ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ- ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΒΙΟΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΑΡΑΧΝΩΝ (ARANEAE: GNAPHOSIDAE) ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ, ΚΡΗΤΗ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2011

UNIVERSITY OF CRETE

DEPARTMENT OF BIOLOGY

MASTER THESIS

EFFECTS OF URBANIZATION ON GROUND SPIDERS (ARANEAE: GNAPHOSIDAE) ALONG AN URBAN-RURAL GRADIENT IN HERAKLION, CRETE

PANAYIOTOU ELENI

HERAKLION 2011

Επιβλέπων καθηγητής:

Μ. Μυλωνάς, Καθηγητής Παν/μίου Κρήτης

Μέλη εξεταστικής επιτροπής:

Ι. Καρακάσης, Αναπλ. Καθηγητής Παν/μίου Κρήτης

Μ. Χατζάκη, Λέκτορας Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης

Εικόνα εξωφύλλου: Γλυπτό της Louise Bourgeois στο Tate Modern, Λοδίνο.

Όπως απαθανατίστηκε από τον Rob Telford.

Προλογος

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «*Διαχείριση Χερσαίων και Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων*» του Τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης. Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Αρθροπόδων του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης του Πανεπιστημίου Κρήτης και υποβλήθηκε στο Τμήμα Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Μωυσή Μυλωνά, τόσο για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου με την ανάθεση της εργασίας, αλλά και για όλα όσα μου έχει διδάξει και διδάσκει για τη μελέτη των χερσαίων οικοσυστημάτων της Ελλάδας.

Ευχαριστώ τα άλλα δύο μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής της παρούσας διατριβής, τον αναπληρωτή καθηγητή Ιωάννη Καρακάση και τη Λέκτορα Μαρία Χατζάκη για τις συμβουλές της και την καθοδήγηση της, για τις γνώσεις που μου παράσχει όσον αφορά τη συστηματική και την οικολογία των αραχνών.

Ευχαριστώ τον έφορο Αρθροπόδων του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Α. Τριχά για τη βοήθεια, τη στήριξη αλλά και για τις γνώσεις που μου προσέφερε.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον υποψήφιο διδάκτορα Δημήτρη Καλτσά για τη σημαντική βοήθεια του τόσο στην ανάλυση των δεδομένων, αλλά και γιατί είναι ο εμπνευστής του θέματος της παρούσας διατριβής. Τον ευχαριστώ και για τη στήριξη του τόσο σε θέματα επιστημονικού αλλά και προσωπικού επίπεδού, για τις συζητήσεις στο εργαστήριο και για τις γνώσεις που αποκόμισα.

Ευχαριστώ επίσης θερμά τον Στέλιο Σημαιάκη, για τη σημαντική βοήθεια του τόσο στις εργασίες πεδίου, αλλά και για τις συμβουλές, τις παρατηρήσεις και την υποστήριξη του.

Ευχαριστώ όλα τα υπόλοιπα στελέχη του εργαστηρίου Αρθροπόδων του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης Ι. Στάθη, Λ. Καρδάκη για την ευχάριστη ατμόσφαιρα και τη στήριξη τους.

Ευχαριστώ το Μ. Νικολακάκη, υπεύθυνο GIS στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, για τη δημιουργία των βάσεων δεδομένων των δειγματοληψιών.

Ευχαριστώ θερμά τον Μ. Αβρααμάκη για τη σημαντική συνεισφορά του στην αναγνώριση των φυτικών ειδών σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας.

Ευχαριστώ όλους τους φίλους στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Π. Λυμπεράκη, Κ. Βαρδινογιάννη, Χ. Μπαρμπούτη, Γ. Ηλιόπουλο, Μ. Τρικάλη, Π. Καπλή, Π. Γεωργαντής για τη βοήθεια και τη στήριξη που μου προσέφεραν.

Ευχαριστώ το Ν. Τσιριγωτάκη για τη συμπαράσταση του και στη σημαντική βοήθεια του στη συλλογή δειγμάτων στους περιαστικούς σταθμούς. Ευχαριστώ τον Α. Νερσεσιάν για την ανεκτίμητη βοήθεια του στη συλλογή δειγμάτων στους υπόλοιπους αστικούς και προαστικούς σταθμούς, αλλά και για τη στήριξη του όλη αυτή την περίοδο.

Ευχαριστώ τους φίλους Γιώτα, Μέριεμ και Ματίας στο εργαστήριο στο Ι.Τ.Ε. για τη φιλοξενία τους κατά τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας διατριβής. Ευχαριστώ τους επίσης τη φίλη μου Δέσποινα από το εργαστήριο Νευροεπιστημών της Ιατρικής για τη φιλοξενία, την υπομονή και την υποστήριξη. Ευχαριστώ τους φίλους μου Σταυρούλα, Μελένια, Κατερίνα, Γιώργο, Γιάννη, Γιώργο, Βασιλική, Χριστίνα.

Ευχαριστώ την οικογένεια μου. Τους γονείς μου, Σωτήρη και Στέλλα, για όλα όσα μου παρέχουν και μου προσφέρουν, για τις συμβουλές, την καθοδήγηση, την υπομονή και την αγάπη τους. Χωρίς αυτούς η εκπόνηση της μελέτης αυτής δεν θα ήταν εφικτή. Τα αδέρφια μου, Χρίστο, Γεωργία και Αλέξανδρο, για τη στήριξη τους, τις συζητήσεις και την αγάπη τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή……1

1.1 Αστικοποίηση…… 1

1.2 Τα αστικά οικοσυστήματα……2

1.2.1 Τα χαρακτηριστικά των αστικών οικοσυστημάτων…… 4

1.2.2 Το κλίμα των αστικών οικοσυστημάτων…… 9

1.2.3 Το αστικό υπόστρωμα: αστικό έδαφος……10

1.2.4 Οι οργανισμοί στην πόλη…….. 11

1.3 Η διαβάθμιση αστικών-περιαστικών ζωνών……14

1.4 Οργανισμοί που χρησιμοποιούνται σαν δείκτες στις μελέτες των αστικών οικοσυστημάτων…… 17

1.5 Στόχοι της παρούσας μελέτης……19

Κεφάλαιο 2. Υλικά και Μέθοδοι…….. 21

2.1 Περιοχές μελέτης..... 21

2.1.1 Επιλογή περιοχών μελέτης.....21

2.1.2 Τα χαρακτηριστικά των σταθμών μελέτης.....22

2.2 Εργασία πεδίου.....23

2.2.1 Μέθοδος δειγματοληψίας..... 23

2.2.2 Χωροθέτηση παγίδων εδάφους και πρόγραμμα δειγματοληψιών.....24

2.3 Ανάλυση δεδομένων.....26

2.3.1 Διαλογή υλικού, ταξινόμηση και ποιοτικά δεδομένα.....26

2.3.2 Ποσοτικά δεδομένα.....27

2.3.3 Πανιδική ομοιότητα των περιοχών μελέτης..... 27

2.3.4 Πλούτος ειδών.....28

2.3.5 Διαφοροποίηση στο χώρο 29

2.3.6 Κατανομή σωματικού μεγέθους..... 32

2.3.7 Τριγωνομετρική στατιστική ανάλυση της φαινολογίας..... 33

2.3.8 Δεδομένα κατασκευής φαινογραμμάτων..... 34

Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα..... 35

3.1 Συστηματική παρουσίαση των αραχνών..... 35

3.1.1 Οι οικογένειες των αραχνών..... 35

3.1.2 Τα είδη των αραχνών..... 35

3.1.3 Πανιδική ομοιότητα των περιοχών μελέτης..... 37

3.2 Πρότυπα οργάνωσης των βιοκοινοτήτων.....38

3.2.1 Σύνθεση βιοκοινοτήτων..... 38

3.2.2 Διαφοροποίηση στο χώρο.....41

3.2.3 Κατανομή σωματικού μεγέθους..... 48

3.3 Διαφοροποίηση στο χρόνο..... 50

3.3.1 Τριγωνομετρική στατιστική ανάλυση της φαινολογίας..... 51

3.3.2 Εποχική διαφοροποίηση των ειδών.....56

3.3.2.1 Συσχέτιση δραστηριότητας και αφθονίας.....56

3.3.2.2 Σχετική αφθονία και φαινολογία των κυρίαρχων ειδών.....60

Κεφάλαιο 4. Συζήτηση.....69

Γενικά Συμπεράσματα.....86

Περίληψη..... 87

English Summary.....88

Βιβλιογραφία..... 85

Παράρτημα..... 101

Κεφαλαιο 1

Εισαγωγη

1.1 Αστικοποίηση

Λόγω της τεχνολογικής προόδου και της μεγάλης αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού, καθώς και της έφεσης του ανθρώπου για κατανάλωση, σήμερα το ανθρώπινο είδος είναι μια δύναμη ικανή να επηρεάσει κάθε άλλο είδος και οικοσύστημα στον πλανήτη (Collins *et al*. 2000; Alberti *et al*. 2003; Berry 2008). Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών οι άνθρωποι συρρέουν συνεχώς στις πόλεις, ενώ θεωρείται ότι η ανθρωπότητα σήμερα βιώνει το μεγαλύτερο κύμα αστικής ανάπτυξης στην ιστορία της (Alberti *et al*. 2003). Στη σημερινή εποχή πάνω από το 50% του ανθρώπινου πληθυσμού διαμένει σε πόλεις, ενώ πριν από 50 χρόνια ζούσε ήδη το 30%. Οι αστικές περιοχές ενισχύονται με περίπου 67 εκατομμύρια ανθρώπους το χρόνο, και θεωρείται ότι μέχρι το 2030 πέντε δισεκατομμύρια άνθρωποι θα κατοικούν σε αστικές περιοχές (60% του προβλεπόμενου παγκόσμιου πληθυσμού) (United Nations Population Fund 2007).

Η Κρήτη είναι το νοτιότερο νησί της Ελλάδας και έχει έκταση 8335 km^2. Χωρίζεται σε τέσσερα διοικητικά διαμερίσματα (νομούς Ηρακλείου, Λασιθίου, Χανίων και Ρεθύμνου). Στη θέση του Ηρακλείου υπήρχε μια μικρή πόλη από τη Ρωμαϊκή Εποχή, και η μεταφορά της κυρίως πόλης από την Κνωσσό στα παράλια σημειώθηκε κατά την Αραβοκρατία (Rackham & Moody 2004). Η μεσαιωνική πόλη Χάνδακας (Candia) ήταν αρκετά μικρή αλλά επεκτάθηκε αρκετά γρήγορα. Κατά το $16^{ο}$ αιώνα οχυρώθηκε με εξαιρετικά μεγάλους κυκλικούς περίβολους από γιγάντια τείχη. Σύμφωνα με τους Rackham & Moody (2004) ο Χάνδακας ήταν τότε τόσο μεγάλη πόλη όσο το Λονδίνο αλλά με λιγότερο πληθυσμό. Κατά την Οθωμανική κυριαρχία ο πληθυσμός των πόλεων λόγω της πανώλης διατηρείτο σε χαμηλά επίπεδα. Μέχρι τη δεκαετία του 1910 τα Ενετικά τείχη «δέσποζαν πάνω σε γυμνά τοπία» (Rackham & Moody 2004). Από το 1913 η Κρήτη είναι κομμάτι του ελληνικού κράτους. Κατά τη δεκαετία του 1920 οι πόλεις έχασαν πάλι ένα μέρος του πληθυσμού τους λόγω της αποχώρησης των μουσουλμάνων (Rackham & Moody 2004). Ο πληθυσμός του νησιού έχει περίπου διπλασιαστεί από το 1920, ενώ το νησί βιώνει ένα έντονο κύμα αστικοποίησης (Briassoulis 2003). Ο πληθυσμός της Κρήτης αυξήθηκε κατά 31,65% μεταξύ των ετών 1971 και 2001. Οι νομοί Ηρακλείου και Ρεθύμνου παρουσίασαν τους ψηλότερους ρυθμούς με 40,36% και 34,12% αντίστοιχα. Η πληθυσμιακή αυτή μεταβολή ήταν αποτέλεσμα τόσο φυσικής αύξησης του πληθυσμού, όσο και μείωσης της μετανάστευσης. Παρόλα αυτά το φαινόμενο της μετακίνησης ανθρώπων στις πόλεις συνέβαλε στην αστικοποίηση των μεγαλύτερων πόλεων της Κρήτης. Η αστική-περιαστικκή σύνθεση του πληθυσμού το 1971 ήταν: το 55,76% ζούσε στις περιαστικές ζώνες και το 44,24% στις αστικές ζώνες. Τα ποσοστά αυτά το 1991 παρουσιάζονται ως εξής: 46,2 %

πληθυσμός περιαστικών ζωνών και 53,8% πληθυσμός στις αστικές περιοχές και κοντά σε αυτές (Briassoulis 2003).

Οι άνθρωποι μετέφεραν οργανισμούς στην Κρήτη (για παράδειγμα άγριες αίγες, αρουραίους, χαρουπιά) τα τελευταία 7.000 χρόνια (Vogiatzakis & Rackham 2008). Το φυτό *Oxalis pes-caprae* (η κοινή ξυνίθρα) από τη Νότιο Αφρική θεωρείται ότι είναι πλέον από τα πιο κοινά φυτά στο νησί. Το δέντρο *Ailanthus altissima* που προέρχεται από την Κίνα και πιθανότατα εισήχθηκε από τον Sir Arthur Evans, έχει καλλιεργηθεί ευρέως στο νησί και έχει αρχίσει να υπερκυριαρχεί στον αρχαιολογικό χώρο της Κνωσού. Στις πιο πρόσφατες εισαγωγές περιλαμβάνονται ποώδη φυτά του γένους *Paspalum*, τα οποία είναι κυρίως τροπικά και έχουν γίνει άφθονα σε πορτοκαλεώνες. Επίσης τα φυτά *Hirschfeldia incana* και *Conyza albida*, έχει παρατηρηθεί ότι αφθονούν κοντά σε δρόμους, και πιθανότατα έχουν επωφεληθεί από τη μεγάλη ανάπτυξη οδικών οδοστρωμάτων που παρατηρείται (Vogiatzakis & Rackham 2008). Οι άνθρωποι επίσης δημιούργησαν καινούρια ενδιαιτήματα για πολλούς οργανισμούς, για παράδειγμα το φυτό *Petromarula pinnata* το οποίο είναι ενδημικό είδος των απότομων πλαγιών και γκρεμών, καλλιεργήθηκε τεχνητά και είναι πολύ κοινό σε μεσαιωνικά οικοδομήματα (Vogiatzakis & Rackham 2008). Το λουλούδι της πόλης του Ηρακλείου είναι το *Hyoscyamus aureus* το οποίο αναπτύσσεται στα Ενετικά Τείχη της πόλης, που είναι η μοναδική τοποθεσία του στην Ευρώπη (Vogiatzakis & Rackham 2008).

1.2 Τα αστικά οικοσυστήματα

Αν και θεωρείται από πολλούς ότι οι πόλεις δεν παρουσιάζουν κάποιο ενδιαφέρον σαν οικοσυστήματα, οι περισσότεροι άνθρωποι ανάμεσα τους και πολλοί επιστήμονες, διαβιούν στα αστικά οικοσυστήματα και υποφέρουν άμεσα από την υποβάθμιση τους (Botkin & Beveridge 1997). Οι πόλεις θεωρούνται τα πιο διαταραγμένα οικοσυστήματα στον πλανήτη, ενώ μέσα στα όρια τους παρουσιάζονται κάποιες από τις πιο διαφοροποιημένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Μέσα στις πόλεις οι άνθρωποι δημιουργούν καινούρια ενδιαιτήματα, μεταφέρουν νερό, επηρεάζουν τη θερμοκρασία και άμεσα ή έμμεσα ελέγχουν και μεταχειρίζονται τις βιοκοινότητες των άλλων ειδών που παρουσιάζονται στα όρια μιας πόλης ή ακόμη και έξω από αυτά (Rebele 1994; Collins *et al*. 2000).

Η μελέτη των οικολογικών προτύπων και διαδικασιών στα αστικά οικοσυστήματα θεωρείται πλέον ένας νέος κλάδος της οικολογίας (Shochat *et al*. 2004; Gaston 2010). Μέχρι και σήμερα οι περισσότερες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην ορνιθοπανίδα των αστικών περιοχών (Marzluff *et al*. 2001), ενώ πολύ λιγότερες μελέτες έχουν γίνει για τα υπόλοιπα σπονδυλωτά και τους ασπόνδυλους οργανισμούς (McIntyre 2000). Παρόλο που όπως προαναφέρθηκε οι ανθρώπινες

δραστηριότητες επηρεάζουν πλέον πολλά από τα ενδιαιτήματα του πλανήτη (Grimm *et al*. 2000, 2008; Alberti *et al*. 2003) μεγάλο ποσοστό των ερευνών επικεντρώνεται στα φυσικά και λιγότερο διαταραγμένα οικοσυστήματα (McIntyre 2000; Shochat *et al*. 2006).

Η αστική οικολογία σχετίζεται με την οικολογική έρευνα που γίνεται στις πόλεις. Ο όρος «αστικός» ("urban") σχετίζεται με πολλές ερμηνείες, αλλά είναι ένας γεωγραφικός όρος που χαρακτηρίζει τον τρόπο χρήσης μιας έκτασης . Ένας γενικός ορισμός υποδηλώνει ότι μια αστική περιοχή ή μια πόλη είναι μια μεγάλη, πυκνοκατοικημένη περιοχή η οποία χαρακτηρίζεται από βιομηχανικές, επιχειρηματικές και κατοικημένες περιοχές (Niemela 1999). Υπάρχει μια συνεχής μείωση της ανθρώπινης επιρροής προχωρώντας από τα αστικά κέντρα στις φυσικές και αδιατάραχτες περιοχές. Για τη μελέτη των οικολογικών μεταβολών που παρατηρούνται κατά μήκος αυτής της διαβάθμισης, εισήχθηκε η προσέγγιση αστικών-περιαστικών ζωνών (McDonnell & Pickett 1990). Ο όρος «περιαστικός» ("rural") αναφέρεται σε περιοχές που βρίσκονται γύρω από τις αστικές και τις προαστικές ("suburban") ζώνες (McDonnell & Pickett 1990). Η αστικοποίηση είναι η διαδικασία μετατροπής της γης σε αστικά περιβάλλοντα (Niemela 1999). Το φαινόμενο αυτό λαμβάνει χώρα σε παγκόσμια κλίμακα και οι αστικές περιοχές επεκτείνονται όλο και περισσότερο (Σχήμα 1.1). Η αστική οικολογία ορίζεται σαν η μελέτη των ζωντανών οργανισμών σε σχέση με το περιβάλλον τους σε αστικά κέντρα και σε πόλεις (Sukopp 2008a; Gaston 2010). Αυτή η προσέγγιση θεωρεί την πόλη σαν ένα οικοσύστημα το οποίο χαρακτηρίζεται από την ιστορία, τη δομή και τις λειτουργίες του, συμπεριλαμβανομένων τόσο των βιοτικών και αβιοτικών στοιχείων της (Sukkop 2008b).

Οι αρχικές έρευνες που έλαβαν χώρα στα αστικά κέντρα προσπαθούσαν να ανακαλύψουν τη «φύση» μέσα στην πόλη, και όχι τη φύση της πόλης σαν ολοκληρωμένο σύστημα (Sukkop 2008b). Κατά την ανάπτυξη του σύγχρονου οικολογικού κινήματος τις δεκαετίες των '60 και '70, έγινε δημοφιλής η θεωρία ότι οι πόλεις και οτιδήποτε γύρω από αυτές ήταν άσχημο, ενώ αντίθετα κάθε τι «φυσικό» θεωρείτο φυσιολογικό (Botkin & Beveridge 1997). Οι πόλεις είναι ρυπασμένες, βρώμικες, τεχνητές, από τις οποίες λείπει το φυσικό στοιχείο, άρα οι πόλεις είναι άσχημες. Αντίθετα οι φυσικές περιοχές δεν είναι ρυπασμένες, είναι γεμάτες με «άγρια» ζωή και γηγενή χλωρίδα, άρα οι φυσικές περιοχές είναι υγιείς (Botkin & Beveridge 1997).

Η αστική ανάπτυξη θεωρείται από τις κυριότερες αιτίες που προκαλούν αύξηση του ρυθμού εξαφάνισης των ειδών, ενώ σε πολλές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν και εξαφανίσεις πολλών τοπικών ειδών (McKinney 2002). Μια άλλη μεγάλη πρόκληση διαχειριστικής σημασίας είναι ότι οι οικολογικοί θώκοι των εξαφανισθέντων αυτών ειδών, σε πολλές περιπτώσεις καταλαμβάνονται από άλλα

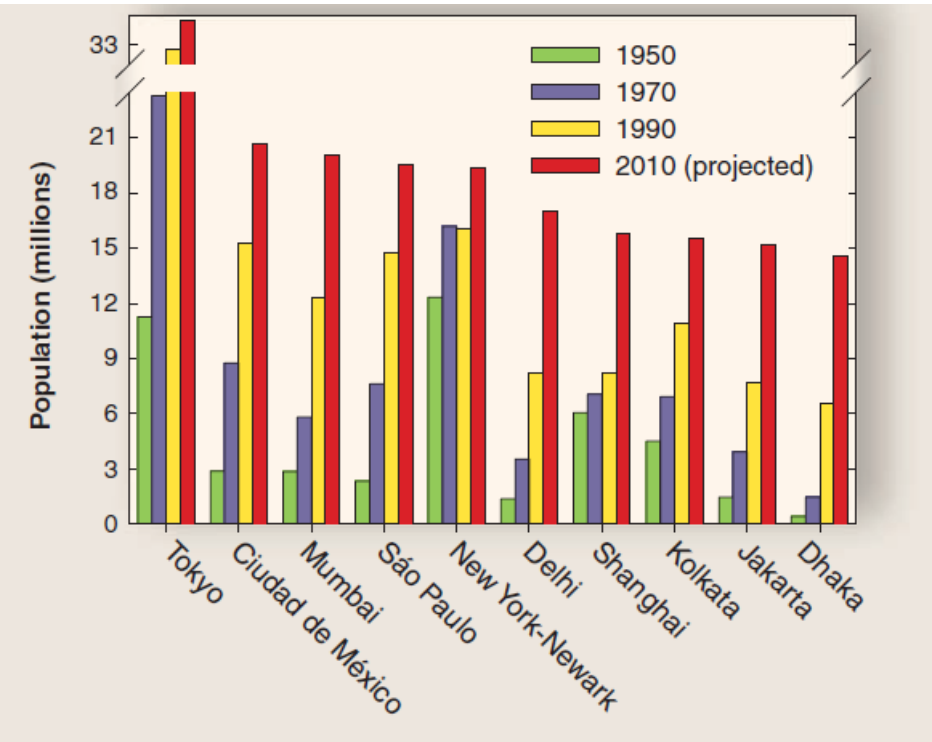
κοσμοπολίτικα και ευρέως εξαπλωμένα είδη. Η διαδικασία αυτή ονομάστηκε «βιοτική ομογενοποίηση» ("biotic homogenization") και απειλεί με μείωση της βιολογικής μοναδικότητας των οικοσυστημάτων (Blair 1999; McKinney 2002).

Αν θέλουμε να βελτιώσουμε την ποιότητα ζωής των ανθρώπων στις αστικές περιοχές, οι οποίες αυξάνονται και εξαπλώνονται συνεχώς (Σχήμα 1.2), πρέπει να εστιάσουμε στη συστηματική μελέτη τους. Επίσης, οι πόλεις εδρεύουν κοντά σε περιοχές-κλειδιά, ποτάμια, λιμάνια, ή καταρράκτες. Κατά συνέπεια, οι αστικές περιοχές αναπτύσσονται σε περιοχές με μεγάλη διαχειριστική αξία. Όποτε αν ενδιαφερόμαστε για βιολογική διαχείριση, πρέπει να ξεκινήσουμε να σχεδιάζουμε τα αστικά οικοσυστήματα και ενδιαιτήματα με τον ίδιο τρόπο που σχεδιάζουμε και προστατεύουμε τις φυσικές περιοχές και τις αγροτικές περιοχές (Botkin & Beveridge 1997; Alberti *et al*. 2003). Η οικολογία, όπως και οι υπόλοιπες επιστήμες, έχει εξελιχθεί πολύ τα τελευταία χρόνια και θεωρείται ότι πλέον μπορεί να αντιμετωπίσει τα θέματα που σχετίζονται με τις ανθρώπινες επεμβάσεις (Parlange 1998).

Σχήμα 1.1. Οι επιπτώσεις της αστικοποίησης στον πλανήτη είναι πια ορατές από το διάστημα. Μια σύνθετη εικόνα από δορυφορικές φωτογραφίες που δείχνουν πως φαίνεται η γη τη νύκτα. Από Grimm *et al*. (2008) (Πηγή: Aeronautics and Space Administration).

1.2.1 Χαρακτηριστικά των αστικών οικοσυστημάτων

Στις μελέτες του Howard Odum* σημειώνεται ότι ημερησίως μια πόλη μετατρέπει σε θερμότητα περίπου 70 φορές περισσότερη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2) σε σύγκριση με τους υφάλους στρειδιών, ένα μη-ανθρώπινο οικοσύστημα που είναι ισοδύναμο με τα αστικά οικοσυστήματα (αναφορά από Collins *et al*. 2000). Ένα φυσικό οικοσύστημα είναι αυτότροφο γιατί παράγει ενδογενώς ενέργεια μέσω των λειτουργιών της φωτοσύνθεσης ή της χημειοσύνθεσης· εν αντιθέσει μια πόλη είναι ένα ετερότροφο σύστημα που εξαρτάται πρωταρχικώς από εξωτερικές πηγές ενέργειας (Collins *et al*. 2000). Τα ετερότροφα οικοσυστήματα είναι σπάνια και συμπεριλαμβάνουν εκτός από τις πόλεις, κάποια βαθιά ωκεάνια οικοσυστήματα και ποτάμια· παρόλα αυτά οι πόλεις είναι πιο ακραία παραδείγματα από τα προαναφερθέντα οικοσυστήματα (Collins *et al*. 2000).



Σχήμα 1.2. Η αλλαγές που παρατηρούνται στους δέκα μεγαλύτερους αστικούς οικισμούς από το 1950 μέχρι και το 2010 (υπολογισμοί): Τόκυο-Ιαπωνία, Πόλη του Μεξικού-Μεξικό, Βομβάη-Ινδία, Σάο Πάολο-Βραζιλία, Νέα Υόρκη-Η.Π.Α., Δελχί-Ινδία, Σαγκάη-Κίνα, Καλκούτα-Ινδία, Τζακάρτα-Ινδονησία, Ντάκα- Μπανγκλαντές (Grimm *et al*. 2008).

* Ο Howard Thomas Odum θεωρείται ένας από τους μεγάλους επιστήμονες του 20ου αιώνα. Ήταν καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Φλόριντα και είναι γνωστός για τις πρωτοποριακές μελέτες του στην οικολογία, αλλά και τις θεωρίες που ανέπτυξε σχετικά με τους νόμους της θερμοδυναμικής στα διάφορα οικοσυστήματα.

Το ενεργειακό αποτύπωμα μιας πόλης είναι η θεωρητική έκταση που απαιτείται για να υποστηρίξει μια πόλη με ενέργεια και φυσικούς πόρους, αλλά και για να αφομοιώσει τα απόβλητά της. Για παράδειγμα η πόλη Βανκούβερ στον Καναδά χρειάζεται 180 φορές περισσότερη έκταση για να παράξει και να επεξεργαστεί υλικά από την έκταση που πραγματικά κατέχει. Η θεωρία αυτή όμως είναι μεταφορική, γιατί μια πόλη προμηθεύεται τους αναγκαίους της πόρους και οι περιοχές που επηρεάζει με τα απόβλητα της επεκτείνονται σε όλη την υδρόγειο (Pickett *et al*. 2011). Επιπλέον, η ενέργεια που καταναλώνεται ανά μονάδα επιφάνειας στα αστικά οικοσυστήματα είναι τουλάχιστον μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα οικοσυστήματα (περιλαμβανομένου και των αγροοικοσυστήματων). Ως εκ τούτου παρόλο που οι αστικές περιοχές καλύπτουν ένα μικρό ποσοστό της συνολικής επιφάνειας του πλανήτη (<5%), καταναλώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που είναι διαθέσιμη στη Γη (McIntyre *et al*. 2001).

Το τοπίο κάθε αστικού κέντρου είναι ετερογενές, ένα πολύπλοκο σύστημα που αποτελείται από πολλές βιοκοινότητες που μπορεί να αλληλεπικαλύπτονται και να αλληλεπιδρούν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό (Rebele 1994; Parlange 1998). Η ετερογένεια αυτή μπορεί να εκφράζεται τόσο στη σύνθεση των ειδών σε κάθε περιοχή, αλλά και στην κατανομή των διαφόρων βιοκοινοτήτων χωρικά (Collins *et al*. 2000). Ένα πάρκο μπορεί να οριοθετεί ένα μεγάλο χώρο στάθμευσης, τα εμπορικά κέντρα και οι πολυκατοικίες μπορεί να κτίζονται σε αραιοκατοικημένες ζώνες. Αυτή η ανομοιογένεια επηρεάζει τις οικολογικές λειτουργίες ενός αστικού συστήματος (Parlange 1998), πιο συγκεκριμένα τις σχέσεις μεταξύ των διαφόρων ειδών -κυρίως ελέγχοντας τις ανταγωνιστικές σχέσεις των ειδών- καθώς και τη ροή της ενέργειας μέσα στα οικοσυστήματα αυτά (Collins *et al*. 2000). Ο βαθμός ετερογένειας των οικοσυστημάτων αυτών συνδέεται άμεσα με το βαθμό εμφάνισης των πιο πάνω λειτουργιών (Collins *et al*. 2000).

