξύ των θερμοκρασιών σώματος (Tb) και του επιλεγόμενου εύρους θερμοκρασιών (Tset). Αποτελεί δείκτη της ευστοχίας (accuracy) με την οποία τα εξώθερμα ζώα επιτυγχάνουν θερμοκρασίες σώματος μέσα στα όρια του Tset. Δεν είναι όμως απαραίτητο ότι μια χαμηλή τιμή db (άρα υψηλή ευστοχία) συνεπάγεται ενεργητική θερμορύθμιση, ούτε ότι μια υψηλή τιμή db (χαμηλή ευστοχία) σημαίνει αδυναμία θερμορύθμισης.
- **de (ή μέση de):** Η μέση απόλυτη απόκλιση μεταξύ των λειτουργικών θερμοκρασιών (Te) και του επιλεγόμενου εύρους θερμοκρασιών (Tset). Αποτελεί δείκτη της θερμικής ποιότητας του περιβάλλοντος, δηλαδή του πόσο κοντά βρίσκονται οι διαθέσιμες λειτουργικές θερμοκρασίες στο Tset του ζώου (χαμηλή τιμή de υποδηλώνει υψηλή θερμική ποιότητα).
- **E=1-db /de :** Η αποτελεσματικότητα (effectiveness) της θερμορύθμισης. Γενικά ισχύει $0 < E < 1$. Η τιμή του E θα προσεγγίζει το μηδέν στην ακραία περίπτωση της θερμοσυμμόρφωσης, δηλαδή όταν τα ζώα δεν θερμορυθμίζουν ενεργητικά, ενώ θα προσεγγίζει το 1 στην ακραία περίπτωση της τέλει θερμορύθμισης. Αρνητικές τιμές του E υποδηλώνουν ότι τα ζώα σκοπίμως αποφεύγουν τα μικροενδιαιτήματα με Te μέσα στο Tset, πιθανόν για αποφυγή θηρευτών ή λόγω απουσίας τροφής στις συγκεκριμένες περιοχές.

Η μέθοδος των Hertz et al., (1993) στηρίζεται στην παραδοχή ότι ο γενικός κανόνας συμπεριφοράς θέλει τα δραστήρια ζώα να διατηρούν τη θερμοκρασία σώματός τους μέσα στο επιλεγόμενο εύρος θερμοκρασιών, όποτε αυτό είναι εφικτό. Θα πρέπει όμως να αναφερθεί το γεγονός ότι έχουν παρατηρηθεί εξαιρέσεις σε αυτό τον κανόνα, π.χ. σαύρες που μεγιστοποιούν το χρόνο δραστηριότητας τους σε μία σταθερή θερμοκρασία σώματος, T_b , η οποία κατά τη διάρκεια κάποιων εποχών είναι χαμηλότερη από το επιλεγόμενο εύρος θερμοκρασιών, T_{set} (Hertz et al., 1993). Επίσης, η μέθοδος δεν μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά για μεγάλα ζώα καθώς και για μικρά ζώα που κινούνται γρήγορα μεταξύ ετερογενών θερμικών μικροενδιαιτημάτων, αφού στις περιπτώσεις αυτές οι λειτουργικές θερμοκρασίες δεν αντικατοπτρίζουν τις θερμοκρασίες που πραγματικά έχουν στη διάθεσή τους τα άτομα (Hertz et al., 1993 Christian et al., 2006).

1.5. Η σπουδαιότητα της υγρασίας

Αν και οι μελέτες για τη θερμική οικολογία των ερπετών κυριαρχούν στην έρευνα της οικοφυσιολογίας, άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες επίσης συσχετίζονται με την φυσιολογία και την οικολογία των σαυρών.

Αρκετές μελέτες δείχνουν ότι οι περιορισμοί του νερού είναι εξίσου σημαντικοί για την γεωγραφική κατανομή των ερπετών (Flatt et al. 2001). Ειδικότερα, οικολογικά μοντέλα του γένους *Podarcis* δείχνουν ότι η υγρασία μπορεί στην πραγματικότητα να είναι πιο καθοριστική από τη θερμοκρασία σε γεωγραφική κλίμακα (SA-Sousa 2000, Herkt 2007, Kaliontzopoulou et al. 2008, Sillero & Carretero 2013).

Από την άλλη πλευρά, τόσο τα θερμικά οικοφυσιολογικά χαρακτηριστικά όσο και αυτά που αφορούν την διατήρηση της υγρασίας μπορεί να συσχετίζονται (trade off) λόγω φυσικών περιορισμών. Θα ανέμενε κανείς πως σαύρες που επιλέγουν υψηλές θερμοκρασίες θα υποστούν μεγαλύτερη απώλεια νερού (WL) (Mautz 1982, Bowker 1993). Ως εκ τούτου ο περιορισμός στη διαθεσιμότητα του νερού μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στα πρότυπα δραστηριότητας, που μπορούν με τη σειρά τους να προκαλέσουν αλλαγές στη θερμοκρασία του σώματος (Andrews 1982, Adolph & Porter 1993, Lorenzon et al. 1999).

Οι απώλειες του νερού λόγω της εξάτμισης (evaporative water loss - EWL) πραγματοποιούνται κυρίως μέσω του δέρματος (δερμική απώλεια νερού) των χερσαίων ερπετών (*Shoemaker και Nagy, 1977 Mautz, 1982a*), αλλά και μέσω των αναπνευστικών οδών (αναπνευστική απώλεια νερού) και των ματιών (οφθαλμική απώλεια νερού) (*Mautz, 1982a*). Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι τα ποσοστά απώλειας νερού μέσω του δέρματος διαφέρουν μεταξύ των ερπετών σε ξηρούς και υγρούς οικοτόπους (*Warburg, 1965 Mautz, 1982b*), υποδεικνύοντας μια τρέχουσα ή προηγούμενη προσαρμογή. Μαζί με τα χαρακτηριστικά θερμικής οικολογίας, το EWL είναι άλλο ένα φυσιολογικό χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου είδους σαύρας που καθορίζει τα όρια κατανομής της, ιδιαίτερα όταν η διαθεσιμότητα του νερού είναι περιορισμένη (*Bowker, 1993*). Ως εκ τούτου, ο συνδυασμός των δεδομένων της θερμικής βιολογίας με αυτών από τις απώλειες νερού μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας για την εξήγηση των διαφορών μεταξύ πληθυσμών.

1.6. Το μελετώμενο είδος

Η ταξινομική θέση του μελετώμενου είδους έχει ως εξής:

Ομοταξία: *Reptilia* (Ερπετά)

Τάξη: *Squamata* (Φολιδωτά)

Υποτάξη: *Sauria* (Σαύρες)

Οικογένεια: *Lacertidae*

Γένος: *Podarcis*

Είδος: *Podarcis erhardii* (*Bedriaga, 1882*)

1.6.1 Οικογένεια *Lacertidae*, Γένος *Podarcis*

Μία εξαιρετικά διαφοροποιημένη οικογένεια που περιλαμβάνει 32 γένη (*Harris et al., 1998*) και 240 είδη. Αποτελεί την κυρίαρχη ομάδα ερπετών στην Ευρώπη, καθώς περιλαμβάνει το 70% των ειδών των σαυρών της περιοχής (*Arnold, 2002*). Εξαπλώνονται σε μία τεράστια ποικιλία ενδιαιτημάτων που περιλαμβάνουν την τούνδρα και τα ψηλά βουνά, τους θαμνότοπους των Μεσογειακών οικοσυστημάτων και τα ερημικά περιβάλλοντα (*Arnold, 1987*). Ο ανταγωνισμός μεταξύ συμπάτριων ειδών *Lacertidae* είναι συνήθως περιορισμένος για διάφορους λόγους: μπορεί να

καταναλώνουν διαφορετικού μεγέθους τροφή ή να κυνηγούν σε διαφορετικές περιοχές, καθώς και να καταλαμβάνουν διαφορετικούς τύπους ενδιαιτημάτων στην ίδια περιοχή (π.χ. ανοιχτά εδάφη, πυκνή βλάστηση, σωρούς από πέτρες και επιφάνειες βράχων) (Arnold, 2002).

Πρόκειται για ημερόβιες και ηλιόφιλες σαύρες, ενεργούς θηρευτές που τρέφονται κυρίως με αρθρόποδα. Ορισμένα είδη μπορεί να είναι και φυτοφάγα. Το μήκος κεφαλοκορμού (SVL) τους συνήθως δεν ξεπερνά τα 8cm, μολονότι ορισμένα είδη μπορεί να γίνουν πολύ μεγαλύτερα (όπως είδη των γενών *Lacerta*, *Timon* και *Gallotia*). Στην πλειονότητά τους είναι ζώα ωοτόκα (Arnold, 2002).

Το γένος *Podarcis* εξαπλώνεται κυρίως στη Νότια Ευρώπη και αποτελεί την κυρίαρχη ομάδα ερπετών της περιοχής. Παρά το γεγονός ότι έχει αποτελέσει αντικείμενο εκτεταμένης οικολογικής και ηθολογικής έρευνας, η ταξινομική του γένους παραμένει σύνθετη και ασταθής (Harris et al., 2005) κυρίως επειδή η μορφολογία μέσα στο γένος εμφανίζει ομοιογένεια, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται σημαντική ενδοειδική διαφοροποίηση μεταξύ πληθυσμών διαφορετικών περιοχών (Arnold, 2002).

1.6.2 Αιγαιόσαυρα (*Podarcis erhardii*)

Το είδος *Podarcis erhardii* είναι γνωστό με τα ονόματα Αιγαιόσαυρα, Χρυσοφυλλίδα ή Σιλιβούτι. Η περιοχή εξάπλωσής του είναι τα νοτιοδυτικά Βαλκάνια (Αλβανία, νότια Σερβία, Βουλγαρία, ΠΓΔΜ και Ελλάδα). Στον Ελλαδικό χώρο απαντάται στη μεγαλύτερη έκταση της ηπειρωτικής χώρας, με εξαίρεση τη δυτική Πελοπόννησο και τα παράλια του Ιονίου. Παράλληλα, εντοπίζεται στις Κυκλάδες και στις Σποράδες.



Όπως αναφέρθηκε και για το γένος, το είδος *Podarcis erhardii* παρουσιάζει πολύ έντονη διαφοροποίηση στον Ελλαδικό χώρο. Έχουν καταγραφεί 26 υποείδη, η πλειοψηφία των οποίων είναι σε νησιά και νησίδες του Αιγαίου.

Τα ενδιαίτηματα που επιλέγει είναι ξηρά (φρύγανα, μακί, θαμνώδεις εκτάσεις και αμμοθίνες) και εκτείνονται από το επίπεδο της θάλασσας έως 1000m υψόμετρο. Δεν φαίνεται να τρέφει ιδιαίτερο φόβο στην ανθρώπινη παρουσία καθώς εντοπίζεται κοντά σε ανθρώπινους οικισμούς, σε ξερολιθιές και σε καλλιέργειες.

Αποτελεί ένα ιδιαίτερα προσαρμοστικό είδος και αυτό είναι που του προσέδωσε την δυνατότητα να εξελιχθεί κατά τη διάρκεια της πολύπλοκης γεωλογικής ιστορίας του Αιγαίου. Έχει την ικανότητα να επιβιώνει ακόμη και σε πολύ μικρές βραχονησίδες με περιορισμένη διαθεσιμότητα τροφής και μειωμένη πρόσβαση στο νερό.

Όσον αφορά τη μορφολογία και τις διαστάσεις του, το μήκος από το ρύγχος μέχρι την αμάρα (SVL) φτάνει τα 7,5cm, αν και έχουν καταγραφεί πληθυσμοί που το μήκος τους

φτάνει έως και τα 9cm, ενώ η ουρά έχει μήκος διπλάσιο του σώματος. Τα αρσενικά άτομα είναι πάντα πιο μεγαλόσωμα από τα θηλυκά. Στη κάτω πλευρά του λαιμού υπάρχει λείο κολλάρο, το οποίο αποτελεί βασικό ταξινομικό γνώρισμα. Επίσης, μεγάλη είναι η ποικιλία χρωματισμών και διακοσμητικών σχεδίων του σώματος που διαφέρουν ανάλογα με το ενδιαίτημα. Ο τυπικός χρωματισμός της ράχης είναι καστανός-λαδί ή πρασινωπός, με μαύρα σημάδια και κηλίδες, ενώ δύο παράλληλες κίτρινες ρίγες διέρχονται κατά μήκος της ραχιαίας επιφάνειας και η μεταξύ τους ζώνη φέρει πολλά περισσότερα στίγματα. Η κοιλιακή περιοχή είναι γκρίζα ή κίτρινη με αρκετές βούλες. Τα αρσενικά άτομα κατά την περίοδο της αναπαραγωγής εμφανίζουν φωτεινά μπλε στίγματα κατά μήκος των πλευρών, ενώ η κοιλιά και το κάτω μέρος του λαιμού τους, αποκτούν έντονα κίτρινο ή πορτοκαλί χρώμα . (Παφίλης & Βαλάκος 2012).

Το είδος αυτό είναι αυστηρά ημερόβιο και ενεργό καθόλη τη διάρκεια του έτους. Η δραστηριότητα του κατά τη διάρκεια της ημέρας τροποποιείται ανάλογα με τη θερμοκρασία, τη διάρκεια της μέρας και τη διαθεσιμότητα της τροφής. Συνεπώς, τους χειμερινούς μήνες εμφανίζεται αργά το μεσημέρι και επενδύει αρκετό χρόνο στη θερμορύθμιση, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες δραστηριοποιείται αρκετά νωρίς στη διάρκεια της μέρας και το μεσημέρι κρύβεται προκειμένου να αποφύγει υψηλές θερμοκρασίες. Τρέφεται κυρίως από έντομα, αλλά συχνά εμπλουτίζει τη διατροφή του και με αραχνίδια και μικρά σαλιγκάρια. Στους νησιωτικούς πληθυσμούς είναι πολύ συνηθισμένη η διατροφή με μυρμήγκια (Adamopoulou et al. 1999).

Η αναπαραγωγική περίοδος διαρκεί από τον Φεβρουάριο έως τον Ιούνιο. Τα θηλυκά άτομα γεννούν από 1-5 αυγά πραγματοποιώντας δύο γέννες το χρόνο. Η διαδικασία αυτή επηρεάζεται από το γεωγραφικό πλάτος και τη διαθεσιμότητα τροφής. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διεκδίκηση του θηλυκού ατόμου από τα αρσενικά. Παρατηρείται έντονα ανταγωνιστική συμπεριφορά, με έντονα δαγκώματα που μπορεί να οδηγήσουν ακόμα και σε ακρωτηριασμό.

1.7 Στόχος της εργασίας

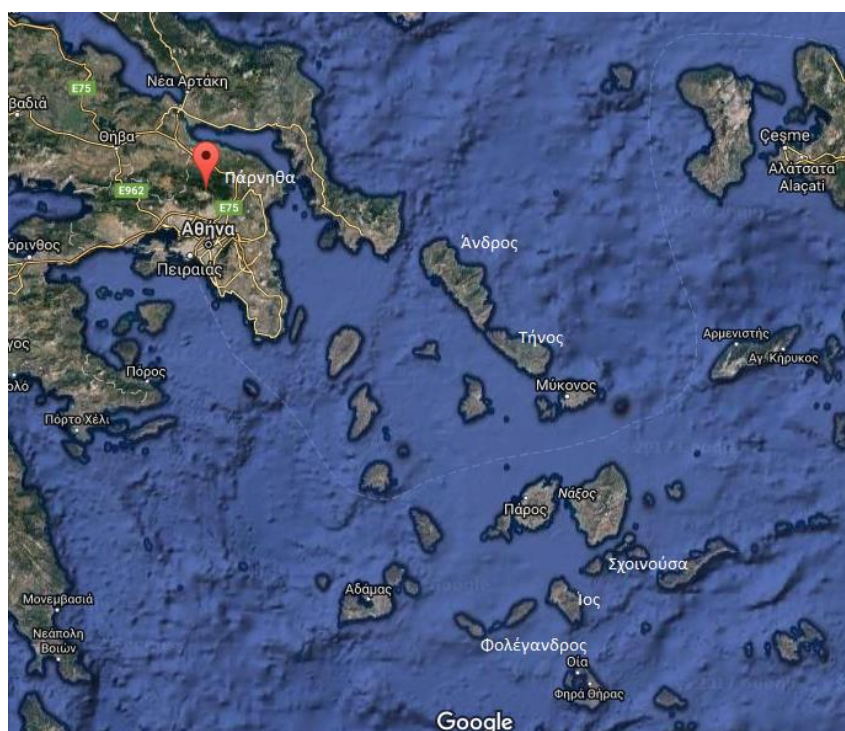
Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας στο Τμήμα Βιολογίας του ΕΚΠΑ. Κεντρικός στόχος της ήταν η συλλογή στοιχείων που αφορούν στην οικολογία της σαύρας *Podarcis erhardii*. Για το σκοπό αυτό

μελετήθηκαν 7 πληθυσμοί του είδους (6 νησιωτικοί και 1 ηπειρωτικός). Επίσης εστίασαμε στην προσέγγιση της θερμικής οικολογίας του είδους και συγκεκριμένα στη συλλογή θερμοκρασιακών δεδομένων και την εκτίμηση των θερμορυθμιστικών προτύπων που ακολουθούν οι πληθυσμοί. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε και στις απώλειες νερού του είδους και σύγκριση των τυχόν διαφορετικών προτύπων των πληθυσμών.

2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Περιοχές Δειγματοληψίας

Οι περιοχές δειγματοληψίας ήταν οι εξής: Άνδρος, Φολέγανδρος, Ίος, Μύκονος, Σχοινούσα, Τήνος και Πάρνηθα.



Πάρνηθα

Η Πάρνηθα αποτελεί βουνό της Αττικής, με υψηλότερη κορυφή τα 1.413m. Διαθέτει ιζηματογενή πετρώματα, με κυρίαρχο τον ασβεστόλιθο. Διαθέτει πυκνή βλάστηση, η οποία περιλαμβάνει χαλέπιο πεύκη, πουρνάρι και φρύγανα σε υψόμετρο 400-1000m, Κεφαλληνιακή ελάτη και μαύρη πεύκη σε υψόμετρο 1000-1400m. Παράλληλα διαθέτει μεγάλη ποικιλία ενδιαιτημάτων, από φαράγγια έως λιβάδια, πλαγιές και άλλα. Το κλίμα χαρακτηρίζεται από βροχοπτώσεις, χιονοπτώσεις, με συχνή εμφάνιση ομίχλης και παγετού. Παράλληλα, τα χαμηλότερα υψόμετρα της Πάρνηθας που

περιλαμβάνουν φρυγανικά ενδιαιτήματα είναι αυτά όπου κυρίως συναντώνται πολλά είδη ερπετών συμπεριλαμβανομένου και του είδους που μελετάμε.

Άνδρος

Η Άνδρος είναι το βορειότερο νησί των Κυκλάδων με μήκος σχεδόν 40km και μέγιστο πλάτος 16km. Η συνολική έκταση είναι 380 km². Η επιφάνειά του είναι ως επί το πλείστον ορεινή, με πολλές γόνιμες και καλά αρδευόμενες κοιλάδες.

Φολέγανδρος

Είναι ένα μικρό νησί στα νότια των Κυκλάδων με έκταση 32.216km². Το τοπίο είναι ποικίλο, χαρακτηρίζεται από ψηλά βράχια.

Ίος

Η Ίος αποτελεί ένα Κυκλαδίτικο νησί με επιφάνεια 108,713km². Είναι ένα ορεινό νησί με βράχια μέχρι τη θάλασσα.

Μύκονος

Η Μύκονος έχει έκταση 85,5km² και το μέγιστο ύψος της ανέρχεται σε υψόμετρο 341m. Παρά το γεγονός ότι οι θερμοκρασίες μπορεί να αυξηθούν αρκετά φτάνοντας και τους 40 ° C κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, οι μέσες θερμοκρασίες είναι περίπου 28 ° C. Το χειμώνα, οι μέσες θερμοκρασίες είναι 15 ° C.

Σχοινούσα

Η Σχοινούσα βρίσκεται νότια του νησιού της Νάξου και έχει έκταση 8.512km². Είναι το 28ο σε μέγεθος νησί των Κυκλάδων.

Τήνος

Βρίσκεται στο αρχιπέλαγος των Κυκλάδων. Έχει μια έκταση γης των 194.464km. Η Τήνος έχει ένα ποικίλο τοπίο, όπου το ψηλότερο βουνό του νησιού φτάνει 750 μέτρα και διαθέτει γιγάντιους ογκόλιθους. Χαρακτηρίζεται από μεσογειακό κλίμα με ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους και υγρούς χειμώνες.