Ένα άλλο γνώρισμα των αστικών κέντρων που σχετίζεται με την ετερογένεια είναι και η ποικιλία των περιβαλλοντικών συνθηκών που παρατηρούνται σε αυτά (Rebele 1994). Κάποιες περιοχές μπορεί να παρουσιάζουν φτωχό έδαφος όσο αφορά τα θρεπτικά συστατικά που περιέχουν, ενώ άλλες να παρουσιάζουν πολύ εμπλουτισμένο χώμα ή ακόμη να χαρακτηρίζονται και ευτροφικές. Επίσης τα ενδιαιτήματα ποικίλουν ως προς την ποσότητα νερού που δέχονται μπορεί να χαρακτηρίζονται ξηρά ή να έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό (Rebele 1994).

Σύμφωνα με διάφορους ερευνητές, τα αστικά οικοσυστήματα διανύουν διάφορα εξελικτικά στάδια όπως και τα υπόλοιπα οικοσυστήματα (Shochat *et al*. 2006). Η εικόνα γίνεται ακόμη πιο πολύπλοκη αν θεωρήσουμε ότι τα κατακερματισμένα ενδιαιτήματα στις πόλεις και οι διαφορές της έντασης της αστικοποίησης μέσα στις πόλεις οδηγούν σε ένα αστικό πλέγμα που αποτελείται

από ετερογενή ενδιαιτήματα, διαφορετικής ηλικίας και εξελικτικού σταδίου, με διαφορετική βλάστηση, που ποικίλουν ως προς την έκταση των περιβαλλόμενων κτιρίων και τη εδαφική κάλυψη (Faeth *et al*. 2011). Μια πόλη μεταμορφώνει το τοπίο και ως εκ τούτου και τις σχέσεις μεταξύ των βιολογικών και αβιοτικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος. Όλη αυτή η ετερογένεια επιδρά διαφορετικά στη συνολική βιοποικιλότητα μιας πόλης.

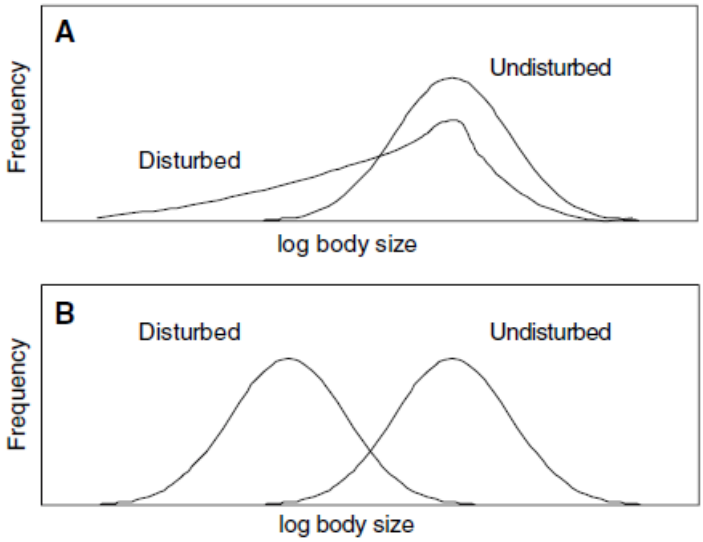
Τα φαινόμενα των διαταραχών στις πόλεις

Όπως και κάθε άλλο οικοσύστημα, τα αστικά οικοσυστήματα αλλάζουν και είναι δυναμικά. Είναι όμως οι δυνάμεις που προκαλούν τις αλλαγές αυτές παρόμοιες με αυτές που παρουσιάζονται σε μη-αστικά οικοσυστήματα; Οι διαταραχές όπως πυρκαγιές, πλημμύρες και σεισμοί είναι αναπόφευκτα και στις πόλεις. Παρόλα αυτά οι άνθρωποι προσπαθούν να δαμάσουν και να ελέγξουν τη συχνότητα και τις συνέπειες των διαταραχών αυτών (Collins *et al*. 2000). Για παράδειγμα ο τρόπος με τον οποίο ένα οικοσύστημα ανακάμπτει από ένα φαινόμενο διαταραχής επηρεάζεται σημαντικά από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Σε μη-αστικά οικοσυστήματα μια πυρκαγιά ή μια πλημμύρα ακολουθείται από μια σειρά διαδοχικών -και ως ένα βαθμό προβλεπόμενων αλλαγών- φαινόμενο που ονομάζεται οικολογική διαδοχή. Η ανθρώπινη επέμβαση μπορεί να μεταβάλει τα φαινόμενα αυτά (Rebele 1994).

Σύμφωνα με τη θεωρία των White & Pickett (1985), ένα φαινόμενο διαταραχής είναι ένα διακριτό γεγονός το οποίο διαταράσσει τη δομή κάποιου οικοσυστήματος, βιοκοινότητας ή πληθυσμού. Αυτό μεταβάλλει τις διαθέσιμες πηγές φυσικών πόρων ή και το φυσικό περιβάλλον. Οι διαταραχές μπορεί να οφείλονται τόσο σε φυσικές όσο και σε βιολογικές διεργασίες. Σε γενικές γραμμές μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση στην αφθονία ενός ή περισσότερων ειδών ή ακόμη και σε εξαφανίσεις ειδών, που με τη σειρά τους μπορεί να ευνοήσουν την εγκατάσταση και εξάπλωση άλλων ειδών (Rebele 1994). Σε μια άλλη εργασία (Sousa 1984) η θεωρία αυτή διασαφηνίζεται και επαναδιατυπώνεται ως εξής: διαταραχή είναι «μια διακριτή και παρεμβαλλόμενη επιβλαβής διεργασία που έχει ως αποτέλεσμα την εξαφάνιση ή μετατόπιση μεμονωμένων ατόμων (ή πληθυσμών) και που άμεσα ή έμμεσα αυξάνει τις πιθανότητες εποίκισης και εγκαθίδρυσης άλλων μεμονωμένων ατόμων (ή πληθυσμών). Στις φυσικές διαταραχές συμπεριλαμβάνονται οι καταιγίδες, οι πυρκαγιές και οι κατολισθήσεις, αλλά και οι επιδράσεις της βόσκησης, μολονότι που στην πόλη εμφανίζονται και άλλες μορφές διαταραχών, που σχετίζονται με την οικοδόμηση, την κηπευτική και την αναδόμηση περιοχών. Οι ανθρωπογενείς διεργασίες είναι σημαντικότερες στις αστικές περιοχές σε σύγκριση με τις φυσικές διαταραχές (Rebele 1994).

Η υπόθεση ότι μετά από ένα φαινόμενο διαταραχής ευνοείται η εξάπλωση και η εγκαθίδρυση ξενικών ειδών έχει γίνει αποδεκτή στις διάφορες μελέτες που σχετίζονται με τις βιολογικές εισβολές (Vitousek *et al*. 1996; Kowarik 2008). Είναι επίσης αποδεκτό ότι κανένα οικοσύστημα δεν είναι απολύτως αδιατάρακτο (White & Pickett 1985), αλλά στα αστικά οικοσυστήματα οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι οι δυνάμεις που επιδρούν περισσότερο στη σύνθεση και τον πλούτο των ειδών (Kowarik 2008).

Η πιο διαδεδομένη θεωρία που σχετίζεται με τα αποτελέσματα των διαταραχών είναι η «Υπόθεση της ενδιάμεσης διαταραχής» (Intermediate Disturbance Hypothesis). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή η ποικιλότητα των ειδών είναι μεγαλύτερη εκεί όπου οι διαταραχές μετριάζονται σε συχνότητα και ένταση (Connell 1978). Μία από τις εναλλακτικές θεωρίες η «Υπόθεση της αυξανόμενης διαταραχής» (Increasing Disturbance Hypothesis) (Gray 1989) προβλέπει ότι ο πλούτος των ειδών μειώνεται μονοτονικά καθώς αυξάνεται το επίπεδο της διαταραχής. Ο Gray (1989) διατύπωσε τη θεωρία ότι σε ενδιαιτήματα που υφίστανται διαταραχή, η συνολική αφθονία των ειδών μειώνεται, ενώ τα γενικευμένα -οπορτουνιστικά είδη θα αυξάνονται σε αριθμούς και θα κυριαρχούν (Opportunistic Species Hypothesis). Επίσης σε μια εργασία του ίδιου συγγραφέα (Gray 1989) διατυπώνεται η άποψη ότι στα έντονα διαταραγμένα ενδιαιτήματα μειώνεται το μέσο σωματικό μέγεθος των ειδών. Η εργασία των Ulrich *et al*. (2008) εστιάζει στη μεταβολή του μέσου σωματικού μεγέθους των Κολεοπτέρων στις αστικές περιοχές. Διαχωρίζει τα σωματικά μεγέθη σε κλάσεις μεγέθους και μελετά τη συχνότητα κατανομής των σωματικών μεγεθών (και ειδικότερα την κατανομή του λογαρίθμου των σωματικών μεγεθών-SSD) σε μια οικογένεια Κολεοπτέρων. Έχει φανεί από διάφορες μελέτες (Ulrich *et al*. 2008; και αναφορές αυτών) ότι η κατανομή των συχνοτήτων αυτών στις βιοκοινότητες των αρθροπόδων προσεγγίζουν συμμετρικές μονοκόρυφες καμπύλες, τόσο σε τοπικές όσο και σε μεγαλύτερες κλίμακες (Σχήμα 1.3). Όταν όμως σε μια περιοχή παρουσιάζεται κάποια διαταραχή (στην περίπτωση αυτή αστική ανάπτυξη) αλλάζει η μορφή της καμπύλη των SSD, όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα (Σχήμα 1.3). Η οικολογική ερμηνεία του πιο κάτω σχεδιαγράμματος (Σχήμα 1.3Α) είναι η παρουσία μικρόσωμων ειδών στις διαταραγμένες περιοχές (δεδομένου ότι η κατανομή των αφθονιών τους είναι παρόμοια) λόγω μειωμένης εμφάνισης του ενδιάμεσου μεγέθους ειδών. Τα μεγαλόσωμα είδη ακόμα παραμένουν στη βιοκοινότητα. Στη δεύτερη περίπτωση (Σχήμα 1.3Β) παρουσιάζεται μείωση του αριθμού των μεγαλόσωμων ειδών στη βιοκοινότητα.



Σχήμα 1.3. Οι δύο τρόποι με τους οποίους η παρουσία ειδών μικρότερου μεγέθους μπορεί να επηρεάσει την κατανομή των SSD: Α. Επηρεάζεται η κυρτότητα της καμπύλης, ενώ μειώνεται η παρουσία των ενδιάμεσου μεγέθους ειδών, Β. Μετατοπίζεται ολόκληρη η κατανομή προς τα αριστερά, καθώς εξαφανίζονται τα μεγαλύτερου μεγέθους είδη. Και οι δύο μηχανισμοί μπορεί να δρουν συνδυαστικά. (από Ulrich *et al*. 2008).

1.2.2 Το κλίμα των αστικών οικοσυστημάτων

Οι αβιοτικοί παράγοντες είναι από τα σημαντικότερα στοιχεία της οικολογίας της χλωρίδας και της πανίδας. Από τις πρώτες κιόλας μελέτες στις αστικές περιοχές φάνηκε ότι το αστικό κλίμα διέφερε από τις τριγύρω περιοχές που περιβάλλουν μια πόλη (Sukopp 2008a). Οι κυριότεροι παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση του αστικού κλίματος οφείλονται στις διαφορετικές χρήσεις των οικοδομημένων περιοχών και είναι οι εξής (Kuttler 2008):

- αντικατάσταση του φυσικού υποστρώματος με στεγανοποιημένες επιφάνειες (§ 1.2.3),
- μείωση της φυτοκάλυψης των πόλεων
- η μείωση της εκπομπής της μεγάλου κύματος ακτινοβολίας λόγω των οδικών αρτηριών και
- η απελευθέρωση αέριων, στερεών και υγρών ατμοσφαιρικών ρυπαντών καθώς και η έκλυση θερμότητας από τις πόλεις.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του αστικού κλίματος είναι η μεγάλη συσσώρευση θερμότητας στις πόλεις λόγω του φαινόμενου Urban Heat Island (Rebele 1994; Botkin & Beveridge 1997; Pickett *et al*. 2001). Τα heat islands αναπαριστούν τη διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ των αστικών και των περιαστικών περιοχών και σχετίζονται άμεσα με την κάλυψη του αστικού εδάφους και την κατανάλωση ενέργειας από τους ανθρώπους (Oke 1973). Επιπλέον

σχετίζεται με το μέγεθος της πόλης και την πυκνότητα του ανθρώπινου πληθυσμού. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται στις περισσότερες πόλεις του κόσμου (Rebele 1994; Botkin & Beveridge 1997). Η μέση ημερήσια και ετήσια θερμοκρασία μέσα στις πόλεις είναι γενικά λίγους βαθμούς ψηλότερη σε σχέση με τις περιοχές που τις περιβάλλουν (Pickett *et al*. 2011). Η διάρκεια και η ένταση της διαφοράς της θερμοκρασίας εξαρτάται από τη χωρική ετερογένεια του αστικού τοπίου. Καθώς το ποσοστό των επιφανειών που φτιάχνουν οι άνθρωποι αυξάνεται, αυξάνεται και η διάφορα της θερμοκρασίας (Pickett *et al*. 2001). Ένας ακόμη λόγος που οι πόλεις είναι θερμότερες από τις περιοχές που τις περιβάλλουν είναι η αυξημένη παραγωγή ενέργειας που προκαλείται από την καύση των απολιθωμένων καυσίμων και άλλες βιομηχανικές και οικιστικές δραστηριότητες. Επιπλέον είναι και οι μειωμένοι ρυθμοί αποβολής της απορροφηθείσας ενέργειας. Το τσιμέντο, η άσφαλτος και οι οροφές λειτουργούν σαν ηλιακοί συσσωρευτές και εκπέμπουν ενέργεια, αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία του αέρα στις πόλεις (Rebele 1994; Botkin & Beveridge 1997).

Οι διαφορές στο κλίμα μεταξύ των πόλεων και των περιοχών που τις περιβάλλουν επιδρούν τόσο στις βιολογικές λειτουργίες των αστικών οικοσυστημάτων αλλά και στους ανθρώπους (Pickett *et al*. 2011). Για παράδειγμα έχει φανεί ότι λόγω της κλιματικής τροποποίησης στις πόλεις των εύκρατων περιοχών, η ανάπτυξη των φύλλων και η ανθοφορία εμφανίζονται νωρίτερα, ενώ η απόπτωση των φύλλων παρατηρείται πιο αργά στα περίχωρα των πόλεων (White 2002). Επίσης από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι η βροχόπτωση στις πόλεις μπορεί να είναι μέχρι και 5 με 10% περισσότερη στο αστικό κέντρο, ενώ έχει περισσότερη συννεφιά και ομίχλη (Botkin & Beveridge 1997; Pickett *et al*. 2011). Αντίθετα, η ταχύτητα του ανέμου στις πόλεις είναι μειωμένη λόγω του ανώμαλου ανάγλυφου στο αστικό τοπίο (Parlow 2011).

1.2.3 Το αστικό υπόστρωμα: αστικό έδαφος

Το αστικό τοπίο χαρακτηρίζεται από την ξεχωριστή ποιότητα της αστικής υδρόσφαιρας, ατμόσφαιρας και της βιόσφαιρας, αλλά και για τις ιδιαίτερες τροποποιήσεις της πεδόσφαιρας (το εξωτερικό στρώμα της γης που αποτελείται από χώμα και υπόκειται στη διαδικασία δημιουργίας εδαφικού υποστρώματος - pedosphere). Το έδαφος αποτελεί τη βάση για πολλές από τις ζωτικές δραστηριότητες των οργανισμών. Το διαπερνούν οι ρίζες, προσφέρει υποστήριξη και καταφύγιο, προμηθεύει τους φυτικούς οργανισμούς με νερό, οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά. Επίσης μέσω αυτού ρυθμίζεται το ισοζύγιο του νερού και φιλτράρονται ή απορροφούνται οι διάφοροι ρυπαντές. Στα αστικά οικοσυστήματα, όμως, το υπόστρωμα χρησιμοποιείται σαν οικοδομικό υλικό, σαν θεμέλια για τα διάφορα κτίσματα, σαν βιομηχανικές και οικοδομικές περιοχές, δρόμοι και

σιδηρόδρομοι. Στις περισσότερες περιπτώσεις έχει στεγανοποιηθεί και έχει χάσει τη ζωτικότητα του (Sauerwein 2011).

Καθώς το έδαφος χρησιμοποιείται στις πόλεις, άμεσοι και έμμεσοι παράγοντες επηρεάζουν τη λειτουργικότητά του (Pickett *et al*. 2001). Οι διάφορες αστικές συνθήκες επηρεάζουν τα χημικά, βιολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά του αστικού εδάφους. Οι άμεσες επιδράσεις περιλαμβάνουν τις φυσικές διαταραχές, την ενσωμάτωση των ανθρώπινων συστατικών, αλλά ακόμη τον ενταφιασμό του υποστρώματος και την κάλυψη του εδάφους από άλλες αδιαπέραστες επιφάνειες (Pickett *et al*. 2011). Οι έμμεσες επιδράσεις της αστικοποίησης περιλαμβάνουν αλλαγές στο βιοτικό και στο αβιοτικό περιβάλλον. Οι αλλαγές αυτές επηρεάζουν χρόνια τις μεταβλητές, οι οποίες στα φυσικά περιβάλλοντα δημιουργούν εδαφικό υπόστρωμα. Αυτές οι έμμεσες επιδράσεις περιλαμβάνουν το urban heat island, την υδροφοβικότητα του εδάφους, την εισαγωγή ξενικών ειδών χλωρίδας και πανίδας και συσσώρευση ρυπαντών όπως είναι το άζωτο, βαρέα μέταλλα και πιθανά τοξικά βιολογικά χημικά στοιχεία (Oke 1973; Picket *et al*. 2011). Ακόμη έχει αποδειχθεί ότι τα διαταραγμένα υποστρώματα στις πόλεις έχουν μικρότερη ικανότητα απορρόφησης και φιλτραρίσματος του νερού λόγω των υδροφοβικών ιδιοτήτων τους, τη δημιουργία κρούστας αλλά και λόγω της συμπίεσης που παρατηρείται στο έδαφος (Sauerwein 2011).

Στα αστικά και προαστικά περιβάλλοντα είναι πολύ πιθανό να παρατηρηθούν πολλά «ξενικά» ενδιαιτήματα και υποστρώματα, εκτός από τα εξωτικά είδη που παρατηρούνται. Τα υποστρώματα μπορεί να είναι φυσικά, να προέρχονται δηλαδή από άλλες γεωγραφικές και γεωλογικές περιοχές (όπως ορυχεία, αυτοκινητόδρομοι) ή μπορεί να είναι τεχνητά (άχρηστα υλικά από εξόρυξη μεταλλεύματος) ή ακόμη και μείγματα φυσικών και τεχνητών υποστρωμάτων (Rebele 1994). Επίσης, οι ιδιότητες του εδάφους τροποποιούνται λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας και κατά συνέπεια μεταβάλλεται και η λειτουργία τους. Τα καινούρια αυτά υποστρώματα ονομάζονται «φτιαχτή γη» (“made land”) (Pickett *et al*. 2001).

1.2.4 Οι οργανισμοί στην πόλη

Αστική Χλωρίδα

Η μελέτη της χλωρίδας των πόλεων έχει ξεκινήσει από πολύ παλιά. Στην Ευρώπη η μελέτη των De Rupper & Linke (1940) περιέγραφε τη χλωρίδα και την πανίδα των αστικών περιοχών στις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα (παραπομπή από Pickett *et al*. 2011). Έχει παρατηρηθεί ότι ο αριθμός των φυτικών ειδών στις

αστικές περιοχές σχετίζεται με τον αριθμό του ανθρώπινου πληθυσμού της πόλης. Ο αριθμός των ειδών μιας πόλης αυξάνεται λογαριθμικά σε σχέση με τους κατοίκους της, ενώ παράλληλα η σχέση αυτή φαίνεται να είναι στατιστικά σημαντικότερη από τη συσχέτισή του με την έκταση αυτή καθαυτή (Klotz 1990). Η ηλικία μιας πόλης, επίσης, σχετίζεται με τον πλούτο ειδών που παρουσιάζει, οι «γηραιές» πόλεις φιλοξενούν περισσότερα φυτικά είδη από τις νεότερες πόλεις (Sukopp 1998). Τα πρότυπα αυτά είναι πολύ χαρακτηριστικά στην Ευρώπη (Sukopp 2008b). Οι αστικοί χώροι πρασίνου σε μια πόλη ποικίλουν και περιλαμβάνουν τα πάρκα, τους κήπους, αλλά και τους διάφορους χώρους αναψυχής (Breuste *et al*. 2008). Ακόμη στις πόλεις είναι δυνατόν να βρεθούν υπολείμματα από λιγότερο τροποποιημένα γηγενή χλωριδικά είδη, αλλά και συγκεκριμένα αστικά ενδιαιτήματα όπως για παράδειγμα εγκαταλελειμμένες βιομηχανικές περιοχές, κατάφυτους εγκαταλελειμμένους κήπους (Breuste *et al*. 2008).

Η χλωριδική σύσταση των αστικών και των προαστιακών ζωνών παρουσιάζει διαφορές σε σύγκριση με την περιαστική ζώνη και τις «φυσικές» περιοχές. Σύμφωνα με μελέτες (Zipperer *et al.* 1997) ο πλούτος των χλωριδικών ειδών συνολικά αυξάνεται μέσα στα αστικά κέντρα, αλλά αυτό οφείλεται κυρίως στην παρουσία εξωτικών ειδών. Το ποσοστό των γηγενών χλωριδικών ειδών μειώνεται από τα όρια μιας αστικής περιοχής προς τον αστικό πυρήνα (Kowarik 2008). Πολλές αλλαγές παρατηρούνται όχι μόνο στη σύνθεση των αστικών οργανισμών , αλλά και στη φαινολογία τους. Σύμφωνα με τις μελέτες των Roetzer και συνεργατών του (2000), παρατηρήθηκε ότι η περίοδος ανθοφορίας στο αστικό κέντρο ξεκινά 4 με 17 μέρες νωρίτερα σε σύγκριση με τις περιαστικές περιοχές. Τέτοιες αλλαγές στη φαινολογία είναι αποτέλεσμα του αστικού heat island (Pickett *et al.* 2011). Από την άλλη πλευρά επειδή η χειμερινή αδράνεια ενεργοποιείται από τη φωτοπερίοδο, το τέλος της περιόδου πολλών φυτών δεν φάνηκε ότι επηρεάζεται σημαντικά (White *et al.* 2002).

Αστική Πανίδα

Εδώ και αρκετά χρόνια έχουν δημοσιευτεί αρκετές μελέτες που αφορούν την πανίδα των αστικών οικοσυστημάτων (Nilon & Pais 1997; Marzluff *et al*. 2001; McKinney 2002). Οι περισσότερες από αυτές έχουν δείξει ότι στη διαβάθμιση αυτή η βιοποικιλότητα μειώνεται σχεδόν σε όλα τα υπό μελέτη τάξα. Σε αυτές τις ομάδες που παρουσιάζουν μείωση φαίνεται ότι οι κυριότερες αιτίες είναι η ικανότητα διασποράς και η εξειδίκευση (Pickett *et al.* 2011). Επίσης, παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των ειδών που ανήκουν στα περισσότερο διαφοροποιημένα τάξα (όπως τα Κολεόπτερα και οι Αράχνες) μειώνεται σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τα είδη που ανήκουν σε λιγότερο διαφοροποιημένες ομάδες (όπως για παράδειγμα τα Ισόποδα και τα Φαλάγγια) (Pickett *et al*. 2011). Αυτό πιθανότατα οφείλεται στο

γεγονός ότι οι ομάδες με τη μεγαλύτερη ποικιλότητα παρουσιάζουν μεγαλύτερους αριθμούς εξειδικευμένων ειδών που δεν μπορούν να επιβιώσουν στα αστικά συστήματα (Pickett *et al*. 2011). Αντίθετα, στις αστικές βιοκοινότητες τείνουν να επικρατούν περισσότερο γενικευμένα είδη και κυρίως αυτά τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερη αναπαραγωγική ικανότητα (DeStefano & DeGraaf 2003). Στις περισσότερες περιπτώσεις τα γενικευμένα είδη εμφανίζονται σε μεγαλύτερες πυκνότητες στα αστικά περιβάλλοντα σε σύγκριση με τις περιαστικές περιοχές και τα «φυσικά» οικοσυστήματα (McKinney 2002; Pickett *et al*. 2011). Η παρατήρηση ότι στα αστικά οικοσυστήματα κυριαρχούν σε μεγάλο βαθμό τα εξωτικά είδη, καθώς και ο μεγάλος βαθμός ομοιότητας στη σύνθεση των ειδών μεταξύ διαφόρων αστικών κέντρων ονομάστηκε βιοτική ομογενοποίηση (biotic homogenization) (Blair 1999; Lockwood *et al*. 2000; McKinney 2002; Pickett *et al*. 2011). Αυτό το φαινόμενο πιθανότατα οφείλεται στους πιο κάτω λόγους (McKinney 2002; Kobelt & Nentwig 2008):

- στα παρόμοια πρότυπα εποίκισης και εξαφάνισης των ειδών που οφείλονται στα κοινά χαρακτηριστικά των αστικών οικοσυστημάτων,
- στη μεταφορά παρόμοιων ομάδων οργανισμών κατά μήκος των γεωγραφικών συνόρων και
- στη δημιουργία πολλών διαταραγμένων ενδιαιτημάτων στο αστικό κέντρο, η οποία ευνοεί την εξάπλωση εξωτικών ειδών.

Σε διάφορες εργασίες έχουν δημοσιευτεί αποτελέσματα που υποστηρίζουν τη βιοτική ομογενοποίηση στα πτηνά (Lockwood *et al*. 2000), αλλά και στα φυτά (McKinney 2006). Στην εργασία των Kobelt & Nentwig (2008) υποστηρίζεται ότι κάθε χρόνο και για τα επόμενα χρόνια θα μεταφέρεται ένα καινούριο ξενικό είδος στην Ευρώπη. Το φαινόμενο αυτό θα αυξάνεται όσο αυξάνεται η παγκόσμια ανταλλαγή εμπορίου, όσο μειώνεται ο χρόνος μετακίνησης ανθρώπων και εμπορευμάτων αλλά και όσο εντείνονται οι δρόμοι εμπορίου μεταξύ των διαφόρων περιοχών του κόσμου (Kobelt & Nentwig 2008). Στους ίδιους αριθμούς κυμαίνονται και οι υπολογισμοί για την ανθρωπόχωρη διασπορά φυτών, μαλακίων αλλά και εντόμων στις Η.Π.Α. (Levine & D'Antonio 2003) .

Η εξάλειψη των βιογεωγραφικών εμποδίων για τη διασπορά των ειδών, ως αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, θεωρείται μία από τις σημαντικότερες πτυχές της παγκόσμιας οικολογικής αλλαγής (Vitousek *et al*. 1996). Σαν αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων αυτών πολλά είδη μεταφέρονται σε νησιά και ηπείρους, όπου δεν είχαν την ικανότητα να μεταφερθούν , συναντώντας άλλα είδη που υπό άλλες συνθήκες δεν θα αντιμετώπιζαν (Rebele 1994; Pickett *et al*. 2011). Αυτό παρατηρείται κυρίως σε διαταραγμένα οικοσυστήματα ή και σε αυτά που δημιουργήθηκαν από τον άνθρωπο, ως εκ τούτου, τέτοια φαινόμενα διασποράς είναι πιο κοινά στις πόλεις, παρά στις αδιατάρακτες περιοχές. Επομένως, στα

αστικά οικοσυστήματα είναι πολύ πιθανό να συναντήσουμε βιοκοινότητες που να αποτελούνται από είδη χωρίς κοινό εξελικτικό παρελθόν και σε συνδυασμούς που δεν παρατηρούνται πουθενά αλλού (Rebele 1994). Θεωρείται ότι τα χαρακτηριστικά των τροποποιημένων οικοσυστημάτων και η περιορισμένη διαθεσιμότητα φυσικών πόρων είναι από τις σημαντικότερες αιτίες εξαφάνισης γηγενών ειδών, καθώς και της επικράτησης λίγων ανταγωνιστικότερων (Pickett *et al*. 2011) και σε πολλές περιπτώσεις ξενικών ειδών (Rebele 1994).

Σχήμα 1.4. Ο «ανθρωπογενής αναμεικτήρας» που ομογενοποιεί την παγκόσμια χλωρίδα και πανίδα. Από δυτικά προς ανατολικά παρουσιάζονται κάποια ξενικά είδη-εισβολείς τα οποία βρίσκονται στην περιοχή καταγωγής τους: η κόκκινη καραβίδα του γλυκού νερού (*Procambarus clarkii*), η μεγαλόστομη πέρκα (*Micropterus salmoides*), το τρωκτικό *Myocastor coypus*, το κόκκινο μυρμήγκι *Solenopsis invicta*, το Ασιατικό λεπιδόπτερο *Lymantria dispar*, ο σπιτοσπουργίτης (*Passer domesticus*), το Λύθρον το Ιτεόμορφον (*Lythrum salicaria*), το μύδι-ζέβρα (*Dreissena polymorpha*), ο πολυνησιακός αρουραίος (*Rattus exulans*), το φυτό Kudzu (*Pueraria montana*), το ασιάτικο κερασφόρο σκαθάρι (*Anoplophora glabripennis*) και το καφέ δεντρόφιδο (*Boiga irregularis*) (Olden 2006).