2.2 Σχεδιασμός της εργασίας

Η συλλογή των σαυρών πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2015.

Η σύλληψη των σαυρών γινόταν με εντοπισμό και «ψάρεμα» του ζώου (poosing). Χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά καλάμια με προσαρτημένη πετονιά μήκους 20-30cm, στην άκρη της οποίας υπήρχε μία θηλιά. Κατά τη συλλογή των ατόμων μετρήθηκε το μήκος του κορμού από την άκρη του ρύγχους μέχρι την αμάρα (SVL) και η μάζα σε γραμμάρια.

Μετά τη συλλογή τους τα άτομα τοποθετήθηκαν σε ατομικά terraria διαστάσεων 20X25X15 cm με υπόστρωμα από άμμο. Τα terraria διέθεταν κομμάτια από τούβλα και κεραμίδια τα όποια χρησιμοποιήθηκαν από τα άτομα ως καταφύγια.

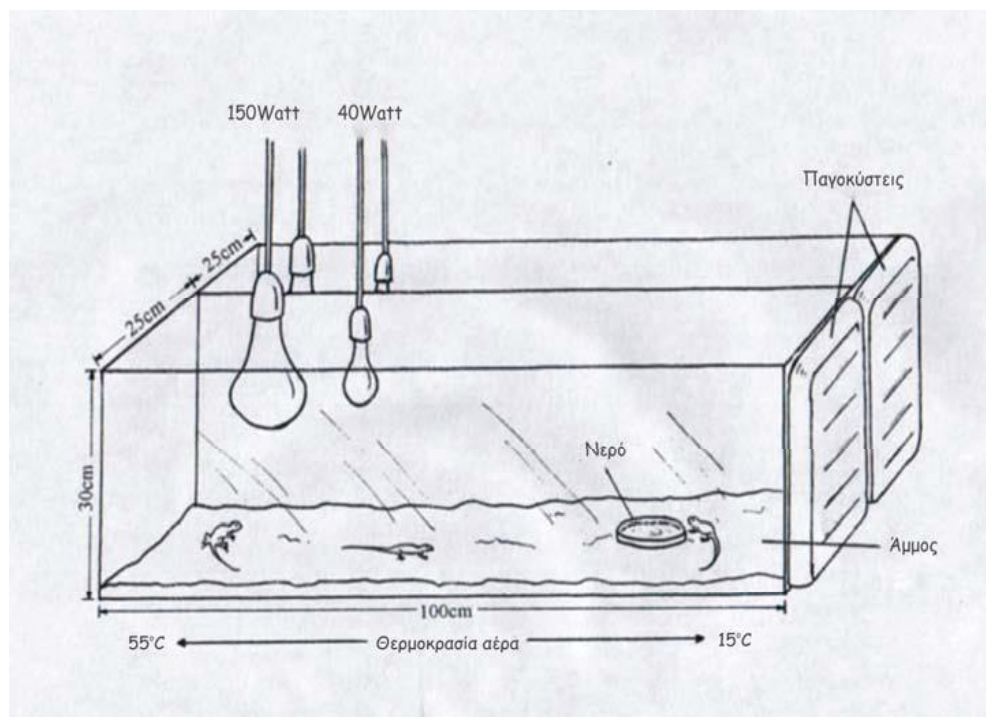
Η θερμοκρασία στο χώρο των εκτροφών ήταν σταθερά στους 25°C και η υγρασία ήταν στο 40%. Ο χώρος διέθετε φυσικό φωτισμό καθώς και λάμπες πυράκτωσης 40W. Οι λάμπες ήταν τοποθετημένες πάνω από κάθε terrarium και λειτουργούσαν με χρονοδιακόπτη για 8 ώρες κάθε μέρα. Με αυτόν των τρόπο οι σαύρες είχαν αρκετό φως για να θερμορυθμίσουν, να τραφούν και να δραστηριοποιηθούν γενικότερα.

Τα άτομα ταΐζονταν κάθε δεύτερη μέρα με προνύμφες του κολεοπτέρου *Tenebrio molitor* και η πρόσβαση στο νερό ήταν ad libitum. (Παφίλης 2003)

2.3 Πειραματική διαδικασία

Επιλεγόμενο εύρος θερμοκρασιών (Tset)

Για τον προσδιορισμό του επιλεγόμενου εύρους θερμοκρασιών των επτά υπό μελέτη πληθυσμών, χρησιμοποιήθηκαν δύο ειδικά διαμορφωμένα διάδρομοι κατασκευασμένοι από γυαλί και plexiglass (Εικόνα 1). Οι διαστάσεις των διαδρόμων ήταν 100×25×25cm και διέθεταν αμμόδες υπόστρωμα πάχους περίπου 5cm.



Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση των διαδρόμων θερμοκρασιακής κλίσης.

Προκειμένου να επιτευχθεί θερμοκρασιακό κλίμα, στη μια άκρη κάθε διαδρόμου τοποθετήθηκαν δύο λαμπτήρες πυρακτώσεως 150W, σε ύψος 35cm από την επιφάνεια της άμμου. Στην άλλη άκρη τοποθετήθηκαν παγοκύστες, εξωτερικά του τοιχώματος των διαδρόμων. Οι ακριβείς θέσεις των λαμπτήρων υπολογίστηκαν μετά από πλήθος δοκιμών, με γνώμονα την επίτευξη ομαλής θερμοκρασιακής κλίσης στους διαδρόμους. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκε ένα θερμοκλίμα εύρους 10-55 °C. Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα μέσα στους διαδρόμους χρησιμοποιήθηκαν οι αισθητήρες των ηλεκτρονικών συσκευών καταγραφής θερμοκρασίας.

Τουλάχιστον 1 ώρα πριν την έναρξη των μετρήσεων έμπαιναν σε λειτουργία οι διάδρομοι, το γεγονός αυτό συνεπάγεται το άνοιγμα των λαμπτήρων και την τοποθέτηση των παγοκύστων, ώστε να σταθεροποιηθεί η θερμοκρασιακή κλίση. Τότε γινόταν και η τοποθέτηση των σαυρών στους διαδρόμους ανά ζεύγη (ένα αρσενικό με ένα θηλυκό άτομο), ούτως ώστε να συνηθίσουν το περιβάλλον του διαδρόμου και να ξεκινήσουν να θερμορυθμίζουν. Τα τέσσερα ζώα αφήνονταν στο διάδρομο για μία ώρα προκειμένου να προσαρμοστούν. Στη συνέχεια λαμβάνονταν οι θερμοκρασίες του σώματος ανά 30min για τέσσερις ώρες. Η λήψη των θερμοκρασιών έγινε με την χρήση Temperature Data Logger με USB, EL-USB-1. Σημειώνεται πως σε ορισμένους πληθυσμούς τα αρσενικά υπερερούσαν σε αριθμό από τα θηλυκά, επομένως κάποια από τα αρσενικά τοποθετήθηκαν μόνα μέσα στα terraria. Η πειραματική διαδικασία διήρκεσε από τις 15/2/2016 έως τις 10/5/2016.

Απώλειες νερού (WL)

Για αυτό το πείραμα, πρώτα τοποθετήθηκαν μεμονωμένα τα άτομα σε μικρά πλαστικά κουτιά (15 X 10 X 5 cm) με οπές στο πάνω μέρος. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν ομάδες των πέντε κουτιών που περιέχουν σαύρες σε ένα σφραγισμένο θάλαμο (60 X 40 X 30 cm). Για τη διατήρηση σταθερής σχετικής υγρασίας (~30%) εντός του θαλάμου τοποθετήθηκαν σε δοχείο εντός του θαλάμου ~80 gr silica gel. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία δωματίου (~25° C). Οι συνθήκες στον θάλαμο παρακολουθούνταν ανά ώρα με τη χρήση του Fluke 971 μετρητή θερμοκρασίας-υγρασίας (Fluke Corporation, Everett, Washington) για να διασφαλιστεί σχετικά σταθερή υγρασία και θερμοκρασία. Το πείραμα διήρκεσε οκτώ ώρες. Κάθε ώρα απομακρύνονταν οι σαύρες από το θάλαμο και προσδιοριζόταν η μάζα της κάθε μίας με αναλυτικό ζυγό (± 0.0001 g)(CPA model 224S, Sartorius, Bohemia, New York). Στη συνέχεια τοποθετούνταν άμεσα μέσα στο θάλαμο, με αποτέλεσμα η κάθε μέτρηση να μην διαρκεί πάνω από 20s.

Από τα δεδομένα υπολογίστηκαν δύο δείκτες της σχετικής (ως προς το αρχικό βάρος του ζώου) απώλειας νερού. Ο πρώτος δείκτης είναι η συσσωρευμένη απώλεια νερού (accumulative water loss) (EWLa) μετά από κάθε ώρα του πειράματος. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται από τον τύπο: $EWLa = [(W_0 - W_n) / W_0] \times 100$. Οι τιμές αυτές παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη συνολική ποσότητα απώλειας νερού κατά τη διάρκεια του πειράματος. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η στιγμιαία απώλεια νερού (instantaneous water loss) (EWLi), αφαιρώντας τη μάζα της σαύρας σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα από το προηγούμενο, $(W_n - W_{n+1})$ και διαιρώντας με την αρχική μάζα W_0 , πολλαπλασιάζοντας επί 100 για να ληφθεί το ποσοστό επί της εκατό (%). Ο

συνολικός τύπος είναι $EWLi = [(W_0 - W_{n+1}) / W_0] \times 100$. Η EWLi απεικονίζει τα πρότυπα απώλειες νερού στην πάροδο του χρόνου (σταθερά ή κυμαινόμενα).

2.4 Στατιστική επεξεργασία

Η αρχική οργάνωση των πρωτογενών δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος Microsoft Office Excel 2007.

Θερμικά δεδομένα

Η επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων (Περιγραφική στατιστική) ήταν η πρώτη που πραγματοποιήθηκε για τον υπολογισμό μέσων τιμών, ποσοστών, τυπικών σφαλμάτων και ορίων εμπιστοσύνης της μέσης τιμής και η εξαγωγή των αντίστοιχων διαγραμμάτων έγιναν με χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS v24 της IBM. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) προκειμένου να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τη μέση επιλεγόμενη θερμοκρασία μεταξύ των περιοχών και ακολούθησαν Post Hoc tests για να εντοπίσουμε που ακριβώς εντοπίζονταν οι τυχόν διαφορές (μέθοδος Bonferoni). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε Ανάλυση διακύμανσης κατά δύο παράγοντες (ANCOVA), όπου προστέθηκαν οι δύο συμμεταβλητές (SVL, Mass).

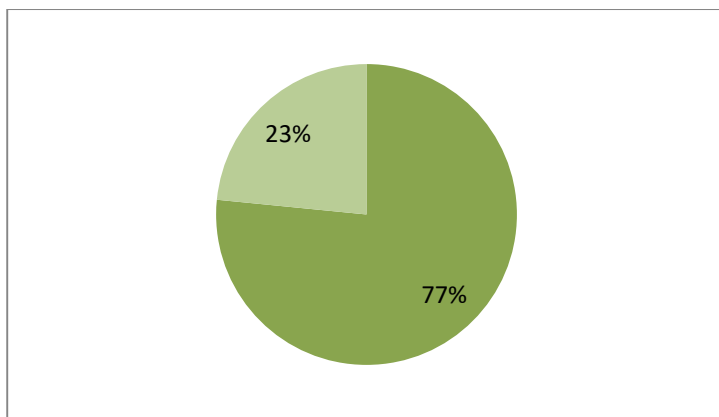
Απώλειες νερού

Για την στατιστική επεξεργασία αυτών των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν δύο βασικοί δείκτες, η συσσωρευμένη απώλεια νερού (EWLa) και η στιγμιαία απώλεια νερού (EWLi), όπως είδαμε και παραπάνω. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε Repeated Measures ANOVA με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS v24 της IBM, προκειμένου να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τους δύο δείκτες μεταξύ των περιοχών. Αμέσως μετά, πραγματοποιήθηκε Repeated Measures ANCOVA, όπου στην ουσία προστέθηκε ως συμμεταβλητή το SVL (η μάζα ήδη περιλαμβάνεται στους αρχικούς δείκτες).

Σημειώνεται ότι δεν διερευνήθηκαν τυχόν διαφορές μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων καθώς τα θηλυκά ήταν αρκετά λιγότερα από τα αρσενικά (Πίνακας 2, Διάγραμμα 1.) και ειδικά στον πληθυσμό της Πάρνηθας όλα τα άτομα που μελετήθηκαν ήταν αρσενικά.

Πληθυσμός	Αρσενικά	Θηλυκά
Andros	4	2
Folegandros	5	3
Ios	5	4
Mykonos	5	1
Parnitha	20	0
Schinousa	5	4
Tinos	5	1

Πίνακας 2



Διάγραμμα 1.Όπου με σκούρο πράσινο απεικονίζεται το ποσοστό των αρσενικών ενώ με ανοιχτό των θηλυκών.

3. Αποτελέσματα

Θερμική οικολογία

3.1 Θερμοκρασιακά δεδομένα

3.1.1 ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΟ ΕΥΡΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ (Tset)

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται αναλυτικά η μέση τιμή (Mean) και το εύρος των τιμών (Range) επιλεγόμενων θερμοκρασιών που ελήφθησαν συνολικά από κάθε πληθυσμό, καθώς και το σφάλμα (Standard Error of Mean) και η τυπική απόκλιση (Standard Deviation).

Site	N	Mean	Maximum	Median	Minimum	Range	Standard Error of Mean	Standard Deviation
Andros	6	34,24	35,33	34,58	32,33	3,00	0,45	1,11
Folegandros	8	33,47	34,33	33,65	31,75	2,58	0,31	0,88
Ios	9	33,03	35,08	32,58	31,50	3,58	0,45	1,34
Mykonos	6	33,48	34,67	33,34	32,58	2,08	0,30	0,73
Parnitha	20	34,87	36,42	34,88	33,08	3,33	0,20	0,89
Schinousa	9	32,48	34,33	32,33	30,00	4,33	0,47	1,42
Tinos	6	31,67	34,00	31,58	29,50	4,50	0,61	1,49

Πίνακας 3. Μέση τιμή και εύρος τιμών των επιλεγόμενων θερμοκρασιών (συνολικά ληφθείσες τιμές) για τους 7 μελετώμενους πληθυσμούς (N: μέγεθος δείγματος).

3.1.2 Σύγκριση πληθυσμών

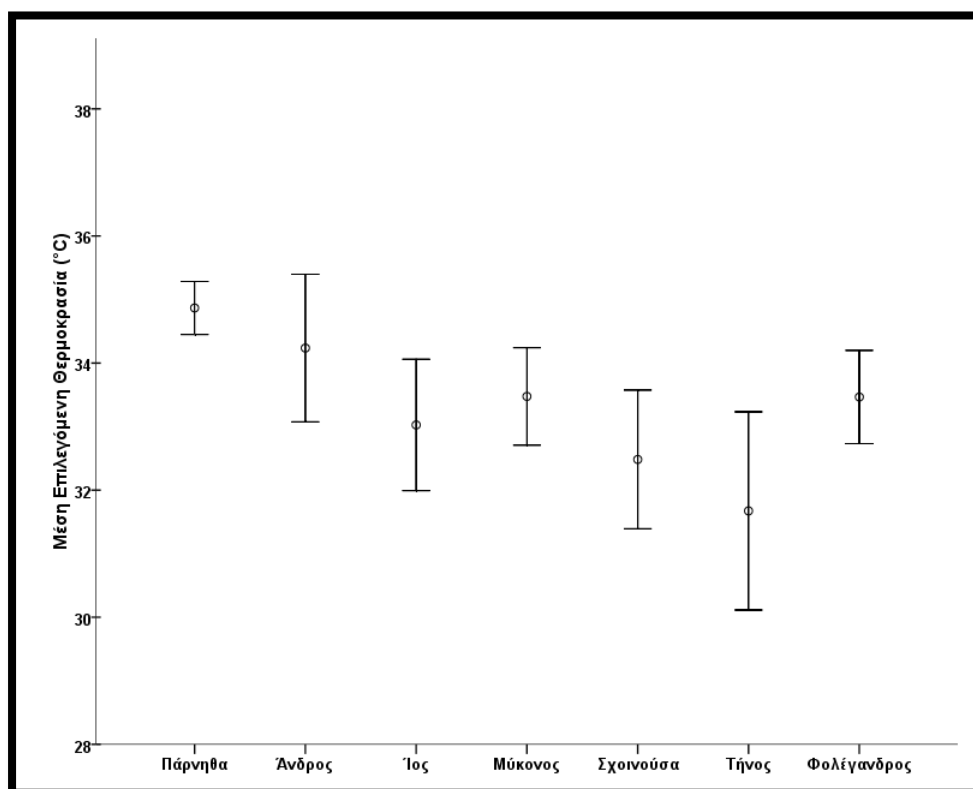
Παρατηρείται ότι η μέση τιμή του Tset των 7 υπό μελέτη πληθυσμών κυμαίνεται από 31,67 έως 34,24 °C. Η σύγκριση μεταξύ των Tset έδειξε ότι οι θερμικές προτιμήσεις μεταξύ των πληθυσμών διαφέρουν μεταξύ τους (ANOVA, $F(6, 57)=9,548$, $p<0,05$).

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν Post Hoc Tests για να προσδιοριστούν οι διαφορές. Στατιστικά σημαντική διαφορά υπάρχει μεταξύ των εξής περιοχών :

- Άνδρος-Τήνος με διαφορά 2.56 °C

- Πάρνηθα-Ίος με διαφορά 1.84 °C
- Πάρνηθα- Σχοινούσα με διαφορά 2.38 °C
- Πάρνηθα- Τήνος με διαφορά 3.19 °C

Στο διάγραμμα 2 παρουσιάζεται η μέση επιλεγόμενη θερμοκρασία για κάθε έναν από τους πληθυσμούς. Η αγκύλες περιλαμβάνουν τις τιμές με 95% διάστημα εμπιστοσύνης και ο κύκλος απεικονίζει τη μέση τιμή (Πάρνηθα=34,87 °C, Άνδρος=34,24 °C, Ίος=33,03 °C, Μύκονος=33,48 °C, Σχοινούσα=32,48 °C, Τήνος=31,67 °C, Φολέγανδρος=33,47 °C). Παρατηρείται η στατιστική διαφορά μεταξύ Άνδρου- Τήνου αλλά ίσως οφείλεται στο πολύ μεγάλο εύρος της αγκύλης, γεγονός που μειώνει την ορθότητα του αποτελέσματος, καθώς και διαφορές μεταξύ της Πάρνηθας και τριών νησιών (Ίος, Σχοινούσα, Τήνος).



Διάγραμμα 2. Μέση επιλεγόμενη θερμοκρασία σε κάθε έναν από τους επτά υπό μελέτη πληθυσμούς (Μέσες τιμές $\pm$ 95% διαστήματα εμπιστοσύνης).

3.1.3 Επίδραση Μάζας και SVL

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε Ανάλυση Διασποράς χρησιμοποιώντας τη Μάζα σώματος και το SVL ως συμμεταβλητές (ANCOVA, $F(8, 55) = 6.925$, $p < 0.05$). Οι διαφορές μεταξύ των περιοχών παραμένουν και φαίνεται ότι οι δύο συμμεταβλητές δεν παίζουν κάποιο στατιστικά σημαντικό ρόλο.

3.2 Απώλειες νερού

3.2.1 ΣΥΣΣΩΡΕΥΜΕΝΗ ΑΠΩΛΕΙΑ ΝΕΡΟΥ (EWLa)

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται αναλυτικά η μέση τιμή (Mean) και το εύρος των τιμών (Range) της συσσωρευμένης απώλειας νερού που ελήφθησαν συνολικά από κάθε πληθυσμό για κάθε μία από της 8 ώρες του πειράματος, καθώς και το σφάλμα (Standard Error of Mean) και η τυπική απόκλιση (Standard Deviation).