1.3 Η διαβάθμιση αστικών-περιαστικών ζωνών (Urban-Rural gradient)

Οι Klausnitzer & Richter (1983) παρατήρησαν ότι μέχρι τότε είχαν δημοσιευτεί πολλές εργασίες-κατάλογοι με παρουσίες των ειδών της οικογένειας Carabidae και οι οποίες περιελάμβαναν δεδομένα από το κέντρο των πόλεων κοντά στην ανθρώπινη δραστηριότητα, αλλά και από φυσικές περιοχές. Έτσι χρησιμοποιώντας δεδομένα από τις μέχρι τότε δημοσιευμένες εργασίες περιέγραψαν τη διαβάθμιση αστικών-περιαστικών περιοχών. Η διαβάθμιση αυτή

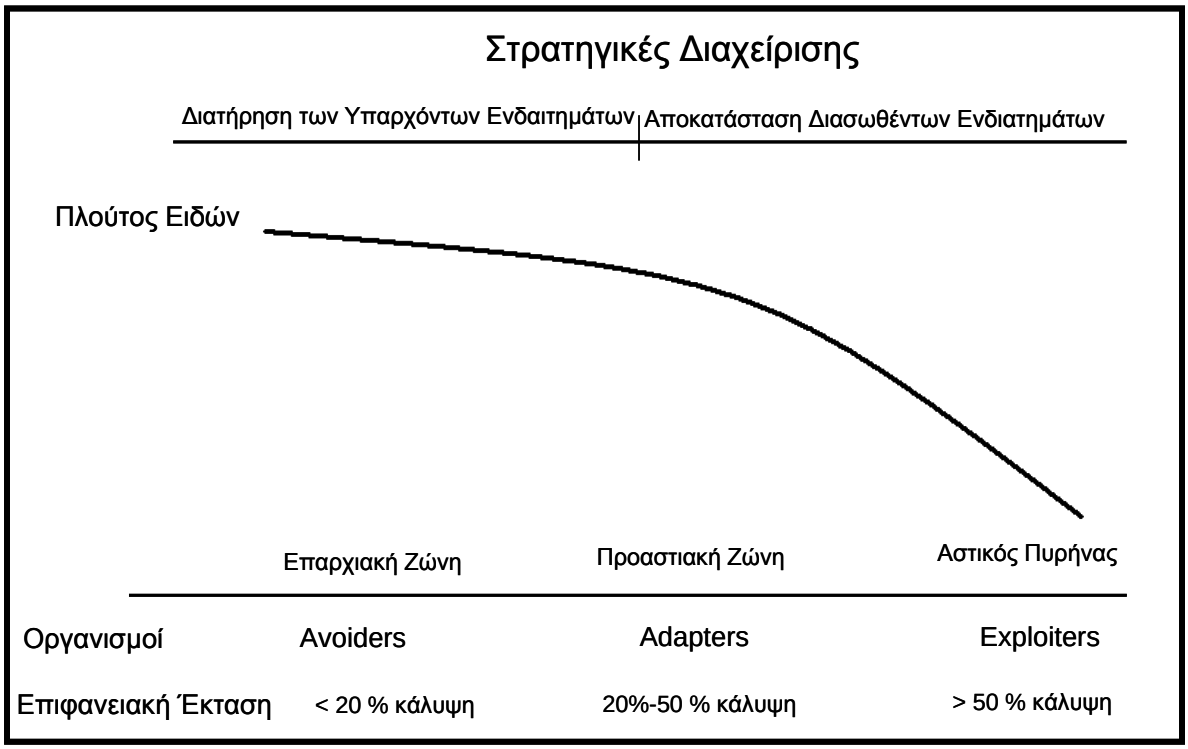
ορίστηκε βάσει της πυκνότητας του ανθρώπινου πληθυσμού και των οικοδομημάτων τους, τα οποία φάνηκε ότι επηρεάζουν την αφθονία και τον πλούτο των ειδών των υπό μελέτη οργανισμών (Klausnitzer and Richter 1983; Pickett *et al.* 2011). Πλέον η διαβάθμιση αστικών-περιαστικών ζωνών θεωρείται μια από τις βασικότερες μεθόδους μελέτης των αστικών οικοσυστημάτων και είναι τυπικά η μελέτη των οικολογικών χαρακτηριστικών των διάφορων περιοχών σε μια σταθερή ευθεία (line transect) αυξημένης αστικοποίησης (McDonnell & Pickett 1990; Blair 1996; Niemela *et al*. 2002).

Οι μελέτες που βασίζονται στη διαβάθμιση αστικών-περιαστικών ζωνών εξετάζουν τις αλλαγές που παρατηρούνται στη χλωρίδα και την πανίδα κατά μήκος μιας «ευθείας διατομής-transect», η οποία αρχίζει από τον πυρήνα της αστικής περιοχής και προχωράει προς τις εξωτερικές και λιγότερο διαταραγμένες περιοχές (McKinney 2002). Επίσης, είναι πολύ σημαντικές στη μελέτη και την παρακολούθηση των αλλαγών στις περιβάλλουσες περιοχές καθώς επεκτείνονται οι αστικές περιοχές (McKinney 2002). Η μεθοδολογία αυτή ακολουθείται και σε μια πιο πρόσφατη εργασία των Ulrich *et al*. (2008) μόνο που οι θέσεις με τις παγίδες τοποθετούνται κατά μήκος δύο σταθερών ευθειών-line transects (ανατολικά-δυτικά και βόρεια-νότια) που διασχίζουν την αστική περιοχή και που διασταυρώνονται στο κέντρο της πόλης.

Έχουν γίνει διάφορες μελέτες στη διαβάθμιση αυτή για τις επιδράσεις της αστικοποίησης σε φυτά (Guntenspergen & Levenson 1997), πτηνά (Blair 1996) και κάποιες ομάδες αρθροπόδων (Niemela *et al*. 2000, 2002; McIntyre *et al*. 2001; Alaruikka *et al*. 2003; Ishitani *et al*. 2003; Ulrich *et al*. 2008). Στις περισσότερες από αυτές, οι οργανισμοί παρουσίασαν διάφορες αποκρίσεις στην αστικοποίηση (McDonnell & Pickett 1990; Niemela *et al*. 2000, 2002; Alaruikka *et al*. 2003; Ishitani *et al*. 2003). Κάποια είδη φάνηκε να παρουσιάζουν ευνοϊκές αποκρίσεις στην αστικοποίηση και να ευδοκιμούν στα αστικά περιβάλλοντα, ενώ κάποια άλλα αποφεύγουν τις πόλεις (Alaruikka *et al*. 2003). Ο McKinney (2008) συγκέντρωσε από τη βιβλιογραφία 105 μελέτες που αφορούσαν τον πλούτο ειδών (θηλαστικά, ερπετά, αμφίβια, ασπόνδυλα και φυτά) των αστικών περιοχών σε σχέση με τις τριγύρω επαρχιακές περιοχές. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι σε όλες τις ομάδες η αστικοποίηση σχεδόν πάντα οδηγεί στη μείωση του πλούτου ειδών στις αστικές περιοχές. Υποστηρίζει ότι αυτό είναι αναμενόμενο σύμφωνα με τη θεωρία έκτασης-ειδών και ότι οφείλεται κυρίως στη μείωση της έκτασης των ενδιαιτημάτων λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης (McKinney 2008).

Το 1998 δημιουργήθηκε ένα παγκόσμιο πρόγραμμα μελέτης της αστικοποίησης, με σκοπό να ξεκινήσει η μελέτη των αστικών οικοσυστημάτων και να συγκριθούν οι παγκόσμιες επιδράσεις της αστικοποίησης στη βιοποικιλότητα. Το πρόγραμμα αυτό ονομάστηκε GLOBENET (Global Network for Monitoring Landscape

Change) (Niemela *et al*. 2000). Βασικός σκοπός του προγράμματος ήταν να εξακριβωθεί αν οι αλλαγές που προκαλούνται από την αστικοποίηση επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα με παρόμοιο τρόπο σε παγκόσμια κλίμακα, ή αν εξαρτώνται από τα τοπικά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη περιοχών (Niemela *et al*. 2000, 2002).



Σχήμα 1.5. Η διαβάθμιση αστικών-επαρχιακών ζωνών. Ένα πολύ γενικευμένο και απλουστευμένο σχεδιάγραμμα που παρουσιάζει τις αλλαγές στην επιφανειακή έκταση, τον πλούτο ειδών και τη σύνθεση τους. Προτείνονται δύο βασικές στρατηγικές διαχείρισης (τροποποιημένο από McKinney 2002).

Τα αποτελέσματα της εργασίας των Niemela *et al*. (2002), οι οποίοι μελέτησαν τις διαφορές που παρατηρούνται στις βιοκοινότητες Carabidae των αστικών περιοχών σε παγκόσμια κλίμακα, υποστηρίζουν τις υποθέσεις του Gray για τα υποβαθμισμένα συστήματα. Στις υπό μελέτη περιοχές ο πλούτος των ειδών Carabidae παρουσίαζε μείωση στις αστικές περιοχές σε σχέση με τις λιγότερο διαταραγμένες. Επίσης φάνηκε να ακολουθείται και το πρότυπο μείωσης του μέσου σωματικού μεγέθους. Αυτό σύμφωνα με τους συγγραφείς οφείλεται σε διαφορές στη διαθεσιμότητα κατάλληλων πόρων ή εναλλακτικά στη φέρουσα ικανότητα των ενδιαιτημάτων (habitat capacity). Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληγε και η μελέτη των Ishitani *et al*. 2003 που έγινε στην Πόλη Χιροσίμα της Ιαπωνίας. Μια παρόμοια μελέτη των Alaruika *et al*. (2003) (Ελσίνκι, Φινλανδία), η οποία εστιάζει τόσο στις Αράχνες όσο και στην οικογένεια Carabidae των Κολεοπτέρων, δείχνει επίσης ότι το μέσο σωματικό μέγεθος των ατόμων μειώνεται καθώς προχωράμε στις αστικές ζώνες. Αντίθετα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των Magura *et al*.

(2004), στο Debrecen της Ουγγαρίας, δεν φάνηκε να μειώνεται ο πλούτος ειδών Carabidae στην αστική ζώνη σε σχέση με τις επαρχιακές περιοχές. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την υπόθεση της μείωσης του μέσου σωματικού μεγέθους στις αστικές περιοχές (Magura *et al*. 2004). Για την επίδραση της αστικοποίησης στις βιοκοινότητας των αραχνών έχουν γίνει πολύ λίγες μελέτες. Μια από αυτές είναι των Schochat *et al*. (2004) στην Κεντρική Αριζόνα, τα αποτελέσματα της οποίας δείχνουν, ότι ενώ ο πλούτος ειδών τους μειώνεται στις αστικές περιοχές, η συνολική αφθονία τους αυξάνεται.

Ένας από τους πρώτους στόχους του προγράμματος GLOBENET ήταν να δημιουργηθεί ένα απλό πρωτόκολλο, το οποίο θα χρησιμοποιείτο από κοινού σε όλες τις υπό μελέτη περιοχές. Το πρωτόκολλο αυτό βασίζεται στη μελέτη των αστικών οργανισμών κατά μήκος μιας διαβάθμισης αστικών-περιαστικών ζωνών, και παρουσιάζεται μέσα από την εργασία των Niemela *et al*. (2000). Επίσης είναι διαθέσιμη και σε ηλεκτρονική μορφή στην ιστοσελίδα του προγράμματος όπου παρουσιάζονται τα βασικά βήματα και είναι τα εξής: επιλέγονται 3 επίπεδα διαταραχής μέσα στην αστικοποιημένη περιοχή (αστική περιοχή με υψηλά επίπεδα διαταραχής, προαστιακή περιοχή λιγότερο διαταραγμένη και αδιατάρακτη επαρχιακή περιοχή). Μέσα σε κάθε περιοχή επιλέγονται 4 «θέσεις» και σε κάθε «θέση» τοποθετούνται 10 παγίδες εδάφους-pitfall traps σε τυχαία διάταξη (να απέχουν μεταξύ τους 10m). Συνολικά 120 παγίδες τοποθετούνται στη διαβάθμιση αστικών-επαρχιακών ζωνών, 40 παγίδες ανά επίπεδο διαταραχής και 10 παγίδες ανά «θέση».

Από παλαιότερες μελέτες (McDonnel & Pickett 1990) έχει αποδειχθεί ότι η μελέτη των οικολογικών συστημάτων σε μια διαβάθμιση αστικών-επαρχιακών ζωνών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να απαντήσουν τόσο σε θέματα γενικού οικολογικού ενδιαφέροντος, αλλά και σε ερωτήματα που σχετίζονται αποκλειστικά με τα αστικά οικοσυστήματα. Η μελέτη των επιδράσεων της αστικοποίησης στη διαβάθμιση αυτή εκτός του ότι παρέχει μια χρήσιμη βάση και ένα γενικό πλαίσιο για τη μελέτη των βιοτικών και αβιοτικών αλλαγών που παρουσιάζονται στα αστικά οικοσυστήματα (McDonnell & Pickett 1990; Niemela *et al*. 2002; Ulrich *et al*. 2008), μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και σε συγκριτικές μελέτες σε διαφορετικές αστικές περιοχές του πλανήτη (Niemela *et al*. 2000).

1.4 Οργανισμοί που χρησιμοποιούνται σαν δείκτες στις μελέτες των αστικών οικοσυστημάτων

Παρόλο που τα αρθρόποδα είναι μια πολύ διαφοροποιημένη ομάδα σε όλο τον κόσμο θεωρείται ότι οι μελέτες που αφορούν τα αρθρόποδα και το πώς επηρεάζονται από την αστικοποίηση είναι ελάχιστες παγκοσμίως (McIntyre *et al*.

2000, 2001). Τα αρθρόποδα θεωρούνται πολύ καλά εργαλεία για τη μελέτη των αστικών οικοσυστημάτων (McIntyre *et al*. 2000, 2001; Schochat *et al*. 2004). Καταρχήν καταλαμβάνουν διάφορα επίπεδα στις τροφικές αλυσίδες και ως εκ τούτου και στις οικοσυστημικές λειτουργίες (McIntyre *et al*. 2001). Εκτός αυτού είναι άφθονα και έτσι επιτρέπουν τη συλλογή αρκετά μεγάλων δειγμάτων για ισχυρά στατιστικά αποτελέσματα, σε σχέση με μεγαλύτερου μεγέθους οργανισμούς (όπως για παράδειγμα Σπονδυλωτά). Επίσης τα περισσότερα από αυτά έχουν σχετικά μικρούς κύκλους ζωής και έτσι οι πληθυσμοί τους αντιδρούν γρήγορα στις μεταβολές του περιβάλλοντος τους (McIntyre *et al*. 2000, 2001). Τέλος, οι αλλαγές των ενδιαιτημάτων που προκαλούνται από την αστικοποίηση θεωρούνται ένας από τους κυριότερους λόγους της μείωσης των αφθονιών και της ποικιλότητας των βιοκοινοτήτων τους (McIntyre *et al*. 2000, 2001).

Σε άνυδρα και ημίξηρα περιβάλλοντα οι αράχνες είναι μία από τις πιο διαφοροποιημένες και άφθονες ομάδες οργανισμών. Οι αράχνες είναι από τους σημαντικότερους θηρευτές πολλών ασπόνδυλων οργανισμών (Wise 1993; Foelix 1996) ενώ είναι ζωτική πηγή τροφής για πολλά σπονδυλωτά και πτηνά. Οι αράχνες είναι ευαίσθητες στις μικροενδιαιτηματικές διακυμάνσεις (Foelix 1996) και αποτελούν σημαντικό μέρος των βιοκοινοτήτων των χερσαίων ασπόνδυλων ποσοτικά (σχετική αφθονία) και ποιοτικά (ποικιλότητα ειδών).Για το λόγο αυτό η μελέτη τους μπορεί να συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στην κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τα πρότυπα κατανομής τους, αλλά επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά και στον καθορισμό περιοχών υψηλής διαχειριστικής αξίας (Cardoso *et al*. 2004). Όσον αφορά τις εδαφικές αράχνες διάφοροι ερευνητές υποστηρίζουν ότι λόγω του ότι περιπλανώνται, οι παγίδες εδάφους είναι η πλέον συνιστώμενη μέθοδος για την συλλογή τους αφού από διάφορες μελέτες φαίνεται ότι οι αράχνες είναι μία από τις ζωικές ομάδες που παγιδεύονται συνηθέστερα στις παγίδες εδάφους (Uetz & Unzicker 1976) ενώ χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια σαν εργαλείο έρευνας σε πολλές οικολογικές μελέτες.

Οι αραχνολογικές μελέτες στον Ελληνικό χώρο είναι πολύ λίγες και αφορούν κυρίως περιγραφές καινούριων ειδών ή αποτελέσματα κατανομών των γνωστών ειδών (Kulczyński 1903; Bristowe 1935; Χατζησαράντος 1940; Brignoli 1978, 1985, 1986; Χατζάκη 1998, 2003; Chatzaki *et al*. 2002a, b, 2003; Chatzopoulou & Chatzaki 2004; Chatzaki & Arnedo 2006; Chatzaki 2010a, b; Panayiotou *et al*. 2010). Ακόμη λιγότερες είναι οι οικολογικές μελέτες (Παράσχη 1988; Radea 1993; Chatzaki *et al*. 2005a, b) παρόλο που ο ελληνικός χώρος παρουσιάζει πρόσφορο έδαφος για τέτοιου είδους μελέτες. Ένας βασικός λόγος που παρατηρείται αυτό είναι γιατί η γνώση των ειδών αλλά και των κατανομών τους είναι περιορισμένη. Ως εκ τούτου είναι δύσκολο να γίνουν οικολογικές μελέτες στις περιοχές αυτές, αφού οι γνώσεις μας, όσον αφορά τόσο τα είδη της περιοχής, όσο και τις κατανομές τους, είναι

ελλιπείς. Οι αράχνες θεωρείται από πολλούς ότι είναι ένα καλό εργαλείο για τη μελέτη των διάφορων προτύπων της βιοποικιλότητας, αφού η κατανομή και η παρουσία τους επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη δομή των ενδιαιτημάτων αλλά και τη δομή της βλάστησης (Wise 1993; Whitehouse *et al*. 2002). Μια όμως από τις καλύτερα μελετημένες οικογένειες στον ελληνικό χώρο είναι τα Gnaphosidae (π.χ. Chatzaki *et al.* 2002a, b, 2005a, b; Χατζάκη 2003; Chatzaki 2008) που αποτελούν μια από τις πιο άφθονες και διαφοροποιημένες οικογένειες εδαφικών αραχνών στην Κρήτη και γενικά στη Μεσόγειο (Χατζάκη 2003). Η οικογένεια αυτή στη Κρήτη αποτελείται κυρίως από ξηρόφιλα είδη και είδη που είναι ανθεκτικά στις ψηλές θερμοκρασίες και τη ξηρασία, ενώ πολύ λίγα είδη είναι εξειδικευμένα και στενόοικα (Chatzaki 2005a). Επιπλέον αποτελεί την κυρίαρχη οικογένεια η οποία συλλαμβάνεται με τη χρήση παγίδων εδάφους (Chatzaki *et al*. 2005a,b; Cardoso *et al*. 2007), η οποία είναι η κοινή μεθοδολογία που ακολουθείται σε όλες τις μελέτες που γίνονται στα πλαίσια του προγράμματος GLOBENET (Niemela *et al*. 2000). Επίσης η συλλογή των Gnaphosidae με παγίδες εδάφους έχει φανεί ότι δίνει πολύ καλά αποτελέσματα για την εκτίμηση του πλούτου των ειδών των αραχνών που υπάρχουν στα τυπικά μεσογειακά οικοσυστήματα (Cardoso *et al*. 2004). Όπως προκύπτει από τα παραπάνω η οικογένεια αυτή παρουσιάζεται σαν ιδανικό εργαλείο μελέτης της αστικοποίησης στην πόλη του Ηρακλείου.

1.5 Στόχοι της παρούσας μελέτης

Καθώς οι μηχανισμοί που διέπουν τα αστικά οικοσυστήματα είναι ακόμη άγνωστοι, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε πως επηρεάζονται διαφορετικές ομάδες οργανισμών από την επέκταση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Ένας άλλος λόγος για τη μελέτη των αρθροπόδων στα αστικά οικοσυστήματα είναι το γεγονός ότι πολλά από αυτά έχουν σημαντικό ρόλο στις αγροκαλλιέργειες και στην γεωπονία σαν φυτοπαράσιτα ή σαν βιολογικοί δείκτες (McIntyre 2000). Μια από τις σημαντικότερες ομάδες αρθροπόδων είναι οι αράχνες, οι οποίες αποτελούν σημαντικό μέρος των βιοκοινοτήτων των χερσαίων ασπονδύλων ποσοτικά (σχετική αφθονία) και ποιοτικά (ποικιλότητα ειδών) και γι αυτό η μελέτη τους μπορεί να συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό. Επίσης έχει φανεί από μελέτες ότι επηρεάζονται από την ανομοιογένεια των ενδιαιτημάτων (Whitehouse *et al*. 2002) και ειδικότερα από τις ανθρωπογενείς αλλαγές που παρουσιάζονται στα οικοσυστήματα, όπως είναι η αστικοποίηση και πιο συγκεκριμένα ο κατακερματισμός των ενδιαιτημάτων τους (Bolger *et al*. 2000).

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με τις προδιαγραφές των μελετών που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος GLOBENET (Global Network for Monitoring Landscape Change) (Niemela *et al*. 2000) που επικεντρώθηκε στις επιδράσεις της αστικοποίησης στη βιοποικιλότητα των πόλεων. Οι μελέτες που έγιναν στα πλαίσια

του GLOBENET μελέτησαν τη διαβάθμιση αστικών-προαστικών-περιαστικών ζωνών και βασιζόντουσαν σε ένα κοινό πρωτόκολλο με τη χρήση παγίδων εδάφους (pitfall traps)., ενώ χρησιμοποιούσαν σαν οργανισμούς-δείκτες τα Κολεόπτερα και συγκεκριμένα την οικογένεια Carabidae (Niemela *et al*. 2002; Ishitani *et al*. 2003; Magura *et al*. 2004; Sadler *et al*. 2006; Elek & Lovei 2007). Πολλοί ερευνητές, όμως, επισημαίνουν ότι αν δεν υπάρξουν μελέτες και σε άλλους οργανισμούς-δείκτες (όπως οι αράχνες) (Maelfait & Hendrickx 1998; Cardoso *et al*. 2004) στη διαβάθμιση αστικών-περιαστικών ζωνών, τότε δεν είναι δυνατό να καθοριστούν οι επιδράσεις της αστικοποίησης και σε άλλα αρθρόποδα. Η ομάδα των αραχνών χρησιμοποιείται όλο και πιο συχνά σαν οργανισμοί-δείκτες των διαταραχών αλλά και της ποιότητας του περιβάλλοντος (Green 1999; Burger *et al*. 2001; Cardoso *et al*. 2004; Buchholz 2010), ενώ οι παγίδες εδάφους θεωρούνται πλέον σαν μια από τις καλύτερες μεθόδους για τη σύλληψη των εδαφικών αραχνών (Uetz & Unzicker 1976; Χατζάκη 2003). Μια άλλη δυνατότητα που θα παρουσιαστεί από τη μελέτη και άλλων ομάδων οργανισμών θα είναι και η σύγκριση των επιπτώσεων της αστικοποίησης στις καινούριες ομάδες μελέτης και το κατά πόσο η αστικοποίηση τις επηρεάζει με τον ίδιο τρόπο όπως και τα Κολεόπτερα (Magura *et al*. 2010).

Ο στόχος της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη της επίδρασης της αστικοποίησης στην πόλη του Ηρακλείου μέσω της ανάλυσης της ομάδας των αραχνών Gnaphosidae ως προς την ποικιλότητα και τη φαινολογία της σε επιλεγμένους σταθμούς μελέτης. Ειδικότερα οι παράμετροι που εξετάζονται είναι οι ακόλουθες:

* ο πλούτος ειδών των αραχνών στη διαβάθμιση αστικών-περιαστικών ζωνών και πώς επηρεάζεται από την αστικοποίηση,
* οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών στη διαβάθμιση αστικοποίησης και
* η μελέτη της υπόθεσης της μείωσης του μέσου σωματικού μεγέθους των οργανισμών λόγω όχλησης στα αστικά κέντρα.

Κεφαλαιο 2

Υλικα και Μεθοδοι

2.1 Περιοχές μελέτης

2.1.1 Επιλογή περιοχών μελέτης

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε μια διαβάθμιση αστικών-περιαστικών ζωνών στο νομό Ηρακλείου σύμφωνα με το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε στο πρόγραμμα παρακολούθησης GLOBENET.

Βάση δορυφορικών φωτογραφιών του νομού Ηρακλείου επιλέχθηκαν δύο σταθερές ευθείες που να διασχίζουν το κέντρο της πόλης, με φορά ανατολικά-δυτικά (οριζόντια ευθεία) και βόρεια-νότια (κάθετη ευθεία). Λόγω του ότι το Ηράκλειο είναι μια παράκτια πόλη δεν ήταν δυνατόν να τοποθετηθούν οι παγίδες στο βόρειο άξονα της κάθετης ευθείας. Σε κάθε ευθεία επιλέχθηκαν 3 θέσεις έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν τα τρία επίπεδα αστικοποίησης (στις αστική, προαστική και περιαστική ζώνη), όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1 (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1. Πλήρης περιγραφή των εννέα δειγματοληπτικών σταθμών.

Δειγματοληπτικός Σταθμός	Πλήρης Περιγραφή
Αστικός σταθμός 1	Τείχη, Πύλη Αγίου Ανδρέα
Αστικός σταθμός 2	Δημοτικό Παρκινγκ στην Καινούρια πόρτα
Αστικός σταθμός 3	Λιμάνι, απέναντι από τη δεύτερη πύλη του λιμανιού
Προαστικός σταθμός 1	Αμμουδάρα, κοντά στο εργοστάσιο ΔΕΗ
Προαστικός σταθμός 2	Δρόμος προς Βούτες, απέναντι από το σουπερμάρκετ Makro
Προαστικός σταθμός 3	Βιομηχανική περιοχή Ηρακλείου, έξοδος για νέα Εθνική οδό
Περιαστικός σταθμός 1	Εθνική οδός προς Ρέθυμνο, κοντά στη γέφυρα Παλαιοκάστρου
Περιαστικός σταθμός 2	Εθνική οδός προς Μοίρες, 1,5km μετά το Makro
Περιαστικός σταθμός 3	Περιοχή Σταυρωμένου, πριν το Κοκκίνι Χάνι

Σχήμα 2.1. Δορυφορική φωτογραφία όπου φαίνονται οι εννέα δειγματοληπτικοί σταθμοί. Κίτρινο: σταθμοί αστικού κέντρου, πράσινο: σταθμοί προαστικής ζώνης, κόκκινο: σταθμοί περιαστικής ζώνης.

Τα κριτήρια για την επιλογή των δειγματοληπτικών θέσεων (αστική, προαστική, περιαστική) ήταν η αναλογία των οικοδομημένων περιοχών σε σχέση με το φυσικό οικοσύστημα.

Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά των δειγματοληπτικών σταθμών φαίνονται στον Πίνακα 2.2. Οι δειγματοληπτικοί σταθμοί βρίσκονταν σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο και ποικίλη κλίση, κυρίως προς τα βόρεια-βορειοανατολικά. Το υπόστρωμα σε όλες τις περιοχές μελέτης είναι ασβεστολιθικό.

2.1.2 Χαρακτηριστικά των περιοχών μελέτης

Το κλίμα στις περιοχές μελέτης

Το κλίμα στις περιοχές μελέτης είναι τυπικό Μεσογειακό, με πολύ ζεστά καλοκαίρια και πολύ πιο ψυχρούς χειμώνες.

Πίνακας 2.2. Στοιχεία γεωγραφίας των σταθμών μελέτης.

Δειγματοληπτικός Σταθμός	Γεωγραφικό Μήκος (Longitude)	Γεωγραφικό Πλάτος (Latitude)	Υψόμετρο (m)
Αστικός σταθμός 1	25,1228	35,3403	13
Αστικός σταθμός 2	25,1370	35,3345	38
Αστικός σταθμός 3	25,1458	35,3411	7
Προαστικός σταθμός 1	25,0562	35,3395	3
Προαστικός σταθμός 2	25,0951	35,3186	40
Προαστικός σταθμός 3	25,1585	35,3319	19
Περιαστικός σταθμός 1	25,0389	35,3679	23
Περιαστικός σταθμός 2	25,0864	35,2979	67
Περιαστικός σταθμός 3	25,2312	35,3306	43

Η βλάστηση στις περιοχές μελέτης

- **Αστικός σταθμός 1-Τείχη:** Στο σταθμό αυτό κυριαρχούσαν καλλωπιστικά φυτικά είδη, λόγω του ότι η βλάστηση στο μεγαλύτερο μέρος των Ενετικών τειχών έχει δημιουργηθεί από τον άνθρωπο. Στο σταθμό αυτό κυριαρχούν είδη ανθεκτικά στη ξηρασία που δεν χρειάζονται φροντίδα, όπως: *Carpobrotus edulis*, *Myoporum sandwicense* και γκρίζοι θάμνοι από *Senecio* sp., ενώ σε κάποια σημεία παρατηρήθηκαν και άτομα του είδους *Atriplex halimus*.