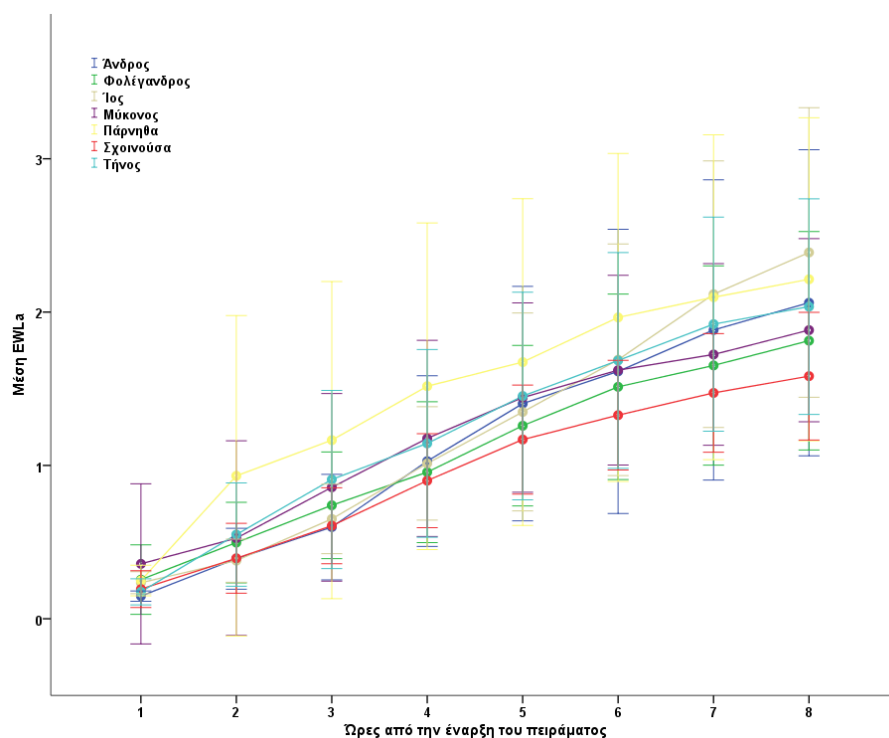
Hour	Site	Count	Mean	Range	Standard Error of Mean	Standard Deviation
EWLa1	Andros	6	0,15	0,09	0,01	0,03
	Folegandros	7	0,26	0,66	0,09	0,25
	Ios	9	0,24	0,27	0,03	0,09
	Mykonos	6	0,36	1,27	0,20	0,50
	Parnitha	20	0,25	1,01	0,05	0,21
	Schinousa	9	0,19	0,48	0,05	0,16
	Tinos	8	0,18	0,26	0,04	0,10
EWLa2	Andros	6	0,39	0,43	0,08	0,19
	Folegandros	7	0,50	0,76	0,11	0,28
	Ios	9	0,38	0,58	0,06	0,18
	Mykonos	6	0,53	1,56	0,25	0,60
	Parnitha	20	0,93	10,23	0,50	2,23
	Schinousa	9	0,39	0,90	0,10	0,30
	Tinos	8	0,55	1,20	0,14	0,40
EWLa3	Andros	6	0,60	0,85	0,13	0,33
	Folegandros	7	0,74	0,96	0,14	0,38
	Ios	9	0,65	1,10	0,10	0,30
	Mykonos	6	0,86	1,55	0,24	0,58
	Parnitha	20	1,16	10,06	0,49	2,21
	Schinousa	9	0,61	0,98	0,11	0,32
	Tinos	8	0,91	2,16	0,25	0,69
EWLa4	Andros	6	1,03	1,47	0,22	0,53
	Folegandros	7	0,96	1,29	0,19	0,50
	Ios	9	1,01	1,79	0,16	0,48
	Mykonos	6	1,18	1,61	0,25	0,61
	Parnitha	20	1,52	10,51	0,51	2,28
	Schinousa	9	0,90	1,28	0,13	0,40
	Tinos	8	1,14	2,26	0,26	0,73
EWLa5	Andros	6	1,40	1,84	0,30	0,73
	Folegandros	7	1,26	1,43	0,21	0,57
	Ios	9	1,35	3,26	0,28	0,84
	Mykonos	6	1,44	1,54	0,24	0,59
	Parnitha	20	1,67	10,56	0,51	2,28
	Schinousa	9	1,17	1,56	0,15	0,46
	Tinos	8	1,45	2,49	0,29	0,81
EWLa6	Andros	6	1,61	2,14	0,36	0,88
	Folegandros	7	1,51	1,66	0,25	0,65
	Ios	9	1,69	3,75	0,33	0,98
	Mykonos	6	1,62	1,58	0,24	0,59
	Parnitha	20	1,97	10,61	0,51	2,28
	Schinousa	9	1,33	1,51	0,16	0,47
	Tinos	8	1,68	2,56	0,30	0,84
EWLa7	Andros	6	1,88	2,30	0,38	0,93
	Folegandros	7	1,65	1,78	0,27	0,70
	Ios	9	2,12	3,98	0,38	1,13
	Mykonos	6	1,72	1,53	0,23	0,56
	Parnitha	20	2,10	10,55	0,51	2,26
	Schinousa	9	1,47	1,56	0,17	0,50
	Tinos	8	1,92	2,63	0,30	0,84
EWLa8	Andros	6	2,06	2,31	0,39	0,95
	Folegandros	7	1,81	1,97	0,29	0,77
	Ios	9	2,39	4,17	0,41	1,23
	Mykonos	6	1,88	1,47	0,23	0,57

Hour	Site	Count	Mean	Range	Standard Error of Mean	Standard Deviation
	Parnitha	20	2,21	10,57	0,50	2,25
	Schinousa	9	1,58	1,60	0,18	0,54
	Tinos	8	2,04	2,64	0,30	0,84

Πίνακας 4.

3.2.2 Σύγκριση πληθυσμών

Παρατηρείται ότι η συσσωρευμένη απώλεια νερού διαφέρει κάθε ώρα ($F(1.6, 95.6) = 77.091, p < 0.05$) αλλά δεν εντοπίζονται διαφορές μεταξύ των πληθυσμών ($F(9.9, 95.6) = 0.534, p = 0.861$). Στον πληθυσμό της Πάρνηθας παρατηρούνται μεγαλύτερες απώλειες σε σχέση με τους νησιωτικούς πληθυσμούς αλλά οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές (Διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 3. Παρατηρείται η μέση EWLa για κάθε ώρα του πειράματος σε κάθε έναν από τους πληθυσμούς.

3.2.3 Επίδραση SVL

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η ίδια ανάλυση προσθέτοντας ως συμμεταβλητή το SVL (η μάζα έχει ήδη συνυπολογιστεί στους δείκτες). Φαίνεται (Repeated Measures ANCOVA, $F(1.67, 95.19) = 2.170, p = 0.128$) ότι η συσσωρευμένη απώλεια δεν διαφέρει μεταξύ των διαφορετικών ωρών και μεταξύ των πληθυσμών όταν συμπεριληφθεί το μήκος σώματος στην ανάλυση.

3.2.4 ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΑΠΩΛΕΙΑ ΝΕΡΟΥ (EWLi)

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται αναλυτικά η μέση τιμή (Mean) και το εύρος των τιμών (Range) της στιγμιαίας απώλειας νερού που ελήφθησαν συνολικά από κάθε πληθυσμό για κάθε μία από της 8 ώρες του πειράματος, καθώς και το σφάλμα(Standard Error of Mean) και η τυπική απόκλιση (Standard Deviation).

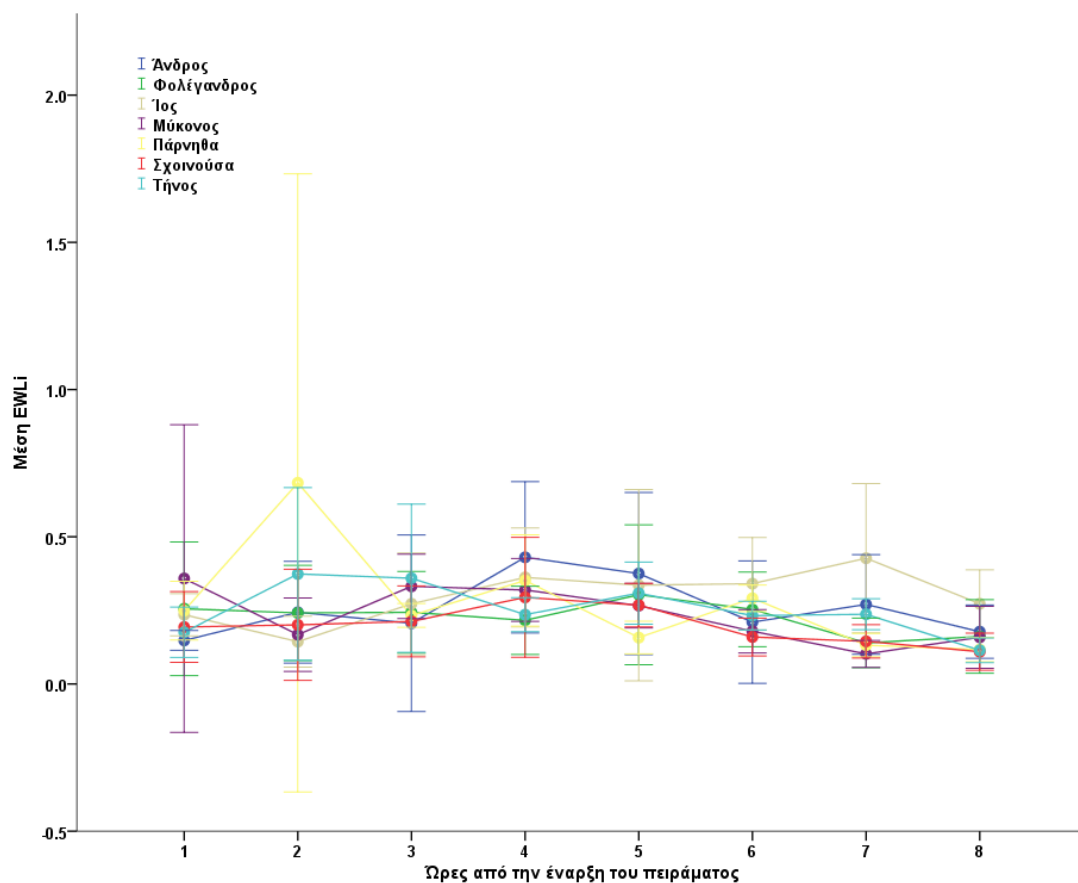
Hour	Site	Count	Mean	Range	Standard Error of Mean	Standard Deviation
EWLi1	Andros	6	0,15	0,09	0,01	0,03
	Folegandros	7	0,26	0,66	0,09	0,25
	Ios	9	0,24	0,27	0,03	0,09
	Mykonos	6	0,36	1,27	0,20	0,50
	Parnitha	20	0,25	1,01	0,05	0,21
	Schinousa	9	0,19	0,48	0,05	0,16
	Tinos	8	0,18	0,26	0,04	0,10
EWLi2	Andros	6	0,24	0,37	0,07	0,16
	Folegandros	7	0,24	0,52	0,07	0,17
	Ios	9	0,14	0,37	0,04	0,11
	Mykonos	6	0,17	0,35	0,05	0,12
	Parnitha	20	0,68	10,30	0,50	2,24
	Schinousa	9	0,20	0,83	0,08	0,25
	Tinos	8	0,37	0,98	0,12	0,35
EWLi3	Andros	6	0,21	0,89	0,12	0,29
	Folegandros	7	0,24	0,45	0,06	0,15
	Ios	9	0,27	0,71	0,07	0,22
	Mykonos	6	0,33	0,27	0,04	0,10
	Parnitha	20	0,23	0,32	0,02	0,09
	Schinousa	9	0,21	0,52	0,05	0,16
	Tinos	8	0,36	0,96	0,11	0,30
EWLi4	Andros	6	0,43	0,62	0,10	0,25
	Folegandros	7	0,22	0,33	0,05	0,13
	Ios	9	0,36	0,74	0,07	0,22
	Mykonos	6	0,32	0,27	0,04	0,10
	Parnitha	20	0,35	1,83	0,07	0,33
	Schinousa	9	0,29	0,85	0,09	0,27
	Tinos	8	0,24	0,20	0,02	0,07
EWLi5	Andros	6	0,38	0,63	0,11	0,26
	Folegandros	7	0,30	0,77	0,10	0,26
	Ios	9	0,34	1,47	0,14	0,42
	Mykonos	6	0,27	0,18	0,03	0,07
	Parnitha	20	0,16	0,53	0,03	0,12
	Schinousa	9	0,27	0,31	0,03	0,10
	Tinos	8	0,31	0,33	0,04	0,13
EWLi6	Andros	6	0,21	0,51	0,08	0,20
	Folegandros	7	0,25	0,39	0,05	0,14
	Ios	9	0,34	0,69	0,07	0,20
	Mykonos	6	0,18	0,17	0,03	0,07
	Parnitha	20	0,29	0,43	0,02	0,10
	Schinousa	9	0,16	0,25	0,03	0,08
	Tinos	8	0,23	0,16	0,02	0,06
EWLi7	Andros	6	0,27	0,42	0,07	0,16
	Folegandros	7	0,14	0,26	0,03	0,09