- **Αστικός σταθμός 2-Καινούρια Πόρτα:** Αλσύλλιο όπου κυριαρχούσαν πεύκα (*Pinus brutia*) και χαρουπιές (*Ceratonia siliqua*). Επίσης υπήρχαν και κάποια πολυετή αγρωστώδη και ανθρωπόφυλα είδη όπως η ξυνίδα (*Oxalis pes-caprae*) και αναρριχώμενα όπως το *Bignonia grandiflora*.
- **Αστικός σταθμός 3-Λιμάνι:** Τεχνητό αλσύλλιο όπου κυριαρχούσαν αλμυρίκια (*Tamarix smyrnensis*) και πεύκα (*Pinus brutia*). Επίσης υπήρχαν και διάφορα ανθρωπόφυλα είδη όπως: ξυνίδα (*Oxalis pes-caprae*), τσουκνίδα (*Urtica* sp.) και το αλοφυτικό είδος *Atriplex halimus*.
- **Προαστικός σταθμός 1-Αμμουδάρα:** Κυριαρχούσε η ποώδης βλάστηση και κυρίως τα είδη *Oxalis pes-caprae* και *Borago* sp. Ενώ παρατηρήθηκαν και αρκετά φυτά-επικοιστές όπως: *Dittrichia viscosa*, *Conyza canadensis* και κάποια άτομα του γένους *Synapis*.
- **Προαστικός σταθμός 2-Makro:** Χέρσος αγρός με ποώδη βλάστηση και αρκετά άτομα του είδους *Coridothymus capitatus*.
- **Προαστικός σταθμός 3-Βιομηχανική περιοχή:** Τεχνητό άλσος όπου κυριαρχούσε το πεύκο (*Pinus brutia*), ενώ υπήρχαν λίγα άτομα του είδους *Acacia cyanophylla* και κάποια γεώφυτα.
- **Περιαστικός σταθμός 1-Παλαιόκαστρο:** Αραιή μακκία βλάστηση με διάσπαρτα φρύγανα και γεώφυτα. Παρατηρήθηκαν τα είδη: *Pistacia lentiscus*, *Coridothymus capitatus*, *Calicotome villosa*, *Cistus creticus* και *Asphodelus aestivus*.
- **Περιαστικός σταθμός 2-Εθνική Μοιρών:** Χέρσος αγρός όπου κυριαρχούσε το *Coridothymus capitatus* και πολλά αγρωστώδη όπως το *Piptatherum* sp.
- **Περιαστικός σταθμός 3-Σταυρωμένος:** Φρυγανότοπος με χαμηλούς θάμνους και κάποια γεώφυτα. Καταγράφηκαν τα είδη: *Coridothymus capitatus*, *Calicotome villosa*, *Phlomis lanata*, *Asphodelus aestivus* και *Sarcopoterium spinosum*.

2.2 Εργασία πεδίου

2.2.1 Μέθοδος δειγματοληψίας

Σε κάθε θέση τοποθετήθηκαν παγίδες εδάφους (pitfall traps) οι οποίες ήταν πλαστικά ποτήρια ύψους 12cm και διαμέτρου 9,5cm. Η συγκεκριμένη μέθοδος επηρεάζεται από την κινητικότητα, που συχνά διαφοροποιείται εποχικά και σχετίζεται με το βιολογικό κύκλο των ζώων (π.χ. με την αναπαραγωγή), παρέχοντας έτσι ένα ημι-ποσοτικό μέτρο της πραγματικής αφθονίας των μελετώμενων ομάδων.

Αν διατηρηθεί σταθερή η συντηρητική ουσία και ο τρόπος που οι παγίδες είναι τοποθετημένες στο έδαφος, η μέθοδος είναι αποτελεσματική στο να καταγράψει την εποχική διακύμανση του αριθμού των ατόμων, ανεξαρτήτως απόλυτων αριθμών, και να ανιχνεύσει χρονικά πρότυπα δραστηριότητας (Adis 1979; Τριχάς 1996).

2.2.2 Χωροθέτηση παγίδων εδάφους και πρόγραμμα δειγματοληψιών

Χρησιμοποιήθηκαν 10 παγίδες σε κάθε σταθμό σε απόσταση 10 m μεταξύ τους και οι οποίες λειτουργούσαν από τον Νοέμβριο του 2009 μέχρι και τον Νοέμβριο του 2010. Η συλλογή και η επανατοποθέτηση των παγίδων γινόταν κάθε μήνα. Ως συντηρητικό χρησιμοποιήθηκε η προπυλενογλυκόλη, ένα αποτελεσματικό και φτηνό προϊόν που εξασφαλίζει τη θανάτωση και συντήρηση των οργανισμών για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα δείγματα συλλέγονταν από το πεδίο σε πλαστικά σακούλια με 99% αλκοόλη.

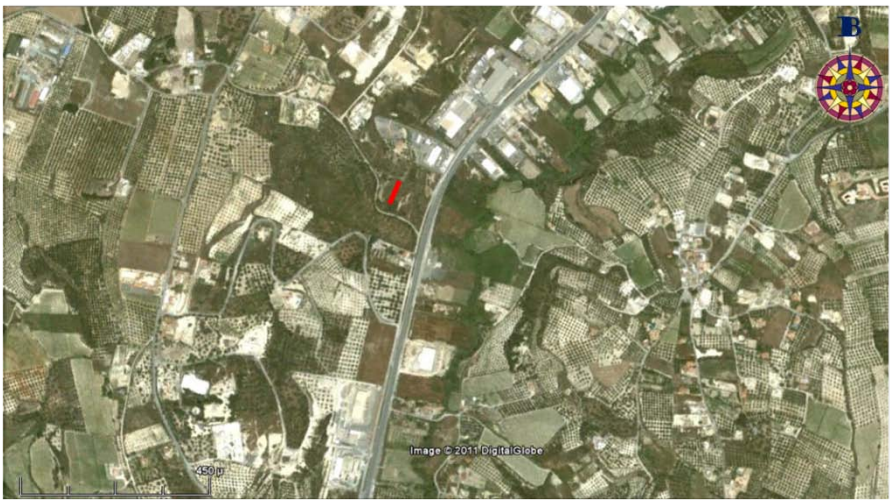
Σχήμα 2.2. Χωροδιάταξη των παγίδων στους τρεις σταθμούς του αστικού κέντρου.

Σχήμα 2.3. Χωροδιάταξη των παγίδων εδάφους στον πρώτο προαστικό σταθμό στην Αμμουδάρα.

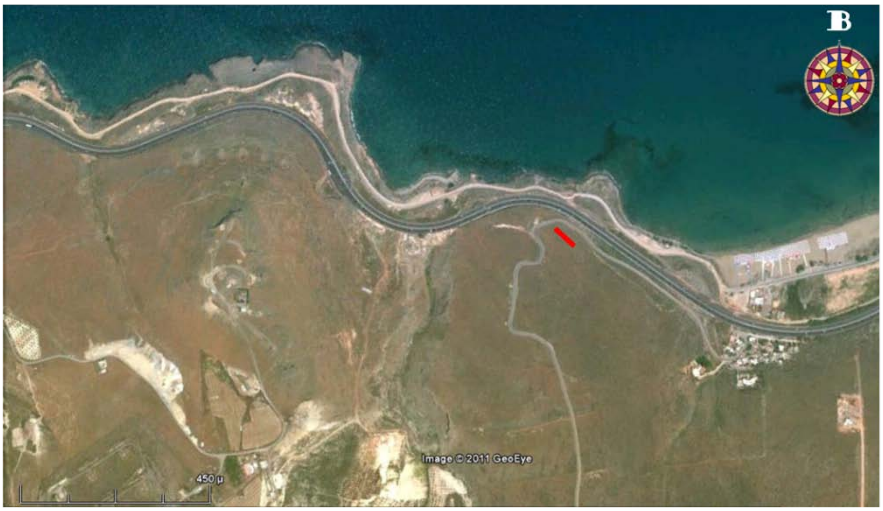
Σχήμα 2.4. Χωροδιάταξη των παγίδων στον δεύτερο προαστικό σταθμό απέναντι από τα Makro.

Σχήμα 2.5. Χωροδιάταξη των παγίδων στον τρίτο προαστικό σταθμό στη Βιομηχανική Περιοχή Ηρακλείου.

Σχήμα 2.6. Χωροδιάταξη των παγίδων στον πρώτο περιαστικό σταθμό στο Παλαιόκαστρο.



Σχήμα 2.7. Χωροδιάταξη των παγίδων στον δεύτερο περιαστικό σταθμό στην Εθνική Μοιρών.



Σχήμα 2.8. Χωροδιάταξη των παγίδων εδάφους στον τρίτο περιαστικό σταθμό στον Σταυρωμένο.

2.3 Ανάλυση δεδομένων

2.3.1 Διαλογή υλικού, ταξινόμηση και ποιοτικά δεδομένα

Μετά τη συλλογή τους τα δείγματα μεταφερόταν στο εργαστήριο Αρθροπόδων του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης (Μ.Φ.Ι.Κ.), όπου και γινόταν ο καθαρισμός τους από άχρηστα υλικά και η διαλογή τους σε τάξεις. Μετέπειτα το υλικό της τάξης των Αραχνών, αναγνωριζόταν σε επίπεδο είδους, με τη βοήθεια

στερεοσκοπίου και ταυτόχρονα γινόταν η καταμέτρηση των ατόμων. Το υλικό φυλάσσεται στη συλλογή του Μ.Φ.Ι.Κ. σε βάζα με 99% αλκοόλη.

2.3.2 Ποσοτικά δεδομένα

Προκειμένου όλα τα δεδομένα να αναχθούν σε ισοδύναμες δειγματοληπτικές προσπάθειες, έγινε μετατροπή του αριθμού των ατόμων που συλλέχθηκαν σε κάθε δείγμα (στο άθροισμα των ενεργών ημερών και ενεργών παγίδων ανά δειγματοληψία) στον αναμενόμενο αριθμό ατόμων ανά 100 ημέρες και ανά παγίδα (100 π/η). Η αντίστοιχη εξίσωση, η οποία αντιστοιχεί στην αφθονία, έχει ως εξής:

(x) = p * x

(x): αναμενόμενος αριθμός ατόμων (ή αρ. ατ. ανά 100 π/η)

x: αριθμός ατόμων ανά δείγμα

p: 100 / αριθμός ενεργών ημερών / αριθμός ενεργών παγίδων

Η αναγωγή σε αριθμό συλλήψεων ανά παγιδοημέρες θεωρείται πως μετρά την πυκνότητα δραστηριότητας (Andersen & Eltun 2000; de los Santos *et al*. 2002).

2.3.3 Πανιδική ομοιότητα των περιοχών μελέτης

Για την ανάδειξη των πανιδικών σχέσεων των δειγματοληπτικών σταθμών δοκιμάστηκαν μέθοδοι αριθμητικής ανάλυσης. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκαν δυαδικοί πίνακες δεδομένων. Η παρουσία ενός είδους σε ένα δυαδικό πίνακα συμβολίζεται κάθε φορά με 1, ενώ η απουσία με 0. Η μήτρα αυτή μπορεί να αποτελέσει τη βάση για μια σειρά μαθηματικών αναλύσεων, με στόχο την ανίχνευση γεωγραφικών και άλλων προτύπων της συγκεκριμένης ζωικής ομάδας. Οι δείκτες ομοιότητας ή ανομοιότητας που χρησιμοποιούνται για πανιδικές συγκρίσεις περιοχών είναι ποικίλοι και η επιλογή βασίζεται πολλές φορές σε υποκειμενικά κριτήρια (Sneath & Sokal 1973). Η χρησιμοποίηση του αντιπροσωπευτικότερου δείκτη αποτελεί κάθε φορά μεγάλο ερωτηματικό και συνεπώς η επιλογή που έγινε δε βασίστηκε αποκλειστικά και μόνο σε αντικειμενικά κριτήρια. Άλλωστε, το υποκειμενικό κριτήριο στην επιλογή του δείκτη είναι φανερό σε παλαιότερες εργασίες (Μυλωνάς 1982; Βαρδινογιάννη 1994; Σφενδουράκης 1994; Τριχάς 1996; Χατζάκη 2003; Σημαιάκης 2005). Ο δείκτης Yule δίνει έμφαση τόσο στις κοινές παρουσίες ειδών μεταξύ των σταθμών όσο και στις μοναδικές παρουσίες (Jackson *et al*. 1989). Επιπροσθέτως, ο δείκτης αυτός έχει χρησιμοποιηθεί και στην εργασία της Χατζάκη (2003) και είχε διαπιστωθεί ότι έδινε καλύτερα αποτελέσματα στη

σύγκριση της αραχνοπανίδας λόγω του ότι ισοσταθμίζει καλύτερα τόσο τις κοινές παρουσίες όσο και τις κοινές απουσίες. Δεδομένων όλων των προηγουμένων και επειδή παρουσίασε τα καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τους υπόλοιπους δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν (Jaccard, Phi και Dice), για την εφαρμογή της ανάλυσης ομαδοποίησης χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης ομοιότητας Yule.

Τέλος, με βάση τους τριγωνικούς πίνακες που παράγονται από την εφαρμογή των δεικτών κατασκευάστηκαν δενδρογράμματα ομαδοποίησης UPGMA (unweighted pair group method using arithmetic average). Τα κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου δείκτη ομοιότητας βασίζονται είτε στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε ζωικής ομάδας, είτε στα επιμέρους χαρακτηριστικά των γεωγραφικών περιοχών. Σύμφωνα με παλαιότερες μελέτες το μόνο κριτήριο για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων προκύπτει από το συνφαινετικό συντελεστή συσχέτισης (cophenetic correlation coefficient), που δίνει μία προσέγγιση του μέτρου συμφωνίας ανάμεσα στις τιμές των παρατηρούμενων δενδρογραμμάτων και στις τιμές των συμμετρικών πινάκων ομοιότητας. Σύμφωνα με τον Rohlf (2008), οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης όταν ξεπερνούν το 0,9 δείχνουν πολύ καλή σχέση ανάμεσα στις μήτρες, τιμές μεταξύ 0,8 και 0,9 μαρτυρούν καλή σχέση, τιμές από 0,7 έως 0,8 δείχνουν ικανοποιητική σχέση και τιμές κάτω του 0,7 λίγο ικανοποιητική σχέση. Στα αποτελέσματα παρουσιάζονται τα δενδρογράμματα με τον υψηλότερο συνφαινετικό συντελεστή συσχέτισης. Το στατιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των δενδρογραμμάτων είναι το NTSYS pc (version 2.02) (Rohlf 2008).

2.3.4 Πλούτος ειδών

Οι αθροιστικές (accumulation) καμπύλες (Palmer 1990) χρησιμοποιήθηκαν για να εκτιμηθεί η ασύμπτωτη του πλούτου ειδών καθώς το μέγεθος δειγμάτων και ατόμων αυξάνει (Clench 1979; Robbins *et al.* 1989; Colwell & Coddington 1994). Στις αθροιστικές καμπύλες απεικονίζεται ο συνολικός εκτιμώμενος πλούτος ειδών για κάθε σταθμό μελέτης κατά τη διάρκεια της συλλογής δεδομένων, καθώς περισσότερα άτομα ή δείγματα προστίθενται στη συλλογή των ήδη υπαρχόντων ατόμων ή δειγμάτων (Gotelli & Colwell 2001). Ως βάση σύγκρισης για όλες τις καμπύλες επιλέχθηκε ο αριθμός των ατόμων και όχι αυτός των δειγμάτων (σύνολο ανά δειγματοληψία), επειδή η δειγματοληπτική προσπάθεια μεταξύ των δειγμάτων ποικίλλει -όταν π.χ. ο αριθμός των λειτουργικών παγίδων δεν είναι ο ίδιος σε όλες τις δειγματοληψίες στην ίδια περιοχή και μεταξύ των περιοχών. Ως εκ τούτου για να είναι συγκρίσιμα τα επίπεδα της δειγματοληπτικής προσπάθειας και επειδή τα σύνολα των δεδομένων μπορεί να διαφέρουν σημαντικά στο μέσο αριθμό ατόμων ανά δείγμα, είναι προτιμότερο στις καμπύλες ο αθροιστικός πλούτος ειδών να

αναπαρίσταται ως συνάρτηση του αθροιστικού αριθμού των συλλεχθέντων ατόμων (Gotelli & Colwell 2001; Escobar *et al.* 2005)

Ο πλούτος ειδών για κάθε περιοχή μελέτης εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας τους δείκτες Jacknife1 (Burnham & Overton 1978, 1979; Smith & van Belle 1984; Heltshe & Forrester 1983), Bootstrap (Smith & van Belle 1984) και Chao1 (Chao 1984, 1987), τρεις κοινούς μη παραμετρικούς δείκτες εκτίμησης του πλούτου ειδών που χρησιμοποιούν δεδομένα ειδών/δείγμα (Escobar *et al.* 2005). Οι υπολογισμοί για τις αθροιστικές καμπύλες και οι εκτιμήσεις του πλούτου ειδών πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα EstimateS 8.0 (Colwell 2006).

Η α ποικιλότητα εκτιμήθηκε για κάθε δειγματοληπτικό σταθμό χρησιμοποιώντας δύο εκφράσεις του πλούτου ειδών: (1) την αθροιστική α ποικιλότητα (N_s), που είναι ο συνολικός αριθμός ειδών που συλλέχθηκαν καθόλη τη διάρκεια της μελέτης σε κάθε σταθμό, (2) τη μέση α ποικιλότητα ($\bar{a}$), που είναι το σύνολο των ειδών σε κάθε δειγματοληπτική περίοδο διαιρεμένο με το συνολικό αριθμό των δειγματοληψιών σε κάθε σταθμό. Ο λόγος της μέσης ποικιλότητας ($\bar{a}$) διά την αθροιστική α ποικιλότητα (N_s):

$$\left(a\% = \frac{\bar{a}}{N_s}\right) * 100$$

είναι μέτρο της χρονικής εναλλαγής (“temporal turnover”) (Moreno & Halffter 2001; Romanuk & Kolasa 2001). Όταν το $\bar{a}$ είναι ίσο με το N_s (και συνεπώς η αναλογία είναι 100%), δεν υφίσταται χρονική β ποικιλότητα (Zamora *et al.* 2007). Η χρονική β ποικιλότητα (β_t) εκτιμήθηκε με βάση το δείκτη συμπληρωματικότητας (complementarity index) των Colwell & Coddington (1994):

$$C = \frac{S_j + S_k - 2V_{jk}}{S_j + S_k - V_{jk}} * 100$$

Όπου S_j ο αριθμός ειδών κατά τη δειγματοληπτική περίοδο j, S_k ο αριθμός ειδών κατά την αμέσως επόμενη δειγματοληπτική περίοδο k ($k = j + 1$) και V_{jk} ο αριθμός των κοινών ειδών μεταξύ των δειγματοληπτικών περιόδων j και k.

2.3.5 Διαφοροποίηση στο χώρο

Οι δείκτες ποικιλότητας (Shannon, Simpson) που χρησιμοποιήθηκαν υπολογίστηκαν από την αφθονία των μακροπανιδικών οργανισμών με το πρόγραμμα Past.

Δείκτης ομοιογένειας Shannon (*H'*): Ο δείκτης αυτός αντιπροσωπεύει το βαθμό της κανονικότητας στην αφθονία των ειδών σε μια βιοκοινότητα. Παίρνει τιμές μεταξύ των 1,5 και 3,5 (Margalef 1972; Magurran 2004). Η μέγιστη ποικιλότητα (H_{max}) παρατηρείται όταν όλα τα είδη έχουν ίσες αφθονίες (Magurran 2004). Υπολογίζεται ως εξής (Magurran 2004):

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Όπου: p_i είναι η σχετική αφθονία του I είδους.

Δείκτης Simpson (*D*): Ο δείκτης αυτός είναι ένας από τους πιο σημαντικούς και αξιόπιστους δείκτες ποικιλότητας. Οι τιμές του δείκτη αυξάνονται καθώς οι συναθροίσεις των ειδών προσεγγίζουν την κανονικότητα. Οι τιμές του δείκτη Simpson κυμαίνονται μεταξύ των 0 και 1 (για ένα δείγμα όπου λίγα είδη κυριαρχούν) (Solow 1993; Green 1999). Καθώς οι τιμές του D αυξάνονται η ποικιλότητα μειώνεται (Magurran 2004). Υπολογίζεται ως εξής (Magurran 2004):

$$D = \sum \left[\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N-1)}\right]$$

Όπου: n_i είναι η σχετική αφθονία του είδους i, και *N* είναι ο συνολικός αριθμός των συλλεχθέντων ατόμων.

Ο στατιστικός έλεγχος της σημαντικότητας των διαφορών (ή μη) μεταξύ των διαφορετικών δειγματοληπτικών σταθμών με βάση την αφθονία των ειδών πραγματοποιήθηκε με την ανάλυση ομοιοτήτων (ANOSIM) (Clarke 1993), μία μη παραμετρική ανάλυση, αντίστοιχη της πολυμεταβλητής ανάλυσης διακύμανσης (MANOVA) (Clarke & Green 1988). Η ANOSIM είναι μία διαδικασία τυχαιοποίησης, η οποία ενσωματώνει τη σύγκριση των ομοιοτήτων μεταξύ κατηγοριών (δειγματοληπτικοί σταθμοί) με τις ομοιότητες μεταξύ των παγίδων με βάση ένα παράγοντα (επίπεδο διαταραχής) (Clarke & Warwick 2001; Clarke & Gorley 2006).

Το στατιστικό μέτρο της ANOSIM (Global R) προέκυψε μετά από 999 τυχαιοποιήσεις. Όσο πιο κοντά είναι η τιμή του R στο 1 τόσο πιο διακριτές είναι οι διαφορές μεταξύ δύο ομάδων (επίπεδο διαταραχής), ενώ τιμές του R κοντά στο 0 δε δείχνουν πως υπάρχει διαφορά (Clarke 1993). Ως μέτρο ομοιότητας χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής Bray-Curtis (Magurran 2004) και ως εξαρτημένες μεταβλητές οι αφθονίες των ειδών ανά παγίδα. Τα κοινά και τα σπάνια είδη σταθμίστηκαν ισότιμα μετασχηματίζοντας τα δεδομένα με τετραγωνική ρίζα (Osborne 2002). Στις περιπτώσεις που τα αποτελέσματα της ANOSIM έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών επίπεδων διαταραχής, η διαδικασία ομοιότητας ποσοστών (SIMPER) χρησιμοποιήθηκε για να φανεί ποια είδη συνέβαλαν περισσότερο στην ανομοιομορφία (ή ομοιομορφία) μεταξύ δύο

εκάστοτε ζωνών στη διαβάθμιση αστικοποίησης (Clarke 1993). Οι διαφορές (ή η απουσία διαφορών) μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών σε σχέση με το επίπεδο διαταραχής στο οποίο τοποθετήθηκαν παραστάθηκαν με τη μη-μετρική πολυδιάστατη κλιμάκωση (NMDS) (Clarke 1993). Η NMDS είναι μία μέθοδος η οποία διατάσσει τις μεταβλητές (δειγματοληπτικούς σταθμούς) ως σημεία σε περιβάλλον δύο (ή περισσοτέρων) διαστάσεων με βάση την πολυμεταβλητή ομοιότητα των αφθονιών των ειδών, με την απόσταση μεταξύ των σημείων να υποδεικνύει σχετική ομοιότητα ή ανομοιότητα. Η ικανότητα των αλγορίθμων της NMDS να μειώνουν τα πολυμεταβλητά δεδομένα αφθονίας σε δύο ή τρεις διαστάσεις εξαρτάται από το πόσο συσχετισμένες είναι οι αφθονίες των ειδών. Η τιμή του “stress” υποδεικνύει το βαθμό στον οποίο η παράσταση με τον ελάχιστο αριθμό διαστάσεων αντανακλά τις εγγενείς σχέσεις αποστάσεων στο πολυμεταβλητό σύνολο δεδομένων (Lundholm & Marlin 2006). Μικρές τιμές του stress αντιστοιχούν σε πιο αξιόπιστες παραστάσεις, με τιμές <0,15 να είναι ιδανικές (Clarke & Warwick 2001). Τα επίπεδα διαταραχής στην περιοχή μελέτης ήταν τρία: αστικό κέντρο-urban (έντονη διαταραχή), προαστική ζώνη-sub (λιγότερη διαταραχή) και περιαστική ζώνη-rur (ελάχιστη έως καθόλου διαταραχή). Οι αναλύσεις ANOSIM, SIMPER και NMDS πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα PRIMER 6.1.8 (Clarke & Gorle 2006).

Ένας από τους πιο σημαντικούς στόχους της ανάλυσης των βιοκοινοτήτων είναι να ανακαλύψει και να περιγράψει την «αξία» κάθε είδους στα διάφορα οικοσυστήματα και ως εκ τούτου να χαρακτηρίσει είδη-δείκτες για τις διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Για την ανάλυση πολυμεταβλητών οικολογικών δεδομένων, όπως ονομάζεται η μέθοδος για την ανάδειξη των ειδών-δεικτών, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα PC-ORD (McCune & Mefford 2011). Η μέθοδος αυτή συνδυάζει πληροφορίες για την αφθονία των ειδών σε συγκεκριμένες ομάδες σταθμών (στην περίπτωση αυτή επίπεδο διαταραχής: αστική, προαστική και περιαστική ζώνη) και τα συνδυάζει με την ακριβή παρουσία των ειδών σε κάθε ομάδα σταθμών. Εν τέλει, παράγει «τιμές-δείκτες» (“indicator values”) για κάθε είδος σε κάθε ξεχωριστή ομάδα σταθμών. Οι τιμές αυτές ελέγχονται για τη στατιστική σημαντικότητα τους χρησιμοποιώντας μια τεχνική τυχαιοποίησης. Ο κάθε σταθμός που συμμετέχει στην ανάλυση συνοδεύεται από την περιγραφή κατηγορικών περιβαλλοντικών μεταβλητών που τον χαρακτηρίζουν (υψόμετρο, γεωγραφικό μήκος και πλάτος, κλίση, και οποιαδήποτε άλλη πληροφορία είναι διαθέσιμη), το επίπεδο διαταραχής, την παρουσία/απουσία ειδών-στόχων ή/και τον τύπο των ενδιαιτημάτων. Στην ανάλυση των δεδομένων για την ανάδειξη των ειδών-δεικτών χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής Phi (Tichý & Chytrý 2006). Ο συντελεστής αυτός είναι μια μέθοδος εκτίμησης της τιμής-δείκτη (“indicator value”) κάποιου είδους σε μια ομαδοποίηση των δεδομένων και εφαρμόζεται μόνο σε δεδομένα της μορφής παρουσία/απουσία. Οι Tichý & Chytrý 2006 ανέπτυξαν μια

μέθοδο για την εξομάλυνση των αποτελεσμάτων σε περίπτωση που το μέγεθος των δειγμάτων είναι διαφορετικό σε κάθε σταθμό, ως εκ τούτου ο συντελεστής Phi μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε περιπτώσεις όπου οι παρατηρήσεις από κάθε δειγματοληπτικό σταθμό είναι άνισες.

2.3.6 Κατανομή σωματικού μεγέθους

Ως μέτρηση σωματικού μεγέθους χρησιμοποιήθηκε το πλάτος κεφαλοθώρακα (πρόσωμα) των αραχνών, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν σε πολλές μελέτες και έχει αποδειχθεί μία πολύ αποτελεσματική εκτίμηση σωματικού μεγέθους για τις αράχνες (Hagstrum I971; Marshall and Gittleman 1994; Foelix 1996; Jakob *et al*. 1996; Foellmer & Moya-Larano 2007). Όπως όλα τα αρθρόποδα οι αράχνες υφίστανται μια σειρά εκδύσεων κατά τη διαδικασία της οντογένεσης τους (Foelix 1996). Ο κεφαλοθώρακας και τα πόδια αυξάνονται σε μέγεθος μόνο κατά τη διάρκεια της έκδυσης, όταν διάφορα υγρά αντλούνται στα πρόσθια μέρη του σώματος, έτσι ώστε να διαστείλουν τον νέο-δημιούργητο και μαλακό ακόμη εξωσκελετό. Επίσης, ο κεφαλοθώρακας είναι ισχυρά χιτινοποιημένος (sclerotized) οι διαστάσεις του δεν μεταβάλλονται με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Έτσι ο κεφαλοθώρακας συχνά αναφέρεται σαν «fixed trait-αμετάβλητο χαρακτηριστικό», ενώ το πλάτος κεφαλοθώρακα σχετίζεται ισχυρά με το συνολικό μέγεθος και τη βιομάζα των αραχνών (Foellmer & Moya-Larano 2007). Για κάθε είδος που συλλέχθηκε, το συνολικό μήκος υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος των πλατών κεφαλοθώρακα όλων των συλλεχθέντων ατόμων.