Hour	Site	Count	Mean	Range	Standard Error of Mean	Standard Deviation
	Ios	9	0,43	0,94	0,11	0,33
	Mykonos	6	0,10	0,11	0,02	0,04
	Parnitha	20	0,13	0,33	0,02	0,08
	Schinousa	9	0,14	0,24	0,02	0,07
	Tinos	8	0,24	0,19	0,02	0,06
EWLi8	Andros	6	0,18	0,20	0,04	0,09
	Folegandros	7	0,16	0,39	0,05	0,14
	Ios	9	0,27	0,38	0,05	0,15
	Mykonos	6	0,16	0,27	0,04	0,10
	Parnitha	20	0,12	0,29	0,02	0,09
	Schinousa	9	0,11	0,28	0,03	0,08
	Tinos	8	0,11	0,13	0,02	0,05

Πίνακας 5.

3.2.5 Σύγκριση πληθυσμών

Παρατηρείται ότι η στιγμιαία απώλεια νερού δεν διαφέρει μεταξύ των ωρών του πειράματος (Repeated Measures ANOVA, $F_{(1.39, 80.4)}=0.63$, $p=0.479$) ούτε μεταξύ των πληθυσμών ($F_{(8.3, 80.4)}=0.477$, $p=0.875$).



Διάγραμμα 4. Παρατηρείται η μέση EWLi για κάθε ώρα του πειράματος σε κάθε έναν από τους πληθυσμούς.

3.2.6 Επίδραση SVL

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η ίδια ανάλυση προσθέτοντας ως συμμεταβλητή το SVL (η μάζα έχει ήδη συνυπολογιστεί στους δείκτες). Φαίνεται (Repeated Measures ANCOVA, $F_{(1.41, 80.2)}=0.234$, $p=0.712$) ότι η συνολική εικόνα δεν αλλάζει, και οι στιγμιαία απώλεια δεν διαφέρει τόσο μεταξύ των ωρών όσο και μεταξύ των πληθυσμών, ούτε όταν συμπεριληφθεί στην ανάλυση το SVL.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Θερμική Οικολογία

Σύμφωνα με τους Castilla et al. (1999), δύο διαφορετικές απόψεις επικρατούν σχετικά με την εξέλιξη της θερμικής φυσιολογίας στις σαύρες. Η πρώτη υποστηρίζει ότι τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη θερμική φυσιολογία των σαυρών εμφανίζουν εξελικτική συντηρητικότητα, δηλαδή ανταποκρίνονται αργά στην κατευθύνουσα επιλογή, ενώ η δεύτερη ότι ανταποκρίνονται άμεσα στις κλιματικές μεταβολές, τουλάχιστον σε ορισμένα taxa (Castilla et al., 1999). Ιδιαίτερα για τα Lacertidae, κυριαρχεί η άποψη ότι η θερμική φυσιολογία τους εμφανίζει μεγάλη συντηρητικότητα, γεγονός που εντοπίζεται στην σταθερότητα και την ομοιογένεια των επιλεγόμενων θερμοκρασιών μέσα στα είδη, ακόμα και κάτω από διαφορετικές κλιματικές συνθήκες (Van Damme et al., 1990; Tosini & Avery, 1993; Gvozdík & Castilla, 2001; Carretero et al., 2005).

Στην εργασία αυτή παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ κάποιων πληθυσμών. Οι πληθυσμοί αυτοί ήταν Άνδρος-Τήνος με διαφορά 2.56°C, Πάρνηθα-Τος με διαφορά 1.84 °C, Πάρνηθα-Σχοινούσα με διαφορά 2.38 °C και Πάρνηθα-Τήνος με διαφορά 3.19 °C. Με μία πρώτη ματιά παρατηρούμε πως οι διαφορές στο μέσο επιλεγόμενο εύρος θερμοκρασιών δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες, παρότι το κλίμα, ιδιαίτερα μεταξύ της Πάρνηθας και των νησιών, διαφέρει ως προς κάποια χαρακτηριστικά (Πάρνηθα: βροχοπτώσεις, χιονοπτώσεις, με συχνή εμφάνιση ομίχλης και παγετού, Νησιά: μεσογειακό κλίμα με ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους και υγρούς χειμώνες). Φαινόμενο που πιθανά εξηγείται από την θεωρία που υποστηρίζει την συντηρητικότητα της θερμικής φυσιολογίας.

Επιπροσθέτως αν εξαιρέσουμε την διαφοροποίηση Άνδρου-Τήνου, καθώς, όπως προείπαμε, οι τιμές τους διαθέτουν πολύ μεγάλο εύρος στο 95% διάστημα εμπιστοσύνης και επομένως λιγότερες πιθανότητες ορθού αποτελέσματος,

διαπιστώνουμε πως οι διαφορές είναι μεταξύ ηπειρωτικής χώρας (Πάρνηθα) και κάποιων νησιών. Θεωρώντας λοιπόν πως η αιτία αυτού είναι η διαφοροποίηση μεταξύ νησιών και ηπειρωτικής χώρας συγκρίθηκαν οι δύο κατηγορίες και είδαμε πως κάτι τέτοιο δεν φαίνεται να ισχύει για όλα τα νησιά. Επομένως, στις συγκεκριμένες περιπτώσεις πιθανή αιτία αυτών των διαφοροποιήσεων μπορεί να είναι η γεωγραφική θέση και το διαφορετικό υψόμετρο (μεγαλύτερο στην Πάρνηθα). Τα νησιά χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη σταθερότητα και ομοιομορφία στις κλιματικές συνθήκες και τη θερμοκρασία, σε αντίθεση με την ηπειρωτική χώρα. Συνεπώς, οι πληθυσμοί των νησιών αφιερώνουν λιγότερη ώρα στην ενεργή θερμορύθμιση και διαθέτουν και πιο χαμηλές θερμοκρασίες. Οι σαύρες τείνουν να επιλέγουν υψηλότερες θερμοκρασίες σώματος όταν οι θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλή, γεγονός που υποδηλώνει πως η θερμορύθμιση είναι μια προτεραιότητα σε σχέση με άλλες απαιτήσεις (Carretero *et al.*, 2005, 2006 Ver'issimo and Carretero, 2009). Τα δεδομένα μας συμφωνούν με το παραπάνω καθώς οι πληθυσμοί της Ίου (33,03 °C), της Σχοινούσας (32,48 °C) και της Τήνου (31,67 °C) έχουν μικρότερο μέσο Tset από την Πάρνηθα (34,87 °C). Τέλος, διαφορές πιθανόν να οφείλονται σε διαφορές στην μορφολογία, καθώς γνωρίζουμε πως ο χρωματισμός διαφέρει μεταξύ των πληθυσμών, με αποτέλεσμα να μεταβάλει το ποσό της απορροφούμενης θερμότητας. Δεν μπορούμε να συμπεράνουμε κάτι σχετικά με το μέγεθος των νησιών καθώς τα τρία νησιά διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους ως προς το μέγεθος. Το ίδιο φαίνεται να ισχύει και για τον παράγοντα ανθρώπινη παρουσία.

Μελέτες για τις θερμικές προτιμήσεις σε *Lacertidae* έδειξαν διαφοροποίηση του Tset με την εποχή, την ώρα και τη φωτοπερίοδο, την ηλικία και το φύλο (Castilla *et al.*, 1999). Συνεπώς, όλες οι μετρήσεις έγιναν εντός των ωρών της φυσιολογικής δραστηριότητας των ζώων. Επίσης, έχουν αναφερθεί διαφορές στις θερμικές προτιμήσεις ακόμα και μεταξύ διαφορετικών ατόμων του ίδιου φύλου και πληθυσμού (Gvozdik & Castilla, 2001), για το λόγο αυτό ορισμένες διαφορές που εντοπίζονται μπορεί να προκύπτουν από το γεγονός πως δεν εξαιρέθηκαν από την πειραματική διαδικασία εγκυμονούντα θηλυκά και ορισμένα άτομα (τόσο αρσενικά, όσο και θηλυκά) που δεν ήταν σε πολύ καλή φυσική κατάσταση (χαμηλό βάρος σώματος, ελάχιστη κινητικότητα και άλλα). Παρόλα αυτά, τα άτομα δεν ήταν ικανά να μεταβάλλουν τα αποτελέσματα σε σημαντικό βαθμό.