Η γραφική αναπαράσταση της κατανομής της αφθονίας συχνά πραγματοποιείται με τις καμπύλες Lorenz (Lorenz 1905), με τις οποίες το αθροιστικό ποσοστό των ατόμων αναπαρίσταται σε σχέση με το αθροιστικό ποσοστό της βιομάζας (Damgaard & Weiner 2000; Magura *et al.* 2006). Αν όλα τα άτομα έχουν το ίδιο σωματικό μέγεθος, η καμπύλη ακολουθεί την ισοκλινή της ισότητας. Αυξανόμενες διαφορές στα σωματικά μεγέθη «σπρώχνουν» την καμπύλη κάτω από την προαναφερθείσα γραμμή. Αν και οι καμπύλες Lorenz επιτρέπουν την αναγνώριση ανισοτήτων στα σωματικά μεγέθη, το γεγονός ότι είναι πάντα κοίλες κάνει δύσκολη τη σύγκριση διαφορετικών βιοκοινοτήτων (Damgaard & Weiner 2000; Magura *et al.* 2006). Για το λόγο αυτό, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε μία τροποποίηση των καμπύλων Lorenz: έγινε γραφική αναπαράσταση του αθροιστικού ποσοστού της κατάταξης των ειδών κατά σειρά σωματικού μεγέθους σε σχέση με το αθροιστικό ποσοστό των ατόμων ανά είδος (Ulrich *et al.* 2008). Τέτοια γραφήματα μπορεί να είναι κοίλα ή κυρτά και μπορούν εύκολα να συγκριθούν μέσω της στατιστικής σημαντικότητας των δευτεροβάθμιων όρων κατόπιν προσαρμογής σε δευτεροβάθμια συνάρτηση (Ulrich *et al.* 2008). Όταν το γράφημα της καμπύλης είναι σημαντικά κοίλο, τότε υπάρχουν ενδείξεις ότι στην

υπό μελέτη βιοκοινότητα κυριαρχούν τα μικρόσωμα είδη. Αντίθετα όταν η καμπύλη τείνει να είναι κυρτή, αυτό υποδεικνύει ότι τα μεγαλόσωμα ζώα είναι πιο άφθονα (Ulrich *et al*. 2008).

Για την ποσοτικοποίηση της κυρτότητας των καμπύλων Lorenz χρησιμοποιήθηκε μια μέτρηση της ανισότητας των καμπυλών, ο συντελεστής ασυμμετρίας Lorenz (Lorenz asymmetry coefficient) (Damgaard & Weiner 2000). Για τον υπολογισμό του συντελεστή αυτού τα άτομα ταξινομούνται σύμφωνα με το σωματικό τους μέγεθος (στην περίπτωση της μελέτης αυτής σύμφωνα με το πλάτος του κεφαλοθώρακα). Ο υπολογισμός γίνεται ως εξής:

$$S = \frac{m+\delta}{n} + \frac{L_m + \delta x'_{m+1}}{L_n}$$

Όπου:

$$\delta = \frac{\bar{x} - x'_m}{x'_{m+1} - x'_m}$$

m: είναι ο αριθμός των ατόμων με μικρότερο μέγεθος από το μέσο σωματικό μέγεθος ($\bar{x}$), L_m: είναι το άθροισμα του σωματικού μεγέθους των ατόμων m, L_n: είναι το άθροισμα του σωματικού μεγέθους όλων των ατόμων στη βιοκοινότητα. Όπως προκύπτει από την εξίσωση, το S αυξάνεται καθώς ο αριθμός (m) και το άθροισμα του σωματικού μεγέθους των μικρότερων ατόμων (L_m) αυξάνει. Όταν το S ισούται με τη μονάδα, τότε η καμπύλη Lorenz ακλουθεί την ισοκλινή της ισότητας (Magura *et al*. 2006). Στην περίπτωση που το S είναι μεγαλύτερο της μονάδας, τότε η ανισότητα που παρατηρείται στην καμπύλη οφείλεται στα μικρόσωμα είδη/άτομα. Στην αντίθετη περίπτωση, όταν το S είναι μικρότερο από τη μονάδα οι ανισότητες που παρατηρούνται οφείλονται κυρίως στα μεγαλόσωμα είδη/άτομα (Magura *et al*. 2006).

2.3.7 Τριγωνομετρική στατιστική ανάλυση της φαινολογίας

Η χρονική εμφάνιση των εδαφικών αραχνών αναλύθηκε με ανάλυση τριγωνομετρικής στατιστικής (circular statistics) (Zar 1999) χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα ORIANA 2.02 (Kovach 2004). Με τη μέθοδο αυτή εκτιμήθηκαν: α) η μέση γωνία (α), η οποία αντιπροσωπεύει το μέσο διάστημα του έτους κατά το οποίο παρουσιάστηκε η μεγαλύτερη αφθονία αραχνών, β) η τριγωνομετρική τυπική απόκλιση (SD) της γωνίας α, γ) το μήκος του μέσου διανύσματος (r), το οποίο είναι μέτρο συγκέντρωσης των δεδομένων στον κύκλο (έτος/σύνολο ετών), το οποίο κυμαίνεται από 0 (διασπαρμένα δεδομένα) έως 1 (συγκεντρωμένα δεδομένα στην ίδια κατεύθυνση). Το τεστ ομοιομορφίας του Rayleigh (Rayleigh Uniformity Test) χρησιμοποιήθηκε για να υπολογιστεί η πιθανότητα της μηδενικής υπόθεσης ότι τα

δεδομένα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα στον κύκλο (p>0,05) (Zar 1999). Έτσι, στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα του τεστ του Rayleigh (p<0,05) δείχνει ότι τα δεδομένα δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα και ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική μέση γωνία ή μέση κατεύθυνση των δεδομένων (Kovach 2004). Στη συγκεκριμένη περίπτωση αυτό θα δείχνει ότι υπάρχει εποχικότητα στην εμφάνιση των αραχνών, δηλαδή ότι υπάρχει στατιστικά σημαντικό φαινολογικό πρότυπο. Τα τριγωνομετρικά δεδομένα από τους διαφορετικούς δειγματοληπτικούς σταθμούς συγκρίθηκαν στατιστικά με το Watson-William F-test για εξαρτημένα δείγματα. Το συγκεκριμένο τεστ υποθέτει ότι τα δύο δείγματα είναι ανεξάρτητα και ότι οι συγκεντρώσεις των δύο δειγμάτων είναι παρόμοιες. Η στατιστική σημαντικότητα του τεστ (p<0,05) οδηγεί στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης ότι οι μέσες γωνίες είναι ισότιμες (Batschelet 1981; Zar 1999; Mardia & Jupp 2000).

2.3.8 Δεδομένα κατασκευής φαινογραμμάτων

Ως βασικές ποσοτικές μήτρες χρησιμοποιήθηκαν οι αριθμοί των ατόμων και το άθροισμά τους ανά σταθμό και ανά περίοδο, τροποποιημένοι με αναγωγή σε 100 παγιδοημέρες (π/η) (λεπτομέρειες: §2.3.2). Στα αποτελέσματα συμπεριλήφθηκαν αποκλειστικά οι συλλήψεις των ώριμων ατόμων και όχι αυτές των ειδών σε νεαρά στάδια. Αυτό έγινε, γιατί η ταξινόμηση των αραχνών σε είδη γίνεται με βάση τα αναπαραγωγικά τους όργανα. Στα ανώριμα στάδια τα αναπαραγωγικά όργανα δεν είναι ορατά ακόμη, οπότε η αναγνώριση τους σε είδη είναι σχεδόν αδύνατη. Η φαινολογία των κυρίαρχων ειδών υπολογίστηκε για κάθε σταθμό από το άθροισμα του αριθμού ατόμων του κάθε είδους ανά περίοδο δειγματοληψίας. Τα φαινολογικά πρότυπα παρουσιάζονται με ιστογράμματα που έγιναν με τη βοήθεια λογιστικών φύλλων Excel.

Κεφαλαιο 3

Αποτελεσματα

3.1 Συστηματική παρουσίαση των αραχνών

3.1.1 Οι οικογένειες των αραχνών

Καθόλη τη διάρκεια της μελέτης αναγνωρίστηκαν 25 οικογένειες αραχνών, εκ των οποίων οι 10 περιλαμβάνουν αποκλειστικά εδαφόβια είδη (Πίνακας 3.1).

Πίνακας 3.1. Οι οικογένειες αραχνών που αναγνωρίστηκαν από τα δείγματα της μελέτης. Με έντονους χαρακτήρες παρουσιάζονται οι αμιγώς εδαφόβιες οικογένειες.

Οι οικογένειες αραχνών που συλλέχθηκαν στη μελέτη αυτή	
AMAUROBIIDAE Thorell, 1870	OXYOPIDAE Thorell, 1870
AGELENIDAE C. L. Koch, 1837	**PALPIMANIDAE** Thorell, 1870
ARANEIDAE Clerck, 1757	PHILODROMIDAE Thorell, 1870
CTENIZIDAE Thorell 1887	PHOLCIDAE C. L. Koch, 1850
DICTYNIDAE O. P.-Cambridge, 1871	SALTICIDAE Blackwall, 1841
DYSDERIDAE C. L. Koch, 1837	**SCYTODIDAE** Blackwall, 1864
ERESIDAE C. L. Koch, 1850	SICARIIDAE Keyserling, 1880
FILISTATIDAE Ausserer, 1867	SPARASSIDAE Bertkau, 1872
GNAPHOSIDAE Pocock, 1898	TETRAGNATHIDAE Menge, 1866
LINYPHIIDAE Blackwall, 1859	THERIDIIDAE Sundevall, 1833
LYCOSIDAE Sundevall, 1833	THOMISIDAE Sundevall, 1833
OECOBIIDAE Blackwall, 1862	**ZODARIIDAE** Thorell, 1881
OONOPIDAE Simon, 1890	

3.1.2 Τα είδη των αραχνών

Οικογένεια: Gnaphosidae

Στο σύνολο της μελέτης συλλέχθηκαν 1322 άτομα της οικογένειας Gnaphosidae, τα οποία αντιπροσωπεύουν 20 γένη και 40 είδη (Πίνακας 3.2). Τα περισσότερα γένη και είδη Gnaphosidae συλλέχθηκαν στον περιαστικό σταθμό στην εθνική προς Μοίρες, και ακολούθως στον προαστικό σταθμό στην Αμμουδάρα. Σε αντίθεση τα λιγότερα είδη και γένη συλλέχθηκαν στον προαστικό σταθμό στην βιομηχανική περιοχή Ηρακλείου και στους δύο αστικούς σταθμούς κοντά στην Καινούρια πόρτα και στο Λιμάνι (Πίνακας 3.2).

Στη συνέχεια οι σταθμοί ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με το επίπεδο διαβάθμισης στο οποίο βρίσκονταν (αστικό κέντρο, προαστική ζώνη και περιαστική ζώνη). Συνολικά, τα λιγότερα είδη συλλέχθηκαν στο αστικό κέντρο και τα περισσότερα στις περιαστικές περιοχές (Πίνακας 3.3). Στο αστικό κέντρο, επίσης, συλλέχθηκαν λιγότερα γένη σε σχέση με τις προαστικές και περιαστικές περιοχές- στις τελευταίες παρατηρήθηκε περίπου ο ίδιος αριθμός γενών (Πίνακας 3.3).

Πίνακας 3.2. Συγκεντρωτικός πίνακας των 40 ειδών Gnaphosidae που συλλέχθηκαν στους σταθμούς μελέτης. Με γκρίζο φόντο φαίνονται οι συλλήψεις που αποτελούν νέες αναφορές για την Ελλάδα.

	Αστικός 1	Αστικός 2	Αστικός 3	Προαστ.1	Προαστ.2	Προαστ.3	Περιαστ.1	Περιαστ.2	Περιαστ.3
Anagraphis pallens Simon, 1893	+		+	+	+		+	+	+
Berinda aegilia Chatzaki, 2002	+	+							
Callilepis cretica (Roewer, 1928)							+	+	
Camillina metellus (Roewer, 1928)				+				+	
Cesonia aspida Chatzaki, 2002									+
Drassodes lapidosus (Walckenaer, 1802)	+	+	+						+
Drassodes lutescens (C. L. Koch, 1839)				+		+	+		+
Drassodes serratichelis (Roewer, 1928)	+	+	+					+	
Drassyllus praeficus (L. Koch, 1866)				+	+			+	
Drassyllus pumiloides Chatzaki, 2003				+					
Haplodrassus creticus (Roewer, 1928)					+		+		+
Haplodrassus sp.							+		
Leptodrassus albidus Simon, 1914				+	+		+	+	
Leptodrassus femineus (Simon, 1873)							+		+
Leptopilos hadjissaranti (Chatzaki, 2002)							+		
Leptopilos levantinus Levy, 2009	+		+	+	+				
Leptopilos manolisi (Chatzaki, 2002)							+		
Micaria-Aphantaulax sp.	+			+					
Micaria coarctata (Lucas, 1846)	+							+	+
Micaria ignea (O. P.-Cambridge, 1872)	+			+					
Nomisia excerpta (O. P.-Cambridge, 1872)	+	+	+				+	+	+
Nomisia ripariensis (O. P.-Cambridge, 1872)				+	+			+	
Poecilochroa senilis (O. P.-Cambridge, 1872)									+
Pterotricha lentiginosa (C. L. Koch, 1837)					+			+	+
Scotophaeus scutulatus (L. Koch, 1866)	+	+				+			
Setaphis carmeli (O. P.-Cambridge, 1872)					+			+	
Synaphosus trichopus (Roewer, 1928)					+	+		+	
Trachyzelotes lyonneti (Audouin, 1826)			+	+	+	+	+	+	
Trachyzelotes malkini Platnick & Murphy, 1984							+		+
Urozelotes rusticus (L. Koch, 1872)	+	+	+	+					
Zelotes caucasius (L. Koch, 1866)				+	+			+	+
Zelotes daidalus Chatzaki, 2003								+	
Zelotes helicoides Chatzaki, 2010			+	+		+			
Zelotes laetus (O. P.-Cambridge, 1872)				+					
Zelotes nilicola (O. P.-Cambridge, 1874)	+	+		+					
Zelotes scrutatus (O. P.-Cambridge, 1872)	+			+	+		+	+	+
Zelotes segrex (Simon, 1878)				+				+	
Zelotes solstitialis Levy, 1998				+	+			+	
Zelotes subterraneus (C. L. Koch, 1833)				+	+			+	+
Zelotes tenuis (L. Koch, 1866)				+	+	+	+	+	
Σύνολο ειδών	13	7	8	21	15	6	14	20	14
Σύνολο γενών	9	6	7	11	11	5	9	13	11

Οι νέες αναφορές για την Ελλάδα και την Κρήτη ήταν συνολικά 2, το *Urozelotes rusticus* (L. Koch 1872) και το *Zelotes laetus* (O. P.-Cambridge 1872) (Πίνακας 3.2). Το *Urozelotes rusticus* συλλέχθηκε σε όλους τους σταθμούς του αστικού κέντρου και στον προαστικό σταθμό στην Αμμουδάρα, ενώ στον τελευταίο αυτό σταθμό συλλέχθηκε και το *Zelotes laetus*. Επίσης υπάρχουν δύο απροσδιόριστα τάξα (*Haplodrassus* sp. και *Micaria*-Aphantaulax sp.), για τα οποία δεν ήταν δυνατό να γίνει η ταυτοποίηση τους στο εργαστήριο (Πίνακας 3.2).

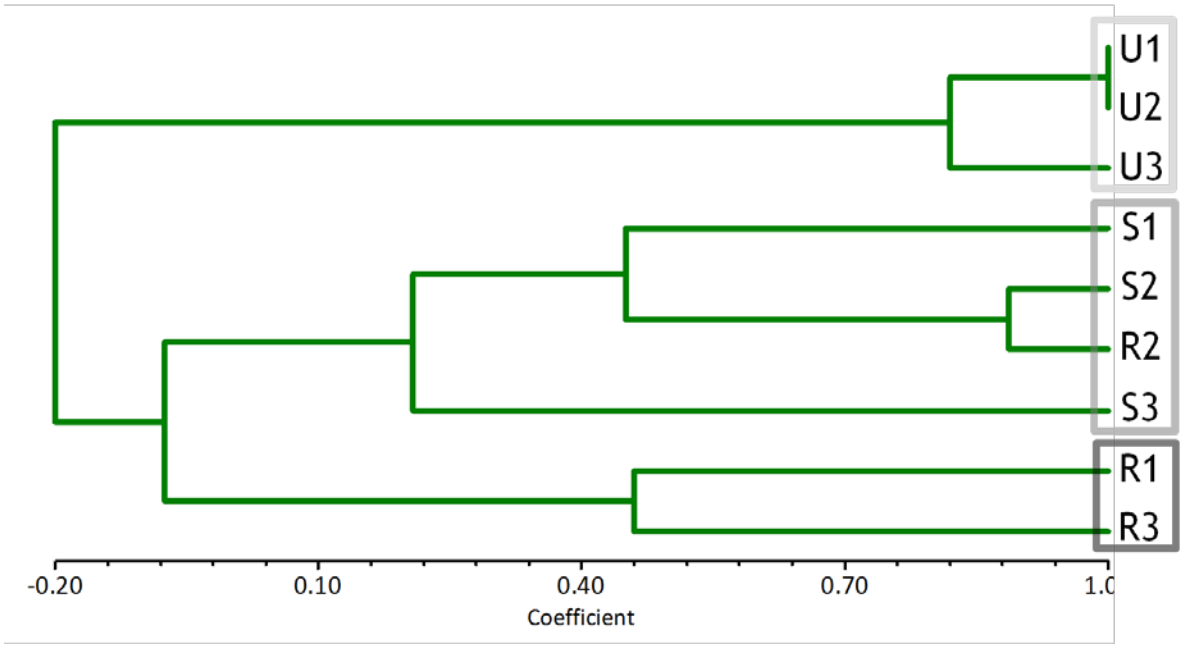
Πίνακας 3.3. Συγκεντρωτικός πίνακας που παρουσιάζει τον αριθμό των ειδών αλλά και τον ατόμων που συλλέχθηκαν στα τρία διαφορετικά επίπεδα.

	Αστικό κέντρο	**Προαστική Ζώνη**	**Περιαστική ζώνη**
Σύνολο ειδών	15	26	30
Σύνολο γενών	10	16	17
Αριθμός ατόμων	175	497	650

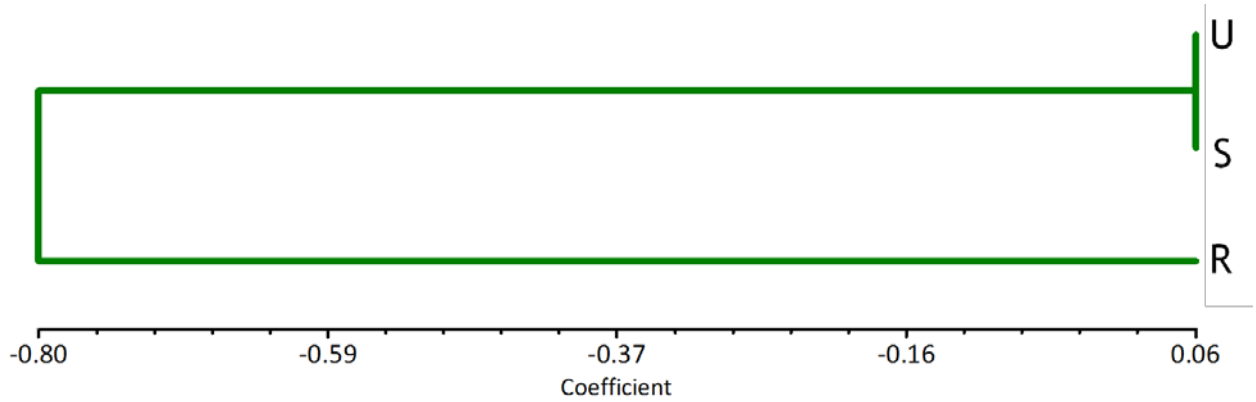
3.1.3 Πανιδική ομοιότητα των περιοχών μελέτης

Στα δενδρογράμματα οι ομαδοποιήσεις των σταθμών, όπως φαίνεται στο σχήμα, γίνονται σε πολύ χαμηλό επίπεδο (-0,20). Στο 0,85 ομαδοποιούνται όλοι οι αστικοί σταθμοί μαζί, ενώ ισχυρή συσχέτιση (0,66) παρουσιάζουν οι αστικοί σταθμοί στα Τείχη και στην Καινούρια πόρτα. Ένα δεύτερο κλάδο σχηματίζουν οι τρεις προαστικοί σταθμοί, με χαρακτηριστική την παρουσία στον κλάδο αυτό και του δεύτερου περιαστικού σταθμού (στην εθνική Μοιρών, Y = 0,25). Ο τελευταίος ομαδοποιείται ισχυρά (Y = 0,975) με τον προαστικό σταθμό κοντά στα Makro. Τέλος, ένας τρίτος κλάδος ομαδοποιεί μαζί τους άλλους δύο περιαστικούς σταθμούς (Παλαιόκαστρο και Σταυρωμένος) παρόλο που η συσχέτιση τους είναι σχετικά χαμηλή, (Y = 0,475).

Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση προκύπτει όταν ομαδοποιήσουμε τους σταθμούς μελέτης ανάλογα με τη ζώνη διαταραχής στην οποία βρίσκονται (Σχήμα 3.2). Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται ο σχηματισμός δύο κλάδων όπου στον ένα ομαδοποιούνται (Y = 0,06) οι αστικοί και οι προαστικοί σταθμοί. Οι περιαστικοί σταθμοί σχηματίζουν ένα ξεχωριστό κλάδο (Σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.1. Δενδρόγραμμα για κάθε σταθμό μελέτης με βάση το δείκτη Yule (όπου, U: οι σταθμοί στο αστικό κέντρο, S: οι σταθμοί της προαστικής ζώνης και R: οι σταθμοί της περιαστικής ζώνης).



Σχήμα 3.2. Δενδρόγραμμα με ομαδοποιημένους τους σταθμούς μελέτης σε ζώνες διαταραχής με βάση το δείκτη Yule (όπου: U: οι σταθμοί στο αστικό κέντρο, S: οι σταθμοί της προαστικής ζώνης και R: οι σταθμοί της περιαστικής ζώνης).

3.2 Πρότυπα οργάνωσης των βιοκοινοτήτων

3.2.1 Σύνθεση βιοκοινοτήτων

Από τις εκτιμήσεις του αναμενόμενου πλούτου ειδών στους δειγματοληπτικούς σταθμούς (Πίνακας 3.4) προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια της μελέτης συλλέχθηκε άνω του 70% του εκτιμώμενου αριθμού ειδών των Gnaphosidae. Η ανάλυση έδειξε ότι η μέση τιμή του εκτιμώμενου πλούτου ειδών ήταν αρκετά κοντά στο μέσο εκτιμηθέντα από τους τρεις δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν (Πίνακας 3.4).

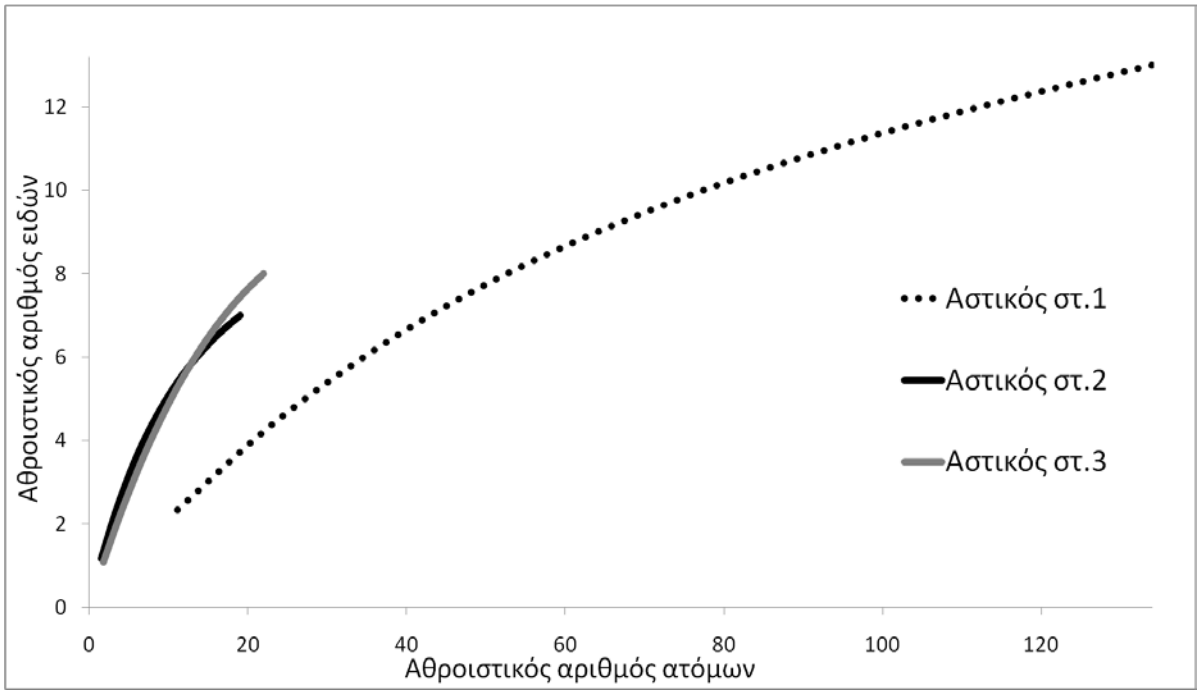
Μια άλλη σημαντική παρατήρηση είναι το μεγάλο ποσοστό μοναδικών παρουσιών (Singletons/N_s(%)) που παρατηρούνται στους σταθμούς που τοποθετήθηκαν στο αστικό κέντρο, συγκεκριμένα παρατηρούνται ποσοστά της τάξεως του 40%. Εξίσου σημαντική είναι η παρατήρηση ότι το ποσοστό των μοναδικών παρουσιών είναι μικρότερο στους προαστικούς σταθμούς, ενώ μειώνεται ακόμη περισσότερο στους περιαστικούς σταθμούς (Πίνακας 3.4).

Πίνακας 3.4. Εκτίμηση του πλούτου ειδών της οικογένειας Gnaphosidae για κάθε περιοχή μελέτης. N_s: αριθμός ειδών που συλλέχθηκαν, N_i : αριθμός ατόμων που συλλέχθηκαν, Singletons/ N_s(%) : το ποσοστό των ειδών που αντιπροσωπεύονται με μοναδικές παρουσίες ατόμων καθόλη τη δειγματοληπτική περίοδο. Το ποσοστό δειγματοληπτικής αποδοτικότητας (%) αντιστοιχεί στο λόγο του αριθμού των συλληφθέντων ειδών προς το μέσο εκτιμηθέντα αριθμό ειδών από τους τρεις δείκτες.

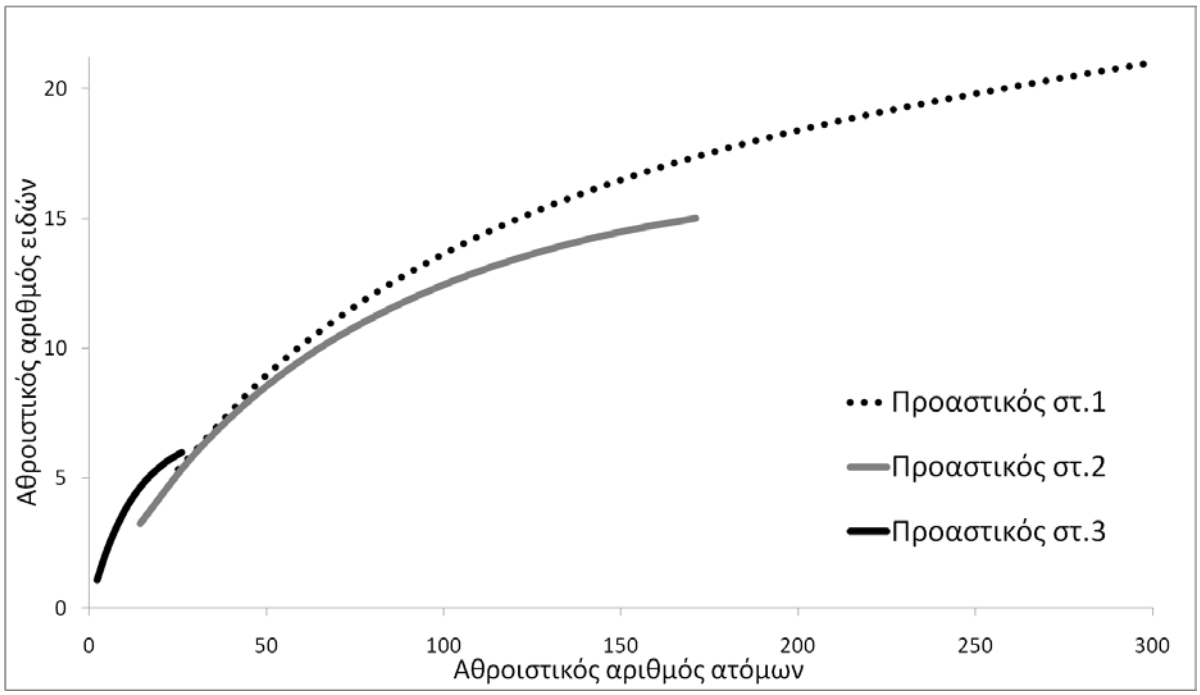
Δειγματοληπτικός σταθμός	N_s	N_i	Chao1	Jacknife1	Bootstrap	Μέση τιμή	Δειγματοληπτική αποδοτικότητα(%)	Singletons/N_s(%)
Αστικός στ.1	13	134	20,50	18,50	15,44	18,15	**71,64**	46,15
Αστικός στ.2	7	19	8,50	9,75	8,32	8,86	**79,04**	42,86
Αστικός στ.3	8	22	8,75	11,67	9,78	10,07	**79,47**	37,50
Προαστικός στ.1	21	300	24,33	27,42	23,87	25,21	**83,31**	23,81
Προαστικός στ.2	15	171	18,00	18,67	17,07	17,91	**83,74**	20,00
Προαστικός στ.3	6	26	6,33	7,83	6,97	7,04	**85,19**	33,33
Περιαστικός στ.1	14	103	15,50	19,50	16,60	17,20	**81,40**	28,57
Περιαστικός στ.2	20	321	20,50	21,83	21,51	21,28	**93,98**	10,00
Περιαστικός στ.3	14	226	14,00	16,75	15,56	15,44	**90,69**	7,14

Οι αθροιστικές καμπύλες παρουσιάζουν εμφανή ασύμπτωτη στις περισσότερες περιπτώσεις, εκτός από τους αστικούς σταθμούς 2 και 3 (Καινούρια πόρτα και Λιμάνι, αντίστοιχα) (Σχήματα 3.3, 3.4 και 3.5). Σε αυτούς τους δειγματοληπτικούς σταθμούς παρατηρήθηκαν και οι χαμηλότερες εκτιμήσεις του πλούτου ειδών σύμφωνα και με τους δείκτες στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 3.4).

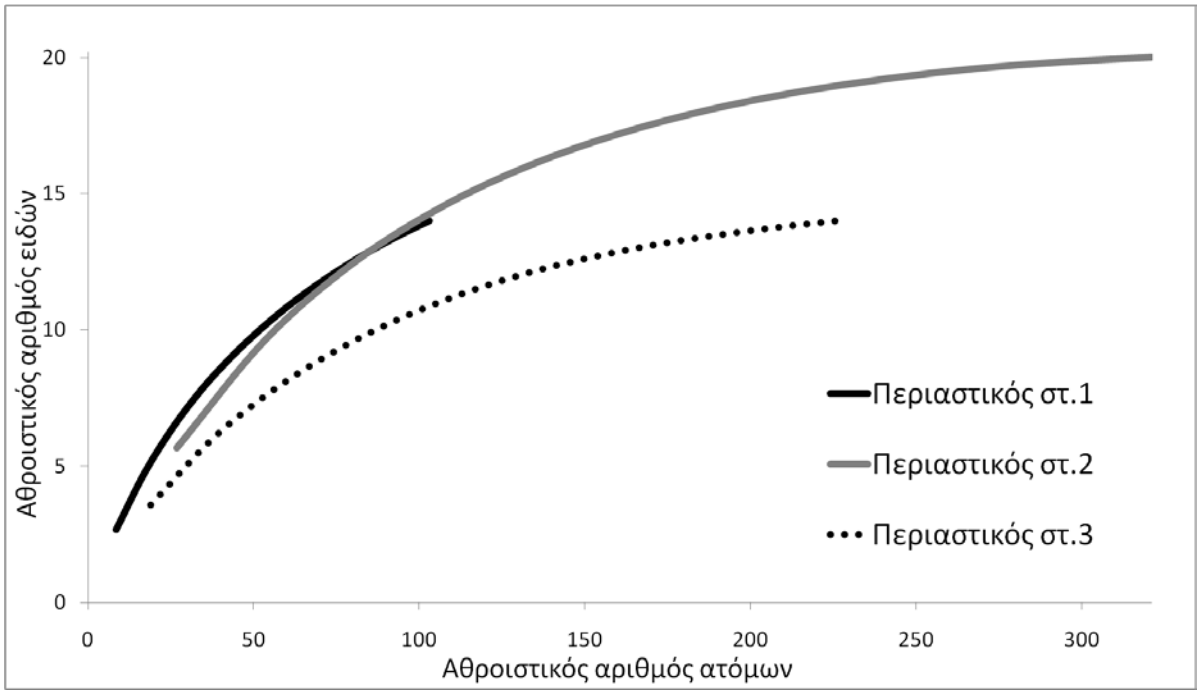
Το ποσοστό αθροιστικής α ποικιλότητας (α%) παρουσίασε τις μεγαλύτερες τιμές στους περιαστικούς σταθμούς και συγκεκριμένα στους σταθμούς Εθνικής Μοιρών και Σταυρωμένο. Οι σταθμοί αυτοί παρουσίασαν και τις μεγαλύτερες τιμές μέσης χρονικής ᾱ ποικιλότητας. Σε αντίθεση, τις μικρότερες τιμές αθροιστικής (α%) ποικιλότητας (και αντίστοιχα μικρότερες τιμές μέσης χρονικής ᾱ ποικιλότητας) παρουσίασαν οι σταθμοί στο αστικό κέντρο και συγκεκριμένα ο σταθμός στο Λιμάνι (Πίνακας 3.5). Η χρονική β ποικιλότητα (βt) ήταν γενικά μεγαλύτερη στους σταθμούς στο αστικό κέντρο (συγκεκριμένα στον αστικό στ.3-Λιμάνι), ενώ οι χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν στους περιαστικούς σταθμούς (αστικός στ.1-Παλαιόκαστρο) (Πίνακας 3.5).



Σχήμα 3.3. Αθροιστικές καμπύλες για την οικογένεια Gnaphosidae στους δειγματοληπτικούς σταθμούς στο αστικό κέντρο, με τον αριθμό ατόμων ως βάση σύγκρισης.



Σχήμα 3.4. Αθροιστικές καμπύλες για την οικογένεια Gnaphosidae στους προαστικούς δειγματοληπτικούς σταθμούς της διαβάθμισης, με τον αριθμό ατόμων ως βάση σύγκρισης.



Σχήμα 3.5. Αθροιστικές καμπύλες για την οικογένεια Gnaphosidae στους περιαστικούς δειγματοληπτικούς σταθμούς της διαβάθμισης, με τον αριθμό ατόμων ως βάση σύγκρισης.

Πίνακας 3.5. Εκτίμηση της χρονικής ποικιλότητας των Gnaphosidae στους πέντε δειγματοληπτικούς σταθμούς. N_s: ο συνολικός αριθμός των συλληφθέντων ειδών, a.d: η πυκνότητα δραστηριότητας σε κάθε σταθμό (activity density), ᾱ: η μέση χρονική ποικιλότητα ανά δειγματοληπτική περίοδο, α%: η αναλογία της αθροιστικής α ποικιλότητας, *β*t: η χρονική β ποικιλότητα.

Δειγματοληπτικός σταθμός	N_s	a.d	ᾱ	α%	βt
Αστικός στ.1	13	45,629	2,333	17,949	77,653
Αστικός στ.2	7	6,547	1,167	16,667	63,333
Αστικός στ.3	8	6,155	1,083	13,542	82,857
Προαστικός στ.1	21	98,297	5,250	25,000	64,367
Προαστικός στ.2	15	55,518	3,250	21,667	58,186
Προαστικός στ.3	6	8,455	1,083	18,056	77,619
Περιαστικός στ.1	14	34,893	2,667	19,048	49,105
Περιαστικός στ.2	20	106,681	5,667	28,333	56,410
Περιαστικός στ.3	14	74,317	3,583	25,595	65,476

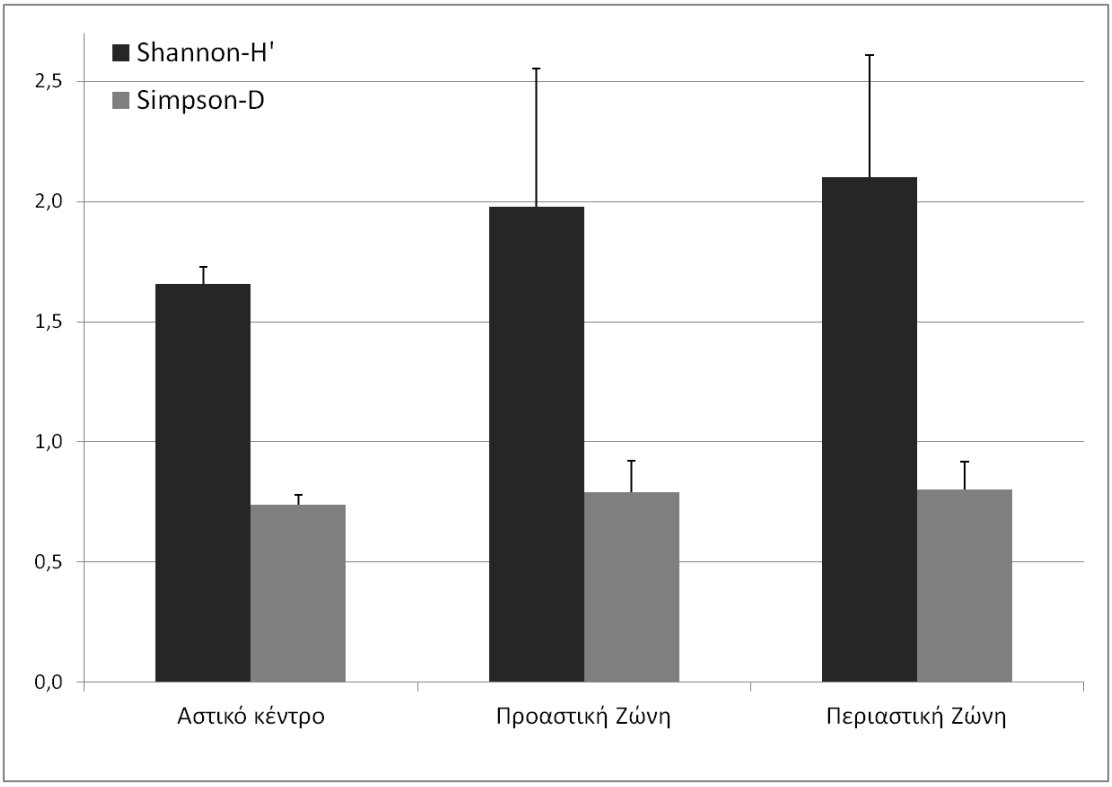
3.2.2 Διαφοροποίηση στο χώρο

Για να εξετάσουμε τυχόν διαφορές στην ποικιλότητα και την ομοιογένεια των ειδών στις τρεις ζώνες διαταραχής χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες ποικιλότητας Shannon και Simpson.

Σε επίπεδο ζώνης διαβάθμισης παρατηρούμε ότι τόσο οι τιμές του δείκτη Shannon, όσο και οι τιμές του δείκτη Simpson είναι μικρότερες στο αστικό και κέντρο και αυξάνονται στην περιαστική ζώνη (Πίνακας 3.6 και Σχήμα 3.6). Οι τιμές του δείκτη Shannon σε όλες τις ζώνες κυμαίνονται από 1,658 μέχρι 2,099, ενώ για τον Simpson κυμαίνονται από 0,738 μέχρι 0,802 (Πίνακας 3.6).

Πίνακας 3.6. Οι τιμές των δεικτών ποικιλότητας Shannon και Simpson για κάθε διαφορετικό επίπεδο διαταραχής.

	Shannon-H' (±Τυπ.Απόκλιση)	**Simpson-D** (±Τυπ.Απόκλιση)
Αστικό κέντρο	1,658 ±0,069	0,738 ±0,041
Προαστική Ζώνη	1,978 ±0,576	0,792 ±0,130
Περιαστική Ζώνη	2,099 ±0,511	0,802 ±0,116



Σχήμα 3.6. Ραβδόγραμμα όπου παρουσιάζονται σχηματικά οι τιμές των δεικτών ποικιλότητας Shannon και Simpson για κάθε διαφορετικό επίπεδο διαταραχής, καθώς και η τυπική απόκλιση τους.

Παρόλα αυτά, η ανάλυση ομοιοτήτων (ANOSIM) μεταξύ των διαφορετικών ζωνών διαταραχής δεν κατέληξε σε στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα για κανένα από τους τρεις διαφορετικούς συνδυασμούς σύγκρισης (Πίνακας 3.7). Ως εκ τούτου οι τιμές των δεικτών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά στις ζώνες διαταραχής.

Πίνακας 3.7. Αποτελέσματα της ανάλυσης ομοιοτήτων για τους δείκτες ποικιλότητας μεταξύ των τριών επιπέδων διαταραχής.

ANOSIM		
Sample statistic (Global R): 0,745		
Groups	**R**	**p**
Urban, Suburban	0,926	0,100
Urban, Rural	1,000	0,100
Suburban, Rural	0,185	0,700

Πίνακας 3.8. Αποτελέσματα της ανάλυσης ομοιοτήτων για τους δείκτες ποικιλότητας μεταξύ όλων των δειγματοληπτικών σταθμών στα τρία επίπεδα διαταραχής.

	Αστικός στ.1		Αστικός στ. 2		Αστικός στ.3		Προαστικός στ.1		Προαστικός στ.2		Προαστικός στ.3		Περιαστικός στ.1		Περιαστικός στ.2	
	H'	D'	H'	D'	H'	D'	H'	D'	H'	D'	H'	D'	H'	D'	H'	D'
Αστικός στ.1																
Αστικός στ. 2	0,759	0,336														
Αστικός στ.3	0,733	0,557	0,963	0,759												
Προαστικός στ.1	**0,000**	**0,000**	0,178	0,131	0,109	**0,029**										
Προαστικός στ.2	**0,000**	**0,000**	0,276	0,107	0,179	**0,012**	0,223	0,778								
Προαστικός στ.3	0,510	0,461	0,217	**0,040**	0,202	0,153	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**						
Περιαστικός στ.1	**0,005**	**0,000**	0,591	0,542	0,502	0,188	**0,005**	**0,000**	**0,049**	**0,000**	**0,012**	**0,004**				
Περιαστικός στ.2	**0,000**	**0,000**	**0,013**	**0,003**	**0,002**	**0,001**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**		
Περιαστικός στ. 3	0,635	0,658	0,932	0,325	0,911	0,480	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	0,417	0,587	**0,021**	**0,001**	**0,000**	**0,000**

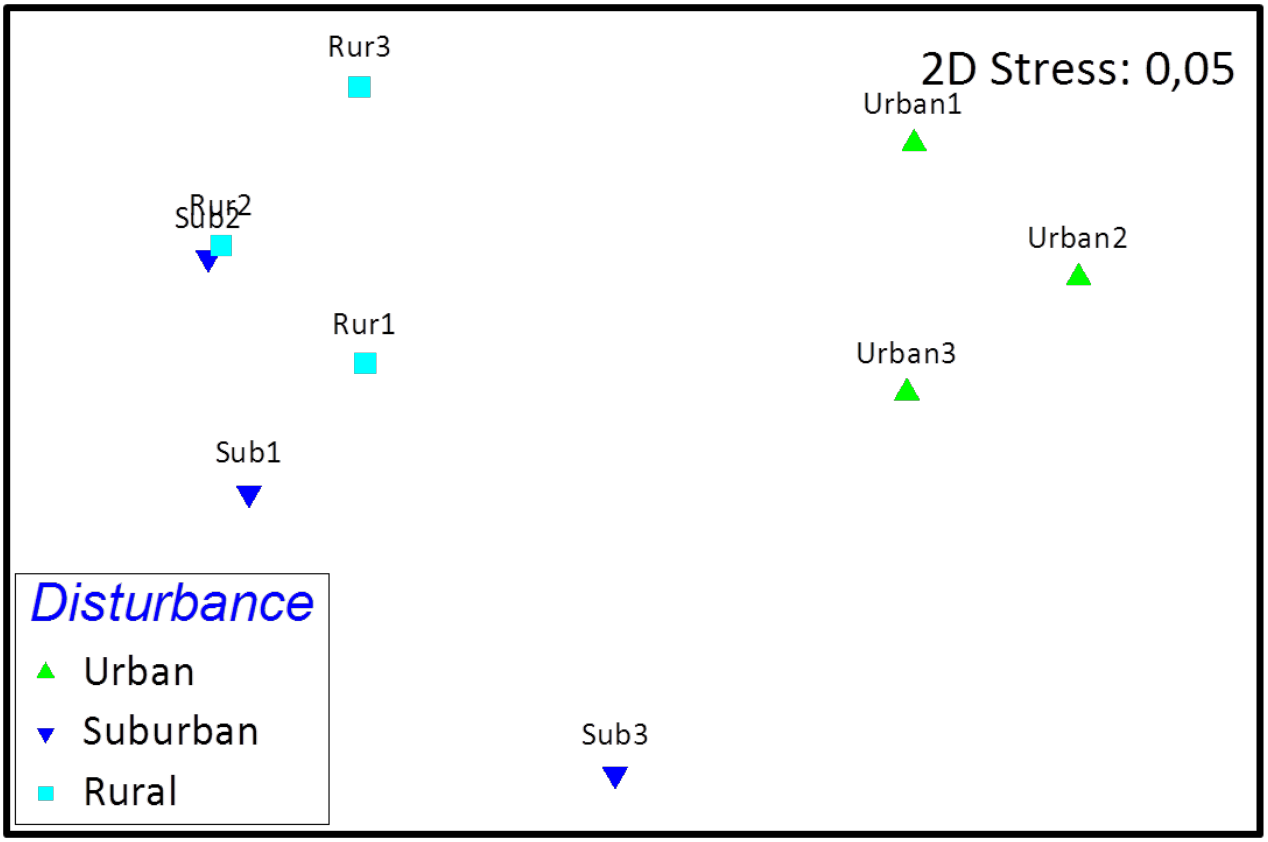
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση ομοιοτήτων (ANOSIM) για τους δύο δείκτες ποικιλότητας αναλυτικά για κάθε δειγματοληπτικό σταθμό της παρούσας μελέτης (Πίνακας 3.8). Μια πρώτη παρατήρηση δείχνει ότι οι σταθμοί του αστικού κέντρου δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Εν αντιθέσει, οι σταθμοί της περιαστικής ζώνης διαφέρουν όλοι μεταξύ τους, ενώ ο τρίτος προαστικός σταθμός (Βιομηχανική περιοχή) παρουσιάζει σημαντικές διαφορές από τους δύο άλλους προαστικούς σταθμούς(Πίνακας 3.8). Αναλυτικότερα παρατηρείται ότι ο πρώτος αστικός σταθμός (Τείχη) διαφέρει στατιστικά από τους περισσότερους προαστικούς και περιαστικούς σταθμούς, σε αντίθεση με τους άλλους αστικούς σταθμούς που δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές με τους σταθμούς των άλλων ζωνών. Τέλος παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφοροποίηση των προαστικών σε σχέση με τους περιαστικούς σταθμούς (Πίνακας 3.8).

Συνοψίζοντας, οι αστικοί σταθμοί δεν διαφέρουν, ενώ αντίθετα οι προαστικοί και περιαστικοί σταθμοί παρουσιάζουν ενδοομαδικές διαφορές. Στη σύγκριση αστικών και προαστικών σταθμών παρατηρείται ότι οι περισσότερες διαφορές παρουσιάζονται στη σύγκριση τους με τον πρώτο αστικό σταθμό, ενώ παράλληλα το ίδιο ισχύει και στη σύγκριση των αστικών με τους περιαστικούς σταθμούς. Εν τέλει στη σύγκριση προαστικών και περιαστικών σταθμών παρατηρείται ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για το μεγαλύτερο ποσοστό των δυνατών συνδυασμών (Πίνακας 3.8).

Σύμφωνα με τα διαγράμματα πολυμεταβλητών γίνεται μια καλά διαχωρισμένη ομαδοποίηση μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών. Το επίπεδο stress του διαγράμματος είναι 0,05 και ως εκ τούτου η ομαδοποίηση προσαρμόζεται αρκετά καλά στα δεδομένα. Οι σταθμοί του αστικού κέντρου διαχωρίζονται ξεκάθαρα από τους υπόλοιπους σταθμούς. Οι σταθμοί της περιαστικής ζώνης συσσωρεύτηκαν στο άνω αριστερό κομμάτι του γραφήματος, ενώ πολύ κοντά βρίσκονται ο προαστικός σταθμός 2 και ο περιαστικός σταθμός 2 (Makro και Εθνική Μοιρών αντίστοιχα) (Σχήμα 3.7). Ο τρίτος προαστικός σταθμός στη βιομηχανική περιοχή διαφοροποιείται από τους υπόλοιπους σταθμούς (Σχήμα 3.7).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης SIMPER (Πίνακας 3.9) δείχνουν ότι ο μέσος βαθμός ομοιότητας στους σταθμούς του αστικού κέντρου είναι 49,33%. Τα είδη που συνέβαλαν περισσότερο στο αποτέλεσμα αυτό είναι το *Urozelotes rusticus* (σε ποσοστό 33,8%), το *Nomisia excerpta* (σε ποσοστό 21,10%) και σε μικρότερο βαθμό τα *Drassodes serratichelis* και *D. lapidosus*. Ανάμεσα στους σταθμούς της προαστικής ζώνης ο μέσος βαθμός ομοιότητας κυμαίνεται στο 30,29% και το είδος στο οποίο οφείλεται είναι κατά κύριο λόγο το *Trachyzelotes lyonneti* (ποσοστό συνεισφοράς 27,82%). Τέλος, ο μέσος βαθμός ομοιότητας στους σταθμούς της

περιαστικής ζώνης είναι 35%. Δεν υπάρχει κάποιο είδος που να συνεισφέρει σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με τα υπόλοιπα, αλλά τα είδη με το μεγαλύτερο μέσο όρο συνεισφοράς είναι το *Zelotes scrutatus* (17,78%) και το *Anagraphis pallens* (14,96%).



Σχήμα 3.7. Διάγραμμα ανάλυσης πολυμεταβλητών βασιζόμενο στην αφθονία των ειδών για τις τρεις υπό μελέτη ζώνες. Παρουσιάζονται οι δειγματοληπτικοί σταθμοί αναλυτικά.

Ο μέσος βαθμός ανομοιότητας ανάμεσα στο αστικό κέντρο και την προαστική ζώνη κυμαίνεται στο 88%, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 3.10. Αυτό οφείλεται κυρίως στα είδη *Urozelotes rusticus*, *Nomisia excerpta* (που εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στην αστική ζώνη) και *Trachyzelotes lyonneti*, *Drassyllus praeficus*, *Zelotes solstitialis* (που παρατηρούνται κατά κύριο λόγο στην προαστική ζώνη) (Πίνακες 3.2 και 3.10).

Συγκρίνοντας τους σταθμούς του αστικού κέντρου και της περιαστικής ζώνης ο μέσος βαθμός ανομοιότητας κυμαίνεται στο 86,90% (Πίνακας 3.10). Αυτό οφείλεται κυρίως στα είδη *Pterotricha lentiginosa*, *Haplodrassus creticus*, *Zelotes scrutatus*, *Drassodes lutescens* (που εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στην περιαστική

ζώνη) και στο είδος *Urozelotes rusticus* (όπως προαναφέρθηκε απαντάται κυρίως στο αστικό κέντρο) (Πίνακες 3.2 και 3.10).

Πίνακας 3.9. Αποτελέσματα της διαδικασίας ομοιότητας ποσοστών (SIMPER) για τα τρία διαφορετικά επίπεδα διαταραχής με βάση την αφθονία των ειδών Gnaphosidae.

	Είδη	Contrib%
Αστικό κέντρο Μέσος βαθμός ομοιότητας: 49,33%	*Urozelotes rusticus*	33,83
	Nomisia excerpta	21,10
	Drassodes serratichelis	13,50
	Drassodes lapidosus	12,18
Προαστική ζώνη Μέσος βαθμός ομοιότητας: 30,29%	*Trachyzelotes lyonneti*	27,72
	Drassyllus praeficus	10,24
	Zelotes tenuis	8,87
Περιαστική ζώνη Μέσος βαθμός ομοιότητας: 35,00%	*Zelotes scrutatus*	17,78
	Anagraphis pallens	14,96
	Nomisia excerpta	11,60
	Haplodrassus creticus	10,15
	Pterotricha lentiginosa	7,00

Τέλος, ο μέσος βαθμός ανομοιότητας ανάμεσα στην περιαστική και στην προαστικη ζώνη είναι 69,50%. Αυτό οφείλεται κυρίως σε δύο είδη που εμφανίζονται στην περιαστική ζώνη (*P. lentiginosa*, *H. creticus*, Πίνακας 3.10) τα οποία παρουσιάζονται και στις προηγούμενες συγκρίσεις. Στη συνέχεια ακολουθούν με μικρότερο ποσοστό συνεισφοράς τρία είδη που συλλέχθηκαν κατά κύριο λόγο στην προαστική ζώνη (*D. praeficus, Z. subterraneus*, *Z. solstitialis*, Πίνακας 3.10).

Συνοψίζοντας παρατηρούμε ότι το *Urozelotes rusticus* διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στις βιοκοινότητες των εδαφικών αραχνών στους σταθμούς του αστικού κέντρου, αφού στο είδος αυτό οφείλονται τόσο η ομοιότητα των αστικών σταθμών, αλλά και η διαφορά τους από τους σταθμούς που τοποθετήθηκαν στις υπόλοιπες ζώνες διαταραχής (Πίνακες 3.9, 3.10).

Στην προαστική ζώνη το είδος που συντελεί περισσότερο στην ομαδοποίηση των σταθμών παρουσιάζεται να είναι το *T. lyonneti* (Πίνακας 3.9). Στο είδος αυτό φαίνεται να οφείλεται και ο μέσος βαθμός ανομοιότητας των αστικών και των προαστικών σταθμών, ενώ αντίθετα δεν παρουσιάζεται να λαμβάνει σημαντική θέση στη σύγκριση τους με τους σταθμούς της περιαστικής ζώνης (Πίνακας 3.10).

Πίνακας 3.10. Τα ποσοστά ανομοιότητας για τα τρία επίπεδα διαταραχής, όπως εξάχθηκαν από την ανάλυση SIMPER και τα είδη που συνεισφέρουν στο αποτέλεσμα αυτό.

	Είδη	**Contrib%**
Αστικό κέντρο -Προαστική ζώνη Μέσος βαθμός ανομοιότητας: 88,29%	*Urozelotes rusticus*	9,82
	Trachyzelotes lyonneti	7,56
	Drassyllus praeficus	7,16
	Nomisia excerpta	6,58
	Zelotes solstitialis	5,49
	Είδη	**Contrib%**
Αστικό κέντρο - Περιαστική ζώνη Μέσος βαθμός ανομοιότητας: 86,90%	*Pterotricha lentiginosa*	8,74
	Urozelotes rusticus	7,95
	Haplodrassus creticus	7,30
	Zelotes scrutatus	6,75
	Drassodes lutescens	6,34
	Είδη	**Contrib%**
Προαστική ζώνη - Περιαστική ζώνη Μέσος βαθμός ανομοιότητας: 69,50%	*Pterotricha lentiginosa*	8,33
	Haplodrassus creticus	6,72
	Drassyllus praeficus	6,19
	Zelotes subterraneus	5,85
	Zelotes solstitialis	4,74

Τέλος, στην περιαστική ζώνη τα είδη που συμβάλλουν περισσότερο στη ομοιότητα των σταθμών παρουσιάζονται να είναι, όπως είδαμε προηγουμένως το *Zelotes scrutatus* και το *Anagraphis pallens* (Πίνακας 3.9). Παρόλα αυτά τα είδη που φαίνεται να συνεισφέρουν περισσότερο στο μέσο βαθμό ανομοιότητας της περιαστικής ζώνης από τις άλλες περιοχές είναι η *Pterotricha lentiginosa* και το *Haplodrassus creticus* (Πίνακας 3.10).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης πολυμεταβλητών οικολογικών δεδομένων για την ανάδειξη των ειδών-δεικτών παρουσιάζονται στον πίνακα 3.11. Το *Urozelotes rusticus* και το *Drassodes serratichelis* αναδεικνύονται τα κυριότερα είδη-

δείκτες του αστικού κέντρου και κατά συνέπεια είδη-δείκτες έντονης διαταραχής (observed ind. value = 0,791). Ακολουθούν τα είδη *Berinda aegilia* και *Drassodes lapidosus* που επίσης παρατηρούνται στο αστικό κέντρο (observed ind. value = 0,756). Τέλος, τα είδη *Callilepis cretica*, *Leptodrassus femineus* και *Trachyzelotes malkini* παρουσιάζονται δείκτες μικρότερης διαταραχής (observed ind. value = 0,756) αφού τα αποτελέσματα της ανάλυσης τα παρουσιάζουν σαν δείκτες τις περιαστικής ζώνης. Τέλος το είδος *Pterotricha lentiginosa* παρουσιάζεται να συνεισφέρει λιγότερο στην ανάλυση αφού η τιμή του σαν είδος-δείκτης είναι 0,5 (Πίνακας 3.11).