Συνοπτικά παρατηρήθηκε πως:

- οι επιλεγόμενες θερμοκρασίες στους νησιωτικούς πληθυσμούς της Αιγαίουσαυρας είναι χαμηλότερες σε σχέση με τον ηπειρωτικό πληθυσμό. Βέβαια, οι διαφορές αυτές δεν ήταν για όλα τα νησιά στατιστικά σημαντικές.
- Η μέση επιλεγόμενη θερμοκρασία της Πάρνηθας ήταν η υψηλότερη (34,87 °C) ενώ της Τήνου η χαμηλότερη (31,67 °C) .
- Διαφορές υπάρχουν και μεταξύ των νησιών και συγκεκριμένα μεταξύ Άνδρου και Τήνου αλλά είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με αυτές μεταξύ νησιών και Πάρνηθας.
- Το SVL και η Μάζα δεν φαίνεται να είναι παράγοντες που επηρεάζουν το επιλεγόμενο εύρος θερμοκρασιών.

Τέλος, έχει ήδη υπογραμμιστεί πως οι επιλεγόμενες θερμοκρασίες σε μία ιδανική θερμική κατάσταση και αποτελούν μόνο μία από τις παραμέτρους της θερμικής βιολογίας. Συνεπώς, από μόνες τους δεν αρκούν για να σκιαγραφήσουν το θερμικό και θερμορυθμιστικό προφίλ ενός είδους.

4.2 Απώλειες Νερού

Τα ποσοστά απώλειας νερού (EWL) αντανakλούν την ικανότητα ενός οργανισμού να διατηρεί το νερό στο σώμα του και επομένως αποτελεί ένα πολύ σημαντικό δείκτη για την επιβίωση των σαυρών (Bowker,1993). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τα Μεσογειακά ενδιαιτήματα όπου το νερό είναι χωρικά, ημερήσια και εποχιακά περιορισμένο (Kaliontzopoulou et al., 2008).

Τόσο τα θερμικά οικοφυσιολογικά χαρακτηριστικά όσο και αυτά που αφορούν την διατήρηση της υγρασίας μπορεί να συσχετίζονται (trade off) λόγω φυσικών περιορισμών. Συνήθως αναμένουμε είδη που εντοπίζονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες να προσαρμόζουν αναλόγως και την απώλεια νερού. Παρόλα αυτά, ενώ στο πείραμα για τη θερμική βιολογία εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ κάποιων πληθυσμών δεν παρατηρήθηκε το αντίστοιχο πρότυπο ως προς την απώλεια νερού. Συγκεκριμένα, δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στους δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν, ούτε μεταξύ των πληθυσμών μεμονωμένα, ούτε κατά την ομαδοποίηση τους (ηπειρωτική χώρα, νησιά).

Το φαινόμενο αυτό πιθανά οφείλεται στην εξελικτική συντηρητικότητα που εμφανίζουν κάποιες οικοφυσιολογικές διαδικασίες.

Τον τελευταίο καιρό, η οικοφυσιολογία κερδίζει έδαφος ως ένα χρήσιμο εργαλείο για την πρόβλεψη του κινδύνου εξαφάνισης (Wikelski and Cooke, 2008). Στο πλαίσιο αυτό, τα οικοφυσιολογικά δεδομένα θα μπορούσαν να προσφέρουν πιο ακριβείς πληροφορίες, για συγκεκριμένα είδη, σχετικά με τη βιογεωγραφία, οι οποίες θα μπορούσαν να προβληθούν τόσο στο παρελθόν όσο και στο μέλλον (Huey et al., 2012). Συνδυάζοντας στοιχεία από φυλογεωγραφία, οικοφυσιολογία και κλιματική αλλαγή θα μπορούσαμε να κατανοήσουμε καλύτερα τη σημερινή κατανομή των ειδών καθώς και πιθανές τροποποιήσεις αυτής από ανθρώπινους και μη ανθρώπινους παράγοντες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adamopoulou et al. 1999. Summer diet of *Podareis milensis*, *P. gaigeae* and *P. erhardii* (Sauria: Lacertidae). *Bonn. zool. Beitr.* 48:275-282.
- Adolph S.C., 1990. Influence of Behavioural Thermoregulation on Microhabitat Use by Two *Sceloporus* Lizards. *Ecology*, 71(1): 315- 327.
- Adolph, S.C., and W.P. Porter. "Temperature, activity and lizard life histories." *The American Naturalist* 142.2 (1993): 273-295.
- Angilletta M.J.Jr., Hill T., Robson M.A., 2002. Is physiological performance optimized by thermoregulatory behaviour?: a case study of the eastern fence lizard, *Sceloporus undulates*. *Journal of Thermal Biology*, 27: 199-204.
- ARNOLD, E.N. 1987. Resource partition among lacertid lizards in southern Europe. *Journal of Zoology* 1, 739–782.
- Arnold, 2002. Two new species of *Podarcis* (Squamata; Lacertidae) from Greece. *Systematics and Biodiversity* 6 (3): 307–318.
- Avery R.A., 1982. Field studies of body temperatures and thermoregulation. Pages 93-166 in Gans C. & Pough F.H., eds. *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. Physiology C: Physiological ecology. Academic Press, New York.
- Bakken G.S., 1981. How many equivalent black-body temperatures are there? *Journal of Thermal Biology*, 6: 59-60.
- Bakken G.S., 1992. Measurement and Application of Operative and Standard Operative Temperatures in Ecology. *American Zoologist*, 32(2): 194-216.

- Bakken G.S. & Gates D.M., 1975. Heat transfer analysis of animals: some implications for field ecology, physiology and evolution. Pages 255- 290 in Gates D.M. & Schmerl R.B., eds. Perspectives of biophysical ecology. Springer, New York.
- Barber B.J. & Crawford E.C., 1977. A stochastic dual-limit hypothesis for behavioural thermoregulation in lizards. *Physiological Zoology*, 50: 53-60.
- Bartholomew G.A. & Tucker V.A., 1963. Control of changes in body temperature, metabolism, and circulation in the agamid lizard, *Amphibolurus barbatus*. *Physiological Zoology*, 36: 199-218.
- Bartholomew G.A., 1982. Physiological control of body temperature. Pages 167-211 in Gans C. & Pough F.H., eds. *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. Physiology C: Physiological Ecology. Academic Press, New York.
- BAUWENS, D., P. E. HERTZ & A. M. CASTILLA, 1996: Thermoregulation in a lacertid lizard: the relative contribution of distinct behavioral mechanisms. – *Ecology* 77, 1818–1830.
- Bicego et al, 2007. Physiology of temperature regulation: Comparative aspects. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A Molecular & Integrative Physiology* 147(3):616-39
- Blouin-Demers G. & Nadeau P., 2005. The cost-benefit model of thermoregulation does not predict lizard thermoregulatory behaviour. *Ecology* 86(3): 560-566.
- Bogert C.M., 1959. How reptiles regulate their body temperatures. *Scientific American*, 200: 105-120.
- Böhme, W. & Lymberakis, P. (2009). *Algyroides moreoticus*. In IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. IUCN. Accessed: December 2014.
- Bowker, R.G. (1993). The thermoregulation of the lizards *Cnemidophorus exanguis* and *C. velox*: some consequences of high body temperature. In *Biology of whiptail lizards(genus Cnemidophorus)*, 117–132. Wright J.W. & Vitt L.J. (eds). Norman: Oklahoma Museum Natural History.
- Bran~ a, F. 1991. Summer activity patterns and thermoregulation in the wall lizard, *Podarcis muralis*. *Herpetological Journal* 1:544–549.
- Carretero M.A., Roig J.M., Llorente G.A., 2005. Variation in preferred body temperature in an oviparous population of *Lacerta* (*Zootoca*) *vivipara*. *Herpetological Journal*, 15: 51-55.
- Carneiro D., García-Muñoz E., Žagar A., Pafilis P., Carretero M.A., 2017. Is ecophysiology congruent with the present-day relictual distribution of a lizard group? Evidence from preferred temperatures and water loss rates. *Herpetological Journal*, Volume 27 : 47–56

- Carneiro D., García-Muñoz E., Kaliontzopoulou A., Llorente G.A., Miguel A. Carretero M.A., 2015. Comparing ecophysiological traits in two *Podarcis* wall lizards with overlapping ranges. *SALAMANDRA*, 51(4) : 335-344
- Castilla, A.M., R. Van Damme, and D. Bauwens. 1999. Field body temperatures, mechanisms of thermoregulation and evolution of thermal characteristics in lacertid lizards. *Natura Croatica* 8:253–274.
- Castilla A.M. & Bauwens D., 1991. Thermal biology, microhabitat selection, and conservation of the insular lizard *Podarcis hispanica atrata*. *Oecologia*, 85: 366-374.
- Christian K.A. & Bedford G.S., 1995. Seasonal Changes in Thermoregulation by the Frillneck Lizard, *Chlamydosaurus Kingii*, in Tropical Australia. *Ecology*, 76(1): 124-132.
- Christian K.A. & Weavers B.W., 1996. Thermoregulation of Monitor Lizards in Australia: An Evaluation of Methods in Thermal Biology. *Ecological Monographs*, 66(2): 139-157.
- Christian K.A. & Tracy C.R., 1985. Physical and biotic determinants of space utilization by the Galapagos land iguana (*Conolophus pallidus*). *Oecologia (Berlin)*, 66: 132-140.
- Christian K.A., Tracy Ch.R. & Tracy C.R., 2006. Evaluating Thermoregulation in Reptiles: An Appropriate Null Model. *The American Naturalist*, 168: 421-430.
- Clusella Trullas, S., J.S. Terblanche, J.H. Van Wyk, and J.R. Spotila. 2007. Low repeatability of preferred body temperature in four species of cordylid lizards: Temporal variation and implications for adaptive significance. *Evolutionary Ecology* 21:63–79.
- Cowles R.B., & Bogert C.M., 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 82: 265-296.
- DeWitt C.B. & Friedman R.M., 1979. Significance of Skewness in Ectotherm Thermoregulation. *American Zoologist*, 19(1): 195-209.
- Diaz J.A., 1997. Ecological correlates of the thermal quality of an ectotherm's habitat: a comparison between two temperate lizard populations. *Functional Ecology*, 11: 79-89.
- Díaz J.A., Iraeta P., Monasterio C., 2006. Seasonality provokes a shift of thermal preferences in a temperate lizard, but altitude does not. *Journal of Thermal Biology*, 31: 237-242.
- Flatt, T., R. Shine, P. A. Borges-Landaez & S. J. Downes (2001): Phenotypic variation in an oviparous montane lizard (*Bassiana duperreyi*): the effects of thermal and hydric incubation environments. – *Biological Journal of the Linnean Society*, 74: 339–350.