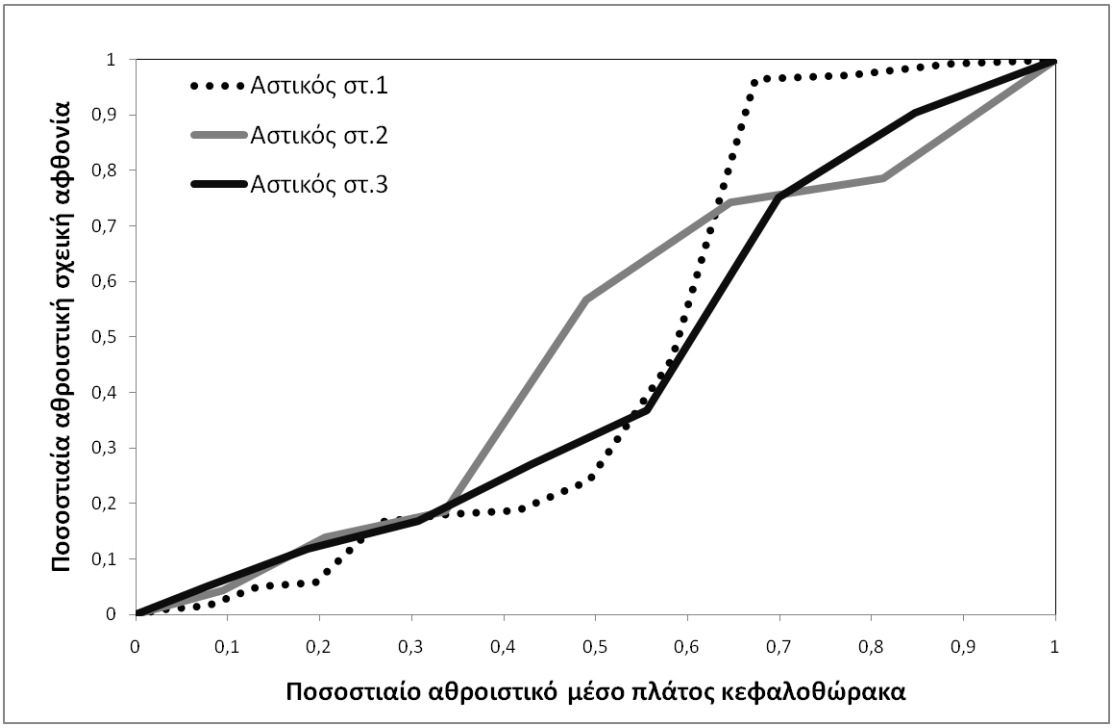
Πίνακας 3.11. Τα είδη-δείκτες (Indicator species) και η αντίστοιχη παρατηρηθείσα τιμή ένδειξης (observer indicator value) όπως προέκυψαν από την ανάλυση IndVal χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα PC-ORD. Δεν παρουσιάστηκαν κάποια είδη-δείκτες για την προαστική ζώνη.

	Είδη δείκτες Indicator species	**Observed Indicator value**
Αστικό κέντρο	*Urozelotes rusticus*	0,791
	Drassodes serratichelis	0,791
	Berinda aegilia	0,756
	Drassodes lapidosus	0,756
Περιαστική ζώνη	*Callilepis cretica*	0,756
	Leptodrassus femineus	0,756
	Trachyzelotes malkini	0,756
	Pterotricha lentiginosa	0,500

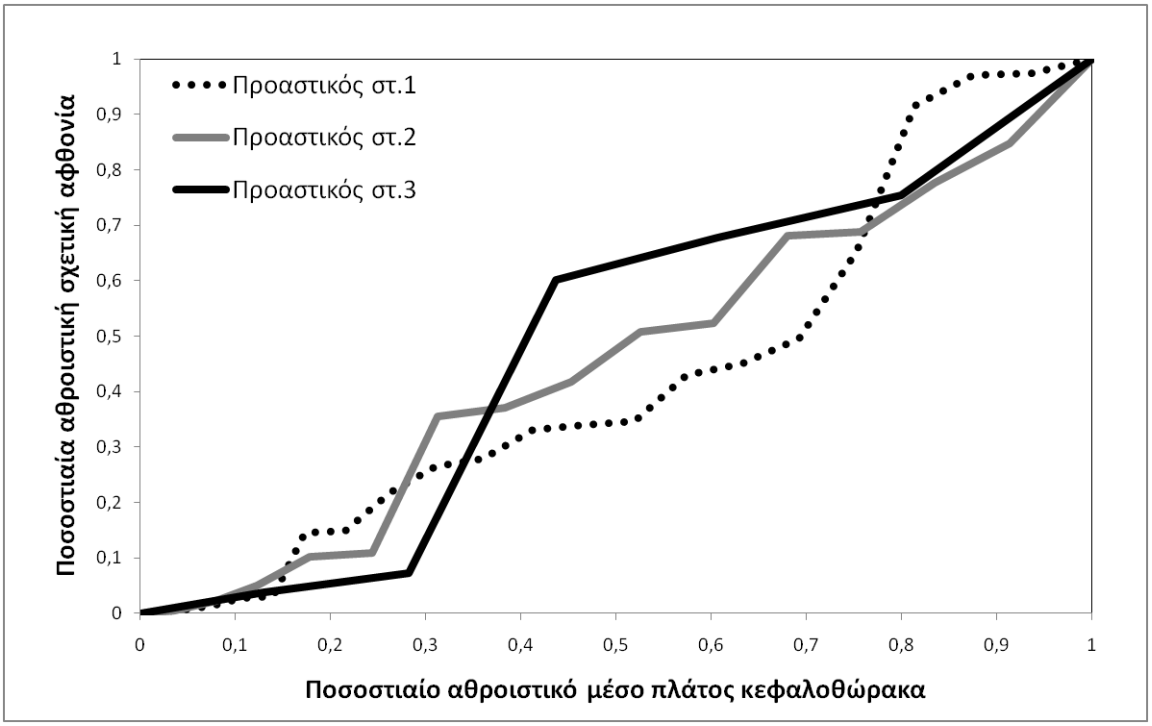
3.2.3 Κατανομή σωματικού μεγέθους

Οι τροποποιημένες καμπύλες Lorenz σε όλες τις περιοχές μελέτης είναι κυρτές πράγμα που αποδεικνύει ότι σε όλους τους σταθμούς κυριαρχούν τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα (Σχήματα 3.8-3.10). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώθηκε από τις τιμές του συντελεστή ασυμμετρίας Lorenz (Lorenz asymmetry coefficient) που, όπως φαίνεται από το σχήμα 3.11, οι τιμές του σε όλους τους σταθμούς είναι μικρότερες από τη μονάδα.

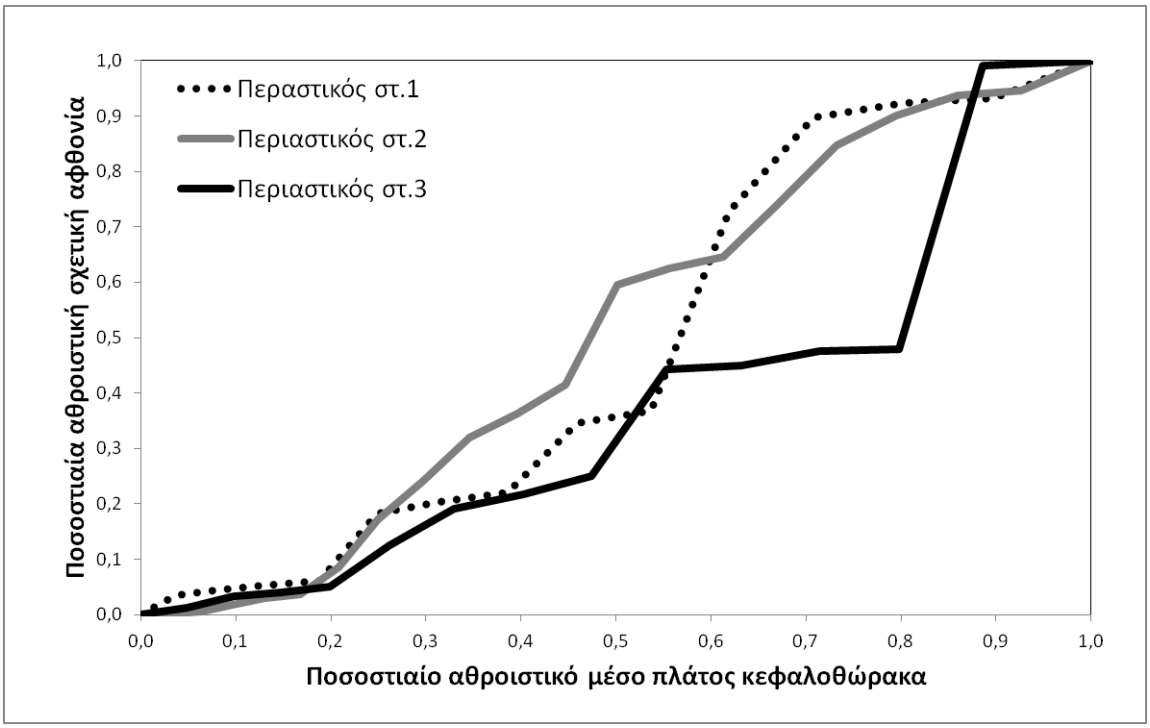
Η ανάλυση διακύμανσης Kruskal-Wallis δεν ανέδειξε διαφορές του συντελεστή ασυμμετρίας Lorenz ανάμεσα στις τρεις ζώνες διαβάθμισης, αφού τα αποτελέσματα του ελέγχου δεν ήταν στατιστικά σημαντικά για καμία από τις συγκρίσεις (H = 0,356, p = 0,837).



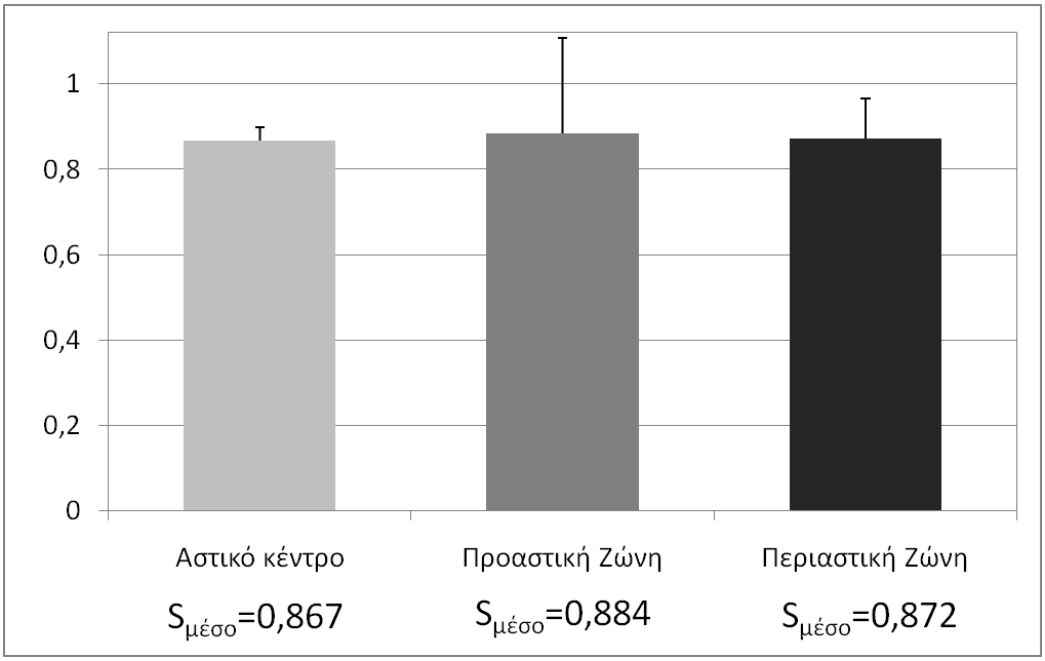
Σχήμα 3.8. Τροποποιημένες καμπύλες Lorenz κατανομής μεγέθους των Gnaphosidae στους σταθμούς του αστικού κέντρου.



Σχήμα 3.9. Τροποποιημένες καμπύλες Lorenz κατανομής μεγέθους των Gnaphosidae στους προαστικούς σταθμούς της διαβάθμισης.



Σχήμα 3.10. Τροποποιημένες καμπύλες Lorenz κατανομής μεγέθους των Gnaphosidae στους περιαστικούς σταθμούς της διαβάθμισης.



Σχήμα 3.11. Ιστόγραμμα όπου παρουσιάζονται οι μέσες τιμές (± τυπική απόκλιση) του συντελεστή ασυμμετρίας Lorenz για τα τρία επίπεδα διαταραχής.

3.3 Διαφοροποίηση στο χρόνο

Η φαινολογία της οικογένειας Gnaphosidae αναλύθηκε με την εφαρμογή τριγωνομετρικής στατιστικής (Circular Statistics). Σε όλους τους σταθμούς η αφθονία

των ειδών ήταν ανομοιόμορφα κατανεμημένη στο χρόνο ενώ η δραστηριότητα της οικογένειας παρουσιάζεται κυρίως αρχές άνοιξης με τέλη καλοκαιριού (Σχήματα 3.12-3.14).

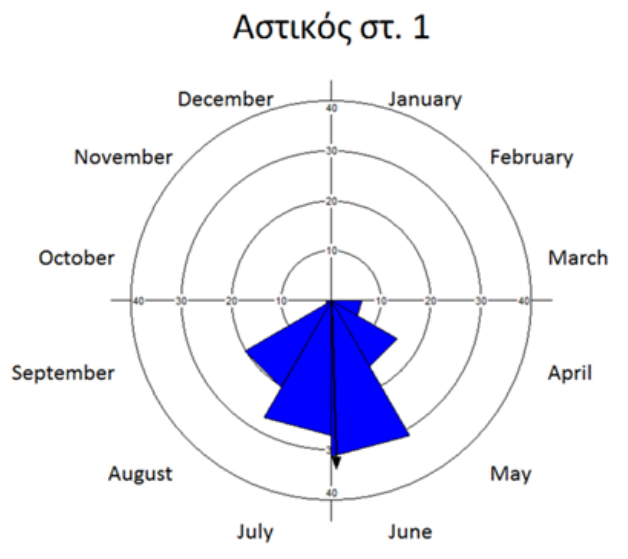
3.3.1 Τριγωνομετρική στατιστική ανάλυση της φαινολογίας της οικογένειας

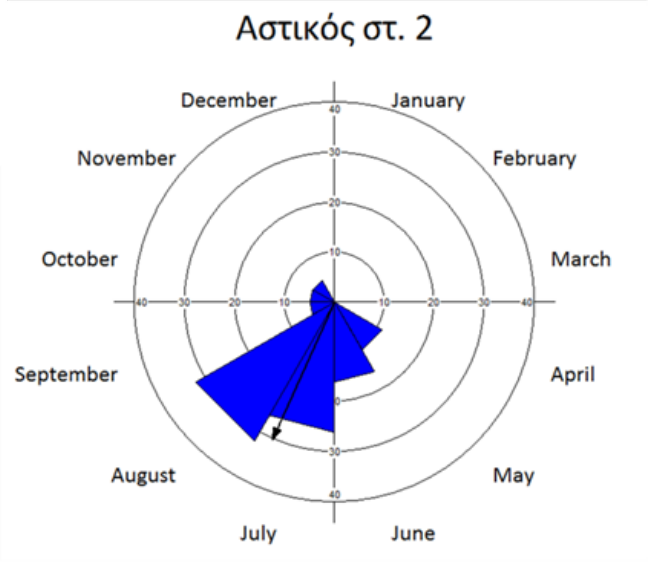
Σύμφωνα με τα διαγράμματα της ανάλυσης (Σχήματα 3.12-3.14) φαίνεται ότι το μέσο διάνυσμα της φαινολογίας της οικογένειας, και ως εκ τούτου η περίοδος μέγιστης δραστηριότητας διέφερε μεταξύ των σταθμών. Σε όλους τους αστικούς και περιαστικούς σταθμούς το μέσο διάνυσμα είχε σχετικά μεγάλο μέγεθος, ενώ στους προαστικούς σταθμούς αυτό ίσχυε μόνο για τη Βιομηχανική περιοχή. Επίσης, φαίνεται ότι και η χρονική εμφάνιση του μέσου διανύσματος ποικίλει από σταθμό σε σταθμό. Το μέσο διάνυσμα στους τρεις αστικούς σταθμούς εντοπίζεται στο διάστημα Ιούνιος-Ιούλιος (αστικός σταθμός 1 στα Τείχη) και Ιούλιος-Αύγουστος (σταθμοί 2 και 3, Καινούρια Πόρτα και Λιμάνι αντίστοιχα). Στους προαστικούς σταθμούς εμφανίζεται τον Ιούνιο (προαστικός σταθμός 1-Αμμουδάρα), στο διάστημα Απρίλιο-Μάιο (σταθμός 2-Makro) και Μάιο-Ιούνιο (σταθμός 3-Βιομηχανική Περιοχή). Τέλος, στους περιαστικούς σταθμούς εμφανίζεται τον Απρίλιο (περιαστικός σταθμός 3-Σταυρωμένος), στο διάστημα Απρίλιος-Μάιος (σταθμός 1-Παλαιόκαστρο) και στο διάστημα Ιούνιος-Ιούλιος (σταθμός 2-εθνική Μοιρών) (Σχήματα 3.12-3.14).

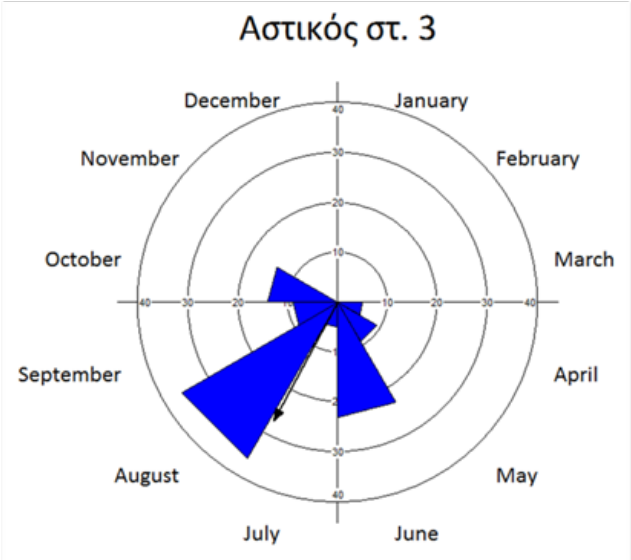
Τα αποτελέσματα της τριγωνομετρικής στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι οι μεγαλύτερες τιμές για τα μέσα διανύσματα (r) βρέθηκαν σε δύο αστικούς σταθμούς, στα Τείχη και στην Καινούρια Πόρτα. Οι υπόλοιπες τιμές ήταν σχετικά μικρές (Πίνακας 3.12).

Πίνακας 3.12. Αποτελέσματα τριγωνομετρικής στατιστικής ανάλυσης της φαινολογίας των Gnaphosidae.

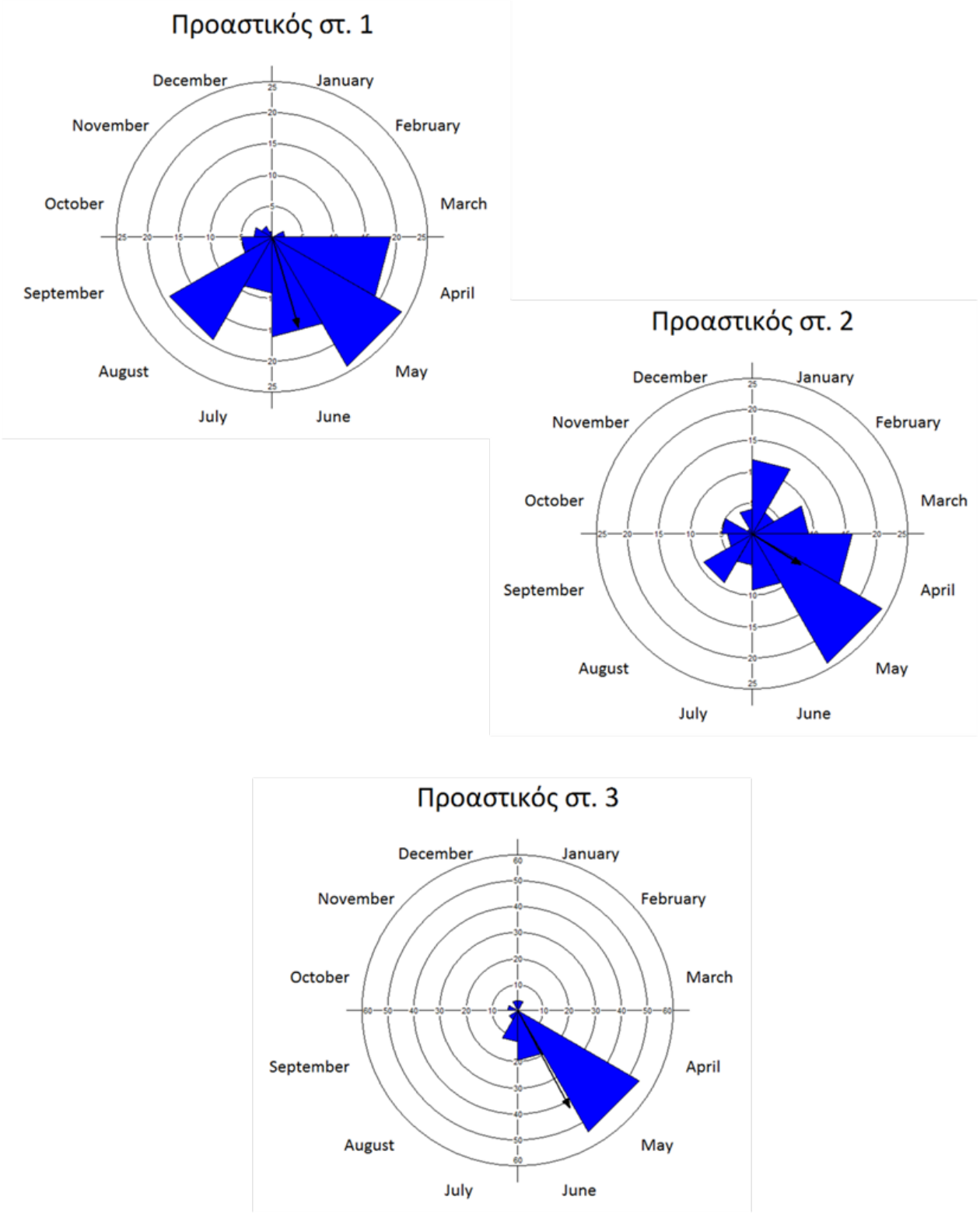
Δειγματοληπτικός σταθμός	**Μέσο Διάνυσμα (μ)**	**Τριγωνομετρική Τυπική απόκλιση**	**Μήκος Μέσου Διανύσματος (r)**	**Rayleigh Test (Z)**	**Rayleigh Test (p)**
Αστικός στ.1	178,384°	35,408°	0,826	68,256	< 1E-12
Αστικός στ.2	204,429°	44,393°	0,741	54,863	< 1E-12
Αστικός στ.3	208,393°	51,99°	0,663	44,333	< 1E-12
Προαστικός στ.1	164,129°	58,523°	0,594	35,229	< 1E-12
Προαστικός στ.2	121,827°	81,786°	0,361	13,295	0,000
Προαστικός στ.3	151,832°	48,537°	0,699	49,278	< 1E-12
Περιαστικός στ.1	115,745°	68,225°	0,492	24,465	0,000
Περιαστικός στ.2	175,363°	71,554°	0,458	21,232	0,000
Περιαστικός στ.3	105,085°	51,709°	0,665	43,844	< 1E-12



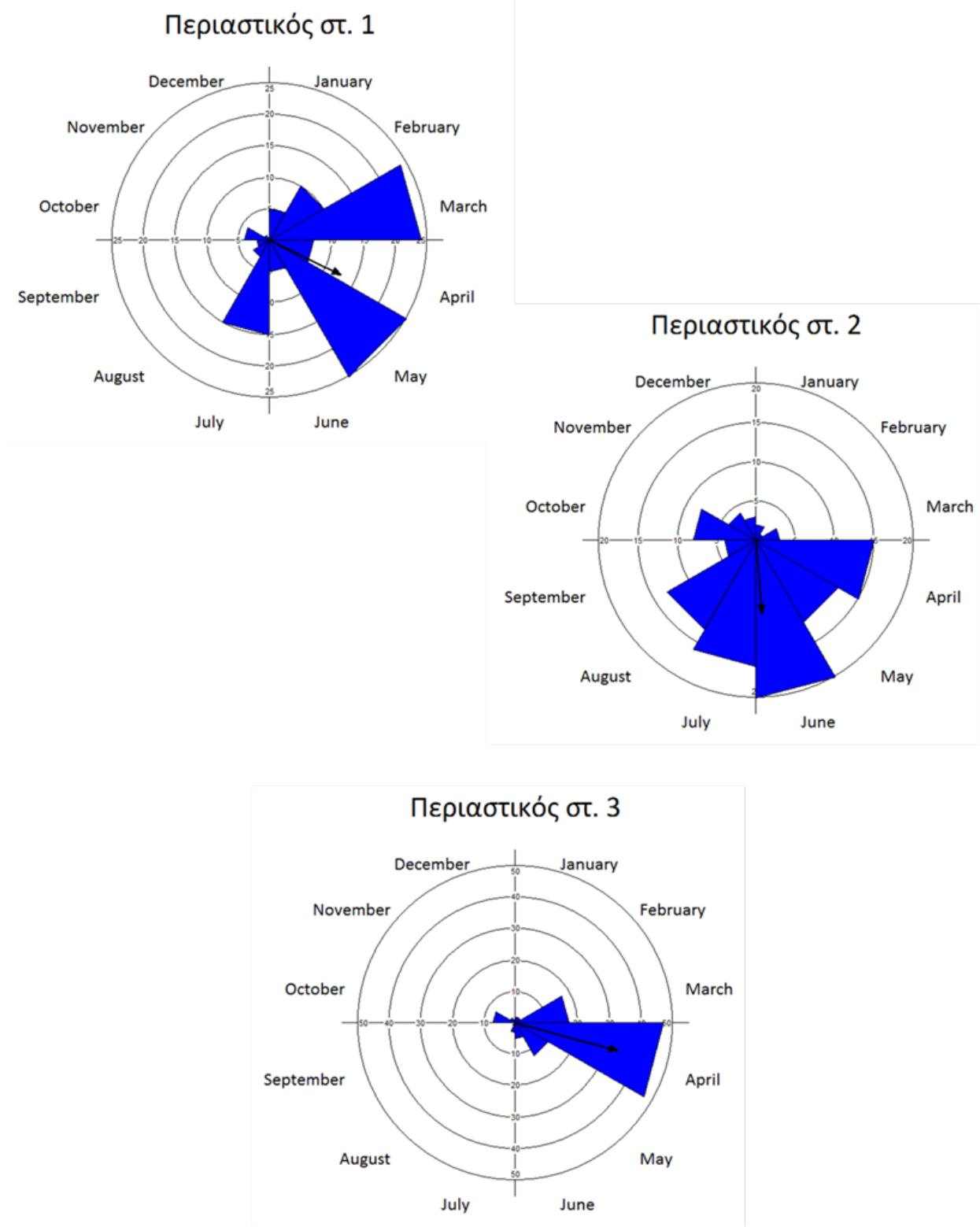




Σχήμα 3.12. Διάγραμμα (diagram) τριγωνομετρικής ανάλυσης της αφθονίας της οικογένειας ανά δειγματοληπτικό σταθμό.



Σχήμα 3.13. Διάγραμμα (diagram) τριγωνομετρικής ανάλυσης της αφθονίας της οικογένειας ανά δειγματοληπτικό σταθμό.



Σχήμα 3.14. Διάγραμμα (diagram) τριγωνομετρικής ανάλυσης της αφθονίας της οικογένειας ανά δειγματοληπτικό σταθμό.

Πίνακας 3.13. Αποτελέσματα του Watson-William F-test σύγκρισης των φαινολογιών των Gnaphosidae στους δειγματοληπτικούς σταθμούς. Με έντονους χαρακτήρες φαίνονται τα αποτελέσματα που υποδηλώνουν τη στατιστική ομοιότητα των μέσων διανυσμάτων σε δύο σταθμούς.

	Αστικός στ.1		Αστικός στ. 2		Αστικός στ.3		Προαστικός στ.1		Προαστικός στ.2		Προαστικός στ.3		Περιαστικός στ.1		Περιαστικός στ.2	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Αστικός στ.1																
Αστικός στ. 2	20,940	0,000														
Αστικός στ.3	22,651	0,000	**0,331**	**0,566**												
Προαστικός στ.1	**4,303**	**0,039**	28,925	0,000	30,362	0,000										
Προαστικός στ.2	36,592	0,000	67,790	< 1E-12	67,860	< 1E-12	15,560	0,000								
Προαστικός στ.3	19,496	0,000	62,080	< 1E-12	60,884	< 1E-12	**2,530**	**0,113**	9,015	0,003						
Περιαστικός στ.1	63,171	< 1E-12	107,301	< 1E-12	104,030	< 1E-12	26,520	0,000	0,287	0,592	17,553	0,000				
Περιαστικός στ.2	**0,139**	**0,710**	11,235	0,001	12,976	0,000	**1,361**	**0,245**	20,890	0,000	6,969	0,009	32,268	0,000		
Περιαστικός στ. 3	131,051	< 1E-12	194,380	< 1E-12	179,405	< 1E-12	53,230	0,000	**2,682**	**0,103**	41,699	0,000	**1,452**	**0,230**	56,840	0,000

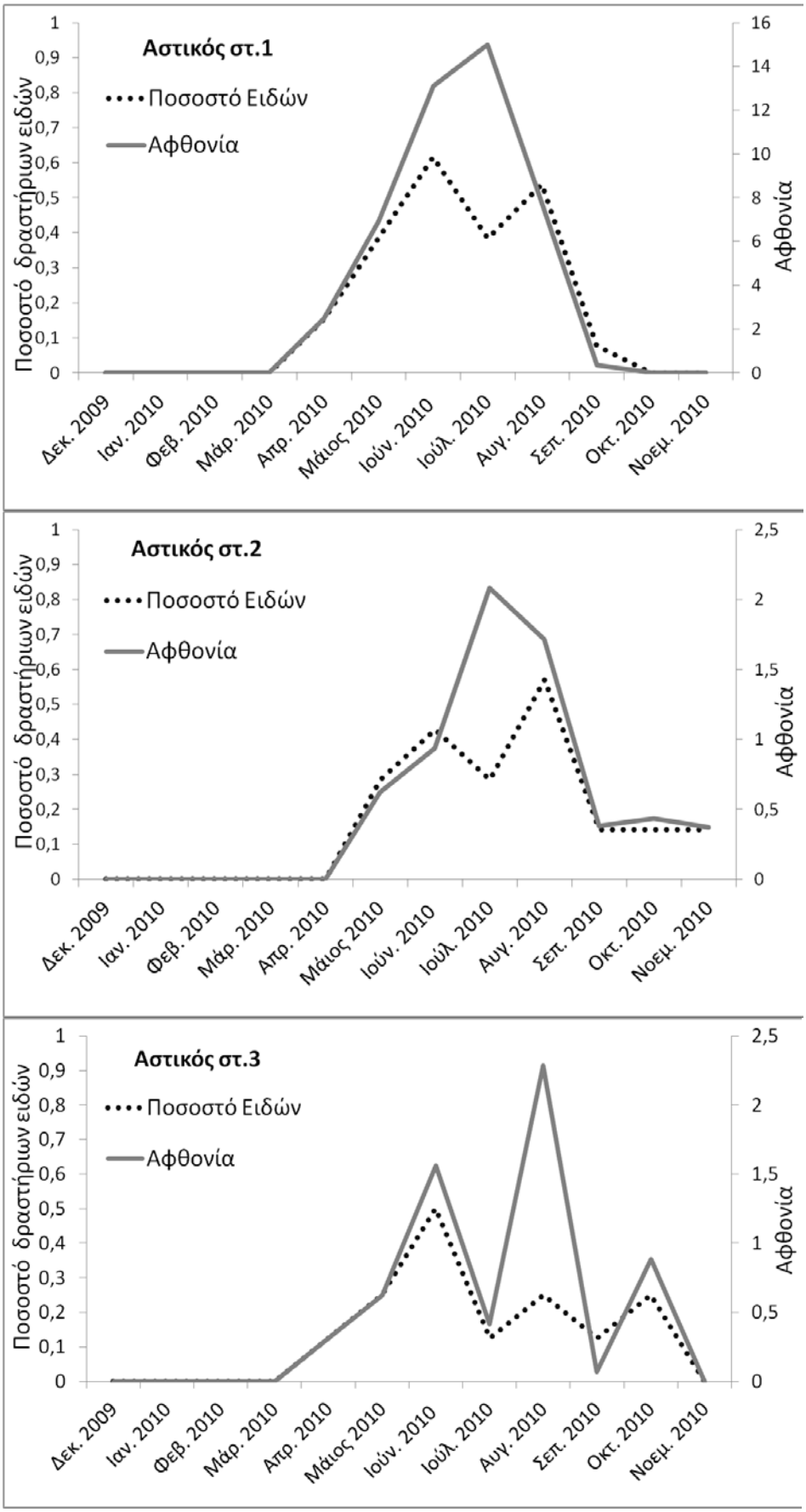
Συγκρίνοντας στατιστικά τη φαινολογία των Gnaphosidae στους δειγματοληπτικούς σταθμούς προέκυψε ομοιότητα όσον αφορά το μέσο διάνυσμα σε 8 ζεύγη παρατηρήσεων (Πίνακας 3.13). Ομοιότητες παρουσιάζονται τόσο μέσα στην ομάδα των αστικών σταθμών (αστικοί 2 και 3), όσο και στη σύγκρισή τους με τους σταθμούς της προαστικής και της περιαστικής ζώνης. Όσον αφορά τους σταθμούς της προαστικής ζώνης, εμφανίζονται ομοιότητες τόσο ενδοομαδικά (προαστικοί 1 και 3), όσο και με τις υπόλοιπες ζώνες (αστική και περιαστική). Τέλος ομοιότητες παρουσιάζονται και μέσα στην ομάδα των περιαστικών, και ειδικότερα στους περιαστικούς σταθμούς 1 και 3. Παρατηρήθηκε επίσης ότι ομαδοποιούνται σε τρεις ομάδες ανάλογα με το που εντοπίζεται το μέσο διάνυσμα. Στην πρώτη ομάδα (αστικός στ.1-προαστικός στ.1, αστικός στ.1-περιαστικός στ.2, προαστικός στ.1-περιαστικός στ. 2 και προαστικός στ.2-περιαστικός στ.3) το μέσο διάνυσμα εμφανίζεται στο διάστημα Ιούνιος-Ιούλιος, στη δεύτερη (αστικός στ.2-αστικός στ.3) στο διάστημα Ιούλιος-Αύγουστος και στην τρίτη (προαστικός στ.2-περιαστικός στ.1, προαστικός στ.2-περιαστικός στ.3 ,περιαστικός στ.1-περιαστικός στ.3) στο διάστημα Απρίλιος-Μάιος (Πίνακας 3.13, Σχήματα 3.12-3.14).

3.3.2 Εποχική διαφοροποίηση των ειδών

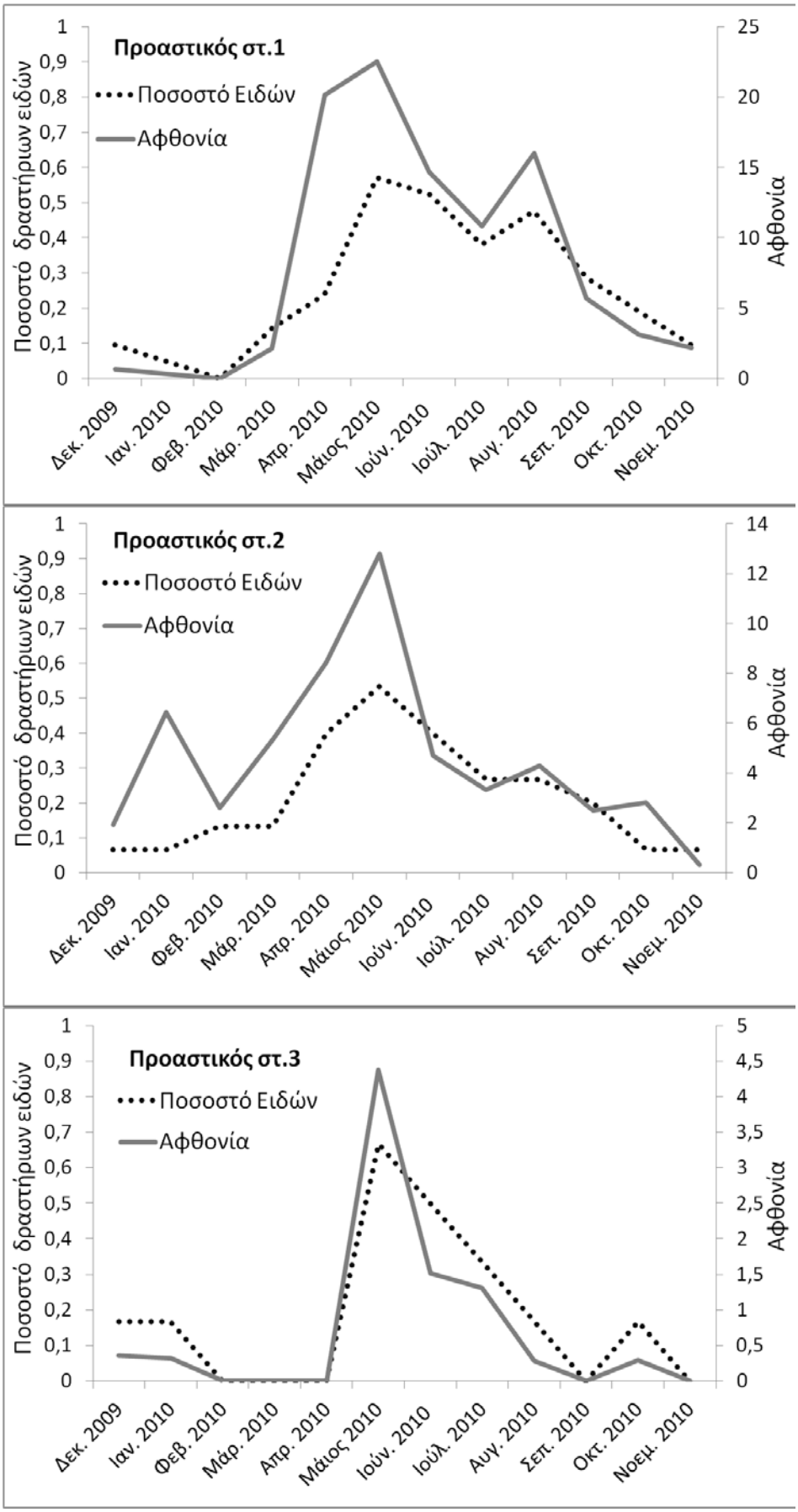
3.3.2.1 Συσχέτιση δραστηριότητας και αφθονίας

Συγκρίνοντας το ποσοστό των δραστήριων ειδών με τη συνολική τους αφθονία ανά δειγματοληψία σε κάθε δειγματοληπτικό σταθμό, δηλαδή πόσα από τα είδη που βρέθηκαν συνολικά σε κάθε σταθμό συλλέχθηκαν σε σχέση με το συνολικό αριθμό των ατόμων ανά 100 π/η, παρατηρούμε κάποιες διαφορές στους δειγματοληπτικούς σταθμούς (Σχήματα 3.15-3.17).

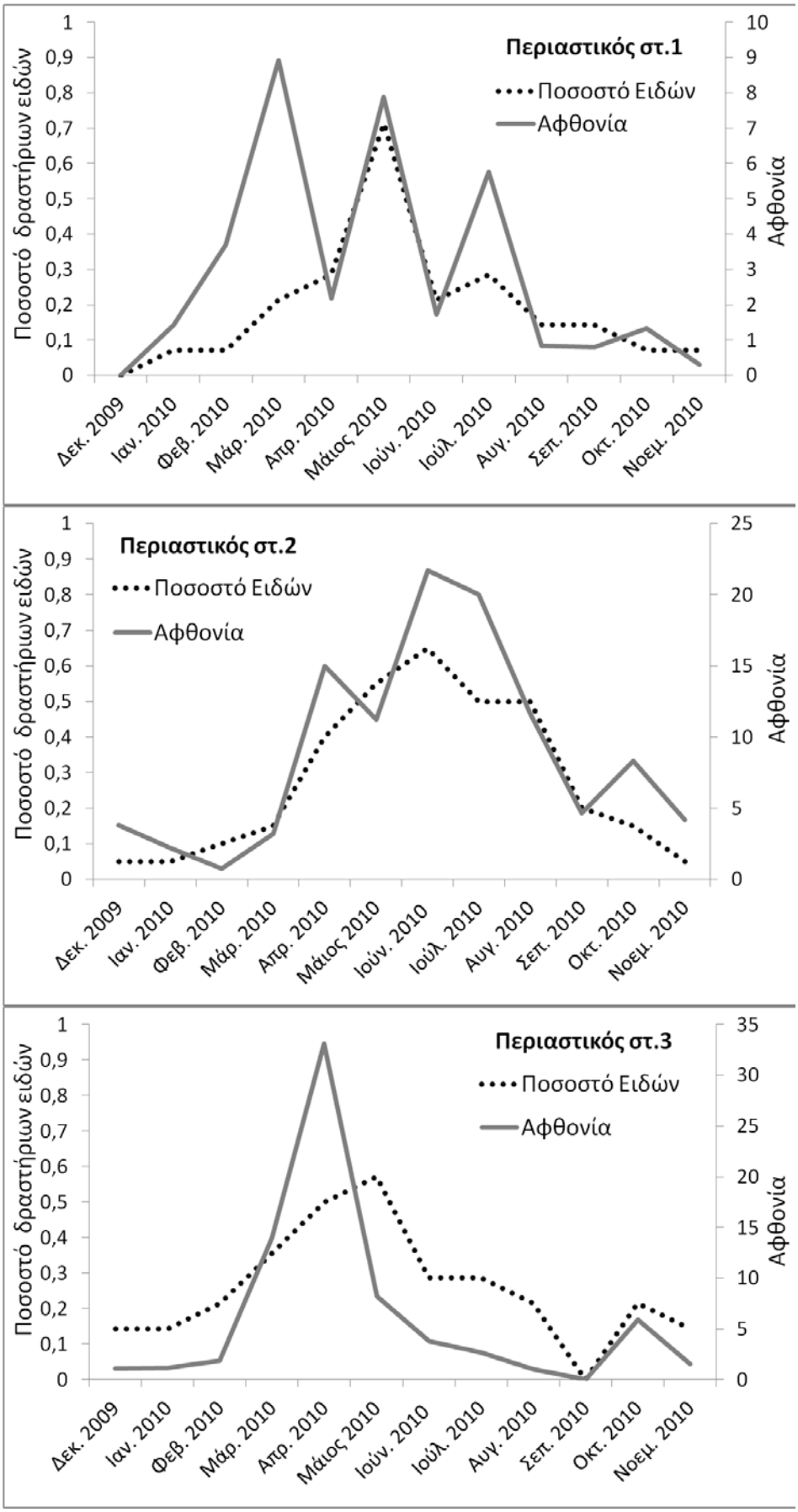
Εν πρώτοις παρατηρείται ότι η αφθονία των Gnaphosidae στους δύο πρώτους σταθμούς της αστικής ζώνης δεν ταυτίζεται απόλυτα με την αντίστοιχη αύξηση του ποσοστού των δραστήριων ειδών (Σχήμα 3.15). Φαίνεται λοιπόν ότι η διαμόρφωση του φαινολογικού προτύπου (μέγιστη δραστηριότητα το μήνα Ιούλιο) στους σταθμούς αυτούς σχετίζεται με τη φαινολογία κάποιων μεμονομένων κυρίαρχων ειδών. Στους προαστικούς σταθμούς δεν παρατηρείται κάποια έντονη διαφορά όσον αφορά τη συνολική αφθονία και το ποσοστό των παρόντων ειδών κάθε μήνα, γεγονός που υποδηλώνει ότι το φαινολογικό πρότυπο στους σταθμούς αυτούς δεν επηρεάζεται από τα κυρίαρχα είδη ή ότι αυτά δεν υπάρχουν με την έννοια της ποσοτικής υπερκυριαρχίας ενός ή λίγων μόνο ειδών. Οι καμπύλες φαίνεται να αυξομειώνονται με τον ίδιο τρόπο, ενώ η μέγιστη δραστηριότητα των ειδών φαίνεται ότι παρουσιάζεται στις αρχές του καλοκαιριού (Σχήμα 3.16). Το ίδιο φαίνεται να ισχύει και στους σταθμούς της περιαστικής ζώνης (Σχήμα 3.17). Παρόλα αυτά στον πρώτο περιαστικό σταθμό το πρότυπο αυτό αποκλίνει κυρίως στις αρχές της άνοιξης (Σχήμα 3.17).



Σχήμα 3.15. Η φαινολογία της οικογένειας ανά δειγματοληπτικό σταθμό σε σχέση με το ποσοστό των δραστήριων ειδών της οικογένειας ανά δειγματοληπτική περίοδο.



Σχήμα 3.16.. Η φαινολογία της οικογένειας ανά δειγματοληπτικό σταθμό σε σχέση με το ποσοστό των δραστήριων ειδών της οικογένειας ανά δειγματοληπτική περίοδο.



Σχήμα 3.17. Η φαινολογία της οικογένειας ανά δειγματοληπτικό σταθμό σε σχέση με το ποσοστό των δραστήριων ειδών της οικογένειας ανά δειγματοληπτική περίοδο.

3.3.2.2 Σχετική αφθονία και φαινολογία των κυρίαρχων ειδών

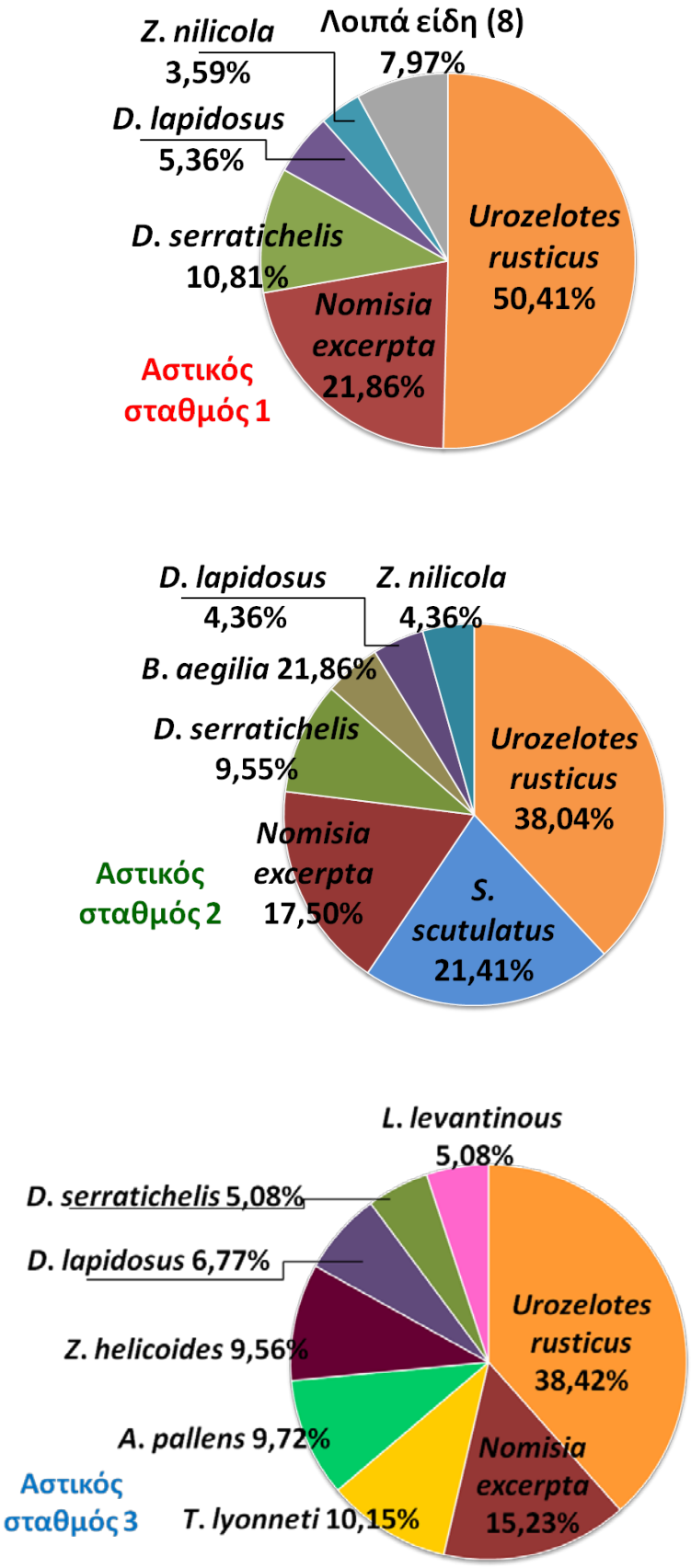
Η φαινολογία της οικογένειας διαμορφώθηκε από ορισμένα από τα παρόντα είδη, τα οποία συλλέχθηκαν σε μεγαλύτερους αριθμούς στους σταθμούς μελέτης. Η σχετική αφθονία αυτών των κυρίαρχων ειδών σε κάθε δειγματοληπτικό σταθμό παριστάνεται στα σχήματα 3.18-3.20 σε σύγκριση με το σύνολο των υπολοίπων συμπαρόντων ειδών.

Στους αστικούς σταθμούς η κυριαρχία του *Urozelotes rusticus* είναι πολύ χαρακτηριστική. Το είδος αυτό αποτέλεσε την πλειονότητα των συλλήψεων (50%) στο σταθμό 1, ενώ στην τους δύο άλλους φτάνει περίπου στο 40% των συλλήψεων (Σχήμα 3.18). Στους σταθμούς 1 και 3 το δεύτερο είδος σε αφθονία είναι το *Nomisia excerpta*, ενώ στο σταθμό 2 είναι τρίτο μετά το *Scotophaeus scutulatus* (Σχήμα 3.18).

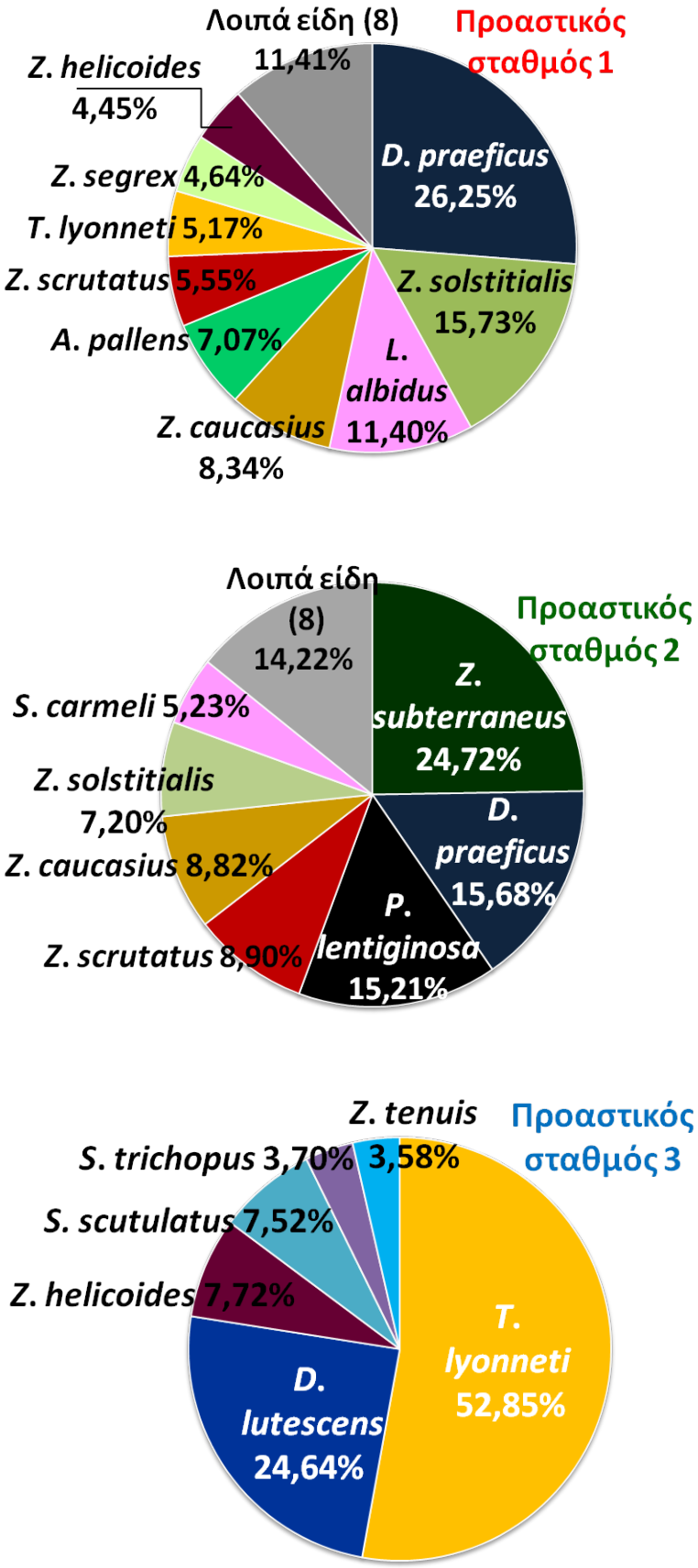
Στους προαστικούς σταθμούς δεν υπάρχει κάποιο κοινό πρότυπο. Στο σταθμό 1 το κυρίαρχο είδος φαίνεται να είναι το *Drassyllus praeficus* (26,25%), ενώ ακολουθούν τα *Zelotes solstitialis* και *Leptodrassus albidus* (με σχετικές αφθονίες 15,75% και 11,40% αντίστοιχα) (Σχήμα 3.19). Το *Drassyllus praeficus* εμφανίζεται και στον σταθμό 2, αλλά δεύτερο σε σχετικές αφθονίες (15,68%) μετά το *Zelotes subterraneus* (24,74%). Στον ίδιο σταθμό σημαντική επίσης είναι και η παρουσία του είδους *Pterotricha lentiginosa* με ποσοστό 15,21% (Σχήμα 3.19). Στον τρίτο προαστικό σταθμό το κυρίαρχο είδος με πολύ έντονη παρουσία (52,85%) είναι το *Trachyzelotes lyonneti* και ακολουθεί το *Drassodes lutescens* με ποσοστό 24,64% (Σχήμα 3.19).

Από τους περιαστικούς σταθμούς μόνο στον τρίτο σταθμό έχουμε χαρακτηριστική κυριαρχία κάποιου είδους και ειδικότερα του *Pterotricha lentiginosa* με 51,03% ενώ ακολουθεί το *Drassodes lutescens* με ποσοστό 19,26%). Στον περιαστικό σταθμό 1 αλλά κυρίως στον περιαστικό σταθμό 2 η πίτα του διαγράμματος είναι πιο μοιρασμένη ανάμεσα στα διάφορα είδη. Μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι στον τελευταίο υπάρχουν συμπαρόντα πολλά είδη του γένους *Zelotes* (όπως για παράδειγμα *Z. subterraneus*, *Z. scrutatus*, *Z. caucasius*, *Z. segrex* και *Z. tenuis*). Τέλος στον πρώτο περιαστικό σταθμό σε μεγαλύτερο ποσοστό εμφανίζεται το *Haplodrassus creticus* (35,95%) και ακολουθεί το *Zelotes scrutatus* με ποσοστό 18,99%.

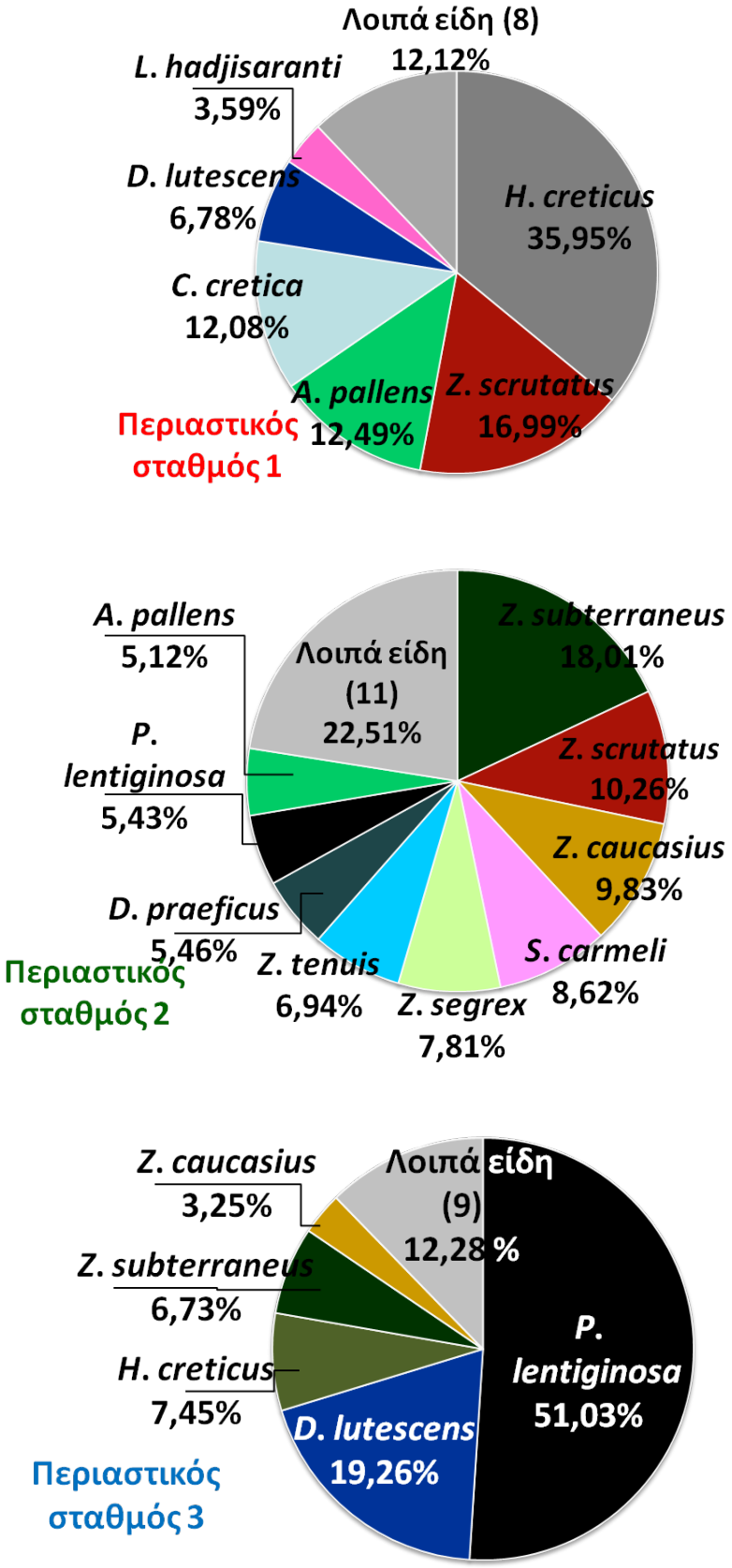
Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι στους αστικούς σταθμούς 2, 3 και στον τρίτο προαστικό σταθμό ο αριθμός των συλλήψεων ήταν σχετικά μικρός σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές (Πίνακας 3.4) και ως εκ τούτου οι απεικονίσεις των διαγραμμάτων στους σταθμούς αυτούς δεν έχει την ίδια βαρύτητα με τους υπόλοιπους σταθμούς. Η φαινολογία λοιπόν των κυριάρχων ειδών