- Firth B.T. & Turner J.S., 1982. Sensory, neural, and hormonal aspects of thermoregulation. Pages 213-274 in Gans C. & Pough F.H., eds. *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. Physiology C: Physiological Ecology. Academic Press, New York.
- Grant B.W. & Dunham A.E., 1988. Thermally imposed time constraints on the activity of the desert lizard *Sceloporus merriami*. *Ecology*, 69(1): 167-176.
- Greenberg N., 1976. Thermoregulatory aspects of behaviour in the blue spiny lizard *Sceloporus cyanogenys* (Sauria, Iguanidae). *Behaviour*, 59: 1-21.
- Gvoždík L. & A. M. Castilla (2001): A Comparative Study of Preferred Body Temperatures and Critical Thermal Tolerance Limits among Populations of *Zootoca vivipara* (Squamata: Lacertidae) along an Altitudinal Gradient. – *Journal of Herpetology*, 35: 486–492.
- Harris D.J., Arnold E.N. & Thomas R.H., 1998. Relationships of lacertid lizards (Reptilia: Lacertidae) estimated from mitochondrial DNA sequences and morphology. *Proceedings of the Royal Society, London*, 265(B): 1939-1948.
- Harris D.J., Pinho C., Carretero M.A., Corti C., Böhme W., 2005. Determination of genetic diversity within the insular lizard *Podarcis tiliguerta* using mtDNA sequence data, with reassessment of the phylogeny of *Podarcis*. *Amphibia-Reptilia*, 26:401-407.
- Heatwole H.F., 1976. *Reptile Ecology*. University of Queensland Press, St. Lucia. Princeton University Press, Princeton.
- Herczeg G., Gonda A., Saarikivi J., Merilä J., 2006. Experimental support for the cost-benefit model of lizard thermoregulation. *Behavioural*
- Herczeg G., Herrero A., Saarikivi J., Gonda A., Jantti M., Merila J., 2008. Experimental support for the cost-benefit model of lizard thermoregulation: the effects of predation risk and food supply. *Oecologia*, 155: 1-10.
- Herkt, M. 2007. Modelling habitat suitability to predict the potential distribution of Erhard's wall lizard *Podarcis erhardii* on Crete. M.Sc. thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, the Netherlands.
- Hertz P.E., R.B. Huey, and R.D. Stevenson. 1993. Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: the fallacy of the inappropriate question. *Am Nat* 142:796– 818.
- Hertz P.E., 1992. Temperature Regulation in Puerto Rican Anolis Lizards: A Field Test Using Null Hypotheses. *Ecology*, 73(4): 1405-1417.
- Hertz P.E. & Huey R.B., 1981. Compensation for Altitudinal Changes in the Thermal Environment by Some Anolis Lizards on Hispaniola. *Ecology*, 62(3): 515-521.
- Hitchcock M.A. & McBrayer L.A., 2006. Thermoregulation in Nocturnal Ectotherms: Seasonal and Intraspecific Variation in the Mediterranean Gecko

(*Hemidactylus turcicus*). *Journal of Herpetology*, 40(2): 185-195. Huey R.B., 1982. Temperature, physiology,

Huey R.B., 1982. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. Pages 25-91 in Gans C. & Pough F.H., eds. *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. Physiology C: Physiological ecology. Academic Press, New York.

Huey R.B., 1991. Physiological Consequences of Habitat Selection. *The American Naturalist*, 137: S91-S115.

Huey R.B. & Pianka E.R., 1977. Seasonal Variation in Thermoregulatory Behavior and Body Temperature of Diurnal Kalahari Lizards. *Ecology*, 58(5): 1066-1075.

Huey & Slatkin, 1976. Cost and Benefits of Lizard Thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology*, Vol. 51, No. 3 (Sep., 1976), 363-384

Kaliontzopoulou, A., M. A. Carretero & G. A. Llorente (2012): Morphology of the *Podarcis* wall lizards (Squamata: Lacertidae) from the Iberian Peninsula and North Africa: patterns of variation in a putative cryptic species complex. – *Zoological Journal of the Linnean Society*, 164: 173–193.

Kearney M. & Predavec M., 2000. Do Nocturnal Ectotherms Thermoregulate? A Study of the Temperate Gecko *Christinus marmoratus*. *Ecology*, 81(11): 2984-2996.

Licht P., Dawson W.R., Shoemaker V.H., Main A.R., 1966. Observations on the thermal relations of western Australian lizards. *Copeia*, 1966: 97-110.

Lorenzon, P., J. Clobert, A. Oppliger & H. John-Alder (1999): Effect of water constraint on growth rate, activity and body temperature of yearling common lizard (*Lacerta vivipara*). – *Oecologia*, 118: 423–430.

Lymberakis P., Poulakakis N., Kaliontzopoulou A., Valakos E. & Mylonas M., 2008. Two new species of *Podarcis* (Squamata: Lacertidae) from Greece. *Systematics and Biodiversity*, 6: 307-318.

Mautz, W. J. (1982): Patterns of evaporative water loss. – pp. 443–481 in: Gans C. & F. H. Pough (eds): *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. – Academic Press. New York.

OSOJNIK N. , ZAGAR A.,CARRETERO M.A., GARCIA-MUNOZ E., VREZEC A., 2013. ECOPHYSIOLOGICAL DISSIMILARITIES OF TWO SYMPATRIC LIZARDS. *Herpetologica*, 69(4) : 445–454

Porter W.P., Mitchell J.W., Beckman W.A. & DeWitt C.B., 1973. Behavioural implications of mechanistic ecology. Thermal and behavioural modelling of desert ectotherms and their microenvironment. *Oecologia*, 13: 1-54.

Pough F.H. & Gans C., 1982. The vocabulary of reptilian thermoregulation. Pages 17-23 in Gans C. & Pough F.H., eds. *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. Physiology C: Physiological ecology. Academic Press, New York.

- Pough F.H., Andrews R.M., Cadle J.E., Crump M.L., Savitzky A.H. & Wells K.D., 1998. Herpetology. Prentice Hall, New Jersey.
- Sagonas K., Meiri S., Valakos E., & Pafilis P., (2013a). The impact of insularity on the thermoregulation of a Mediterranean lizard. *Journal of Thermal Biology*, 38(8),480-486.
- Sagonas K., Meiri S., Valakos E., & Pafilis P., (2013b). The effect of body size on the thermoregulation of lizards on hot, dry Mediterranean islands . *Journal of Thermal Biology*, 92-97.
- SA-Sousa 2000. A PREDICTIVE DISTRIBUTION MODEL FOR THE IBERIAN WALL LIZARD (*PODARCIS HISPANICUS*) IN PORTUGAL. *Herpetological Journal* 10:1-11.
- Scheers H. & Van Damme R., 2002. Micro-scale differences in thermal habitat quality and a possible case of evolutionary flexibility in the thermal physiology of lacertid lizards. *Oecologia*, 132: 323-331.
- Seebacher & Franklin, 2005. Physiological mechanisms of thermoregulation in reptiles: a review. *Journal of Comparative Physiology B*, 175: 533-541.
- Shine R. & Kearney M., 2001. Field studies of reptile thermoregulation: how well do physical models predict operative temperatures? *Functional Ecology*, 15: 282-288.
- Shoemaker και Nagy, 1977. Osmoregulation in amphibians and reptiles. *Ann. Rev. Physiol.*, 34:449-71.
- Sillero, N., & Carretero, M. A. (2013). Modelling the past and future distribution of contracting species. The Iberian lizard *Podarcis carbonelli* (Squamata: Lacertidae) as a case study. *Zoologischer Anzeiger*, 252, 289–298.
- Stevenson R.D., 1985a. Body size and limits to the daily range of body temperature in terrestrial ectotherms. *American Naturalist*, 125: 102-117.
- Stevenson R.D., 1985b. The relative importance of behavioural and physiological adjustments controlling body temperature in terrestrial ectotherms. *American Naturalist*, 126: 362-386.
- Tosini G. & Avery R., 1993. Intraspecific variation in lizard thermoregulatory set points: A thermographic study in *Podarcis muralis*. *Journal of Thermal Biology*, 18(1): 19-23.
- Van Damme R., Bauwens D. & Verheyen R.F., 1986. Selected body temperatures in the lizard *Lacerta vivipara*: Variation within and between populations. *Journal of Thermal Biology*, 11(4): 219-222.
- Van Damme R., Bauwens D., Castilla A.M. & Verheyen R.F., 1989. Altitudinal variation of the thermal biology and running performance in the lizard *Podarcis tiliguerta*. *Oecologia* 80: 516-524.

Van Damme R., Bauwens D., Verheyen R.F., 1990. Evolutionary rigidity of thermal physiology: the case of the cool temperate lizard *Lacerta vivipara*. *Oikos*, 57: 61-67.

Wikelski and Cooke, 2008. Biotelemetry and biologging in endangered species research and animal conservation: relevance to regional, national, and IUCN Red List threat assessments. 4:165-185

Zamora-Camacho 2012. Elevational variation in body-temperature response to immune challenge in a lizard. *PeerJ*.

Παφίλης Π. (2003). Προσαρμογές σαυρών της οικογένειας Lacertidae βάση της θερμικής τους βιολογίας, του μεταβολικού τους ρυθμού και της φυλογενετικής τους ιστορίας, Διδακτορική διατριβή.

Παφίλης Π., Βαλάκος Ε. (2012). Αμφίβια και Ερπετά της Ελλάδας- Οδηγός Αναγνώρισης, Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα, 134-136, 176-180, 184-185.

Σπανέλη Β., 2009. Στοιχεία οικολογίας και θερμικής βιολογίας της σαύρας *Podarcis cretensis*. Μεταπτυχιακή Διατριβή,.

Ιστοσελίδες

www.wikipedia.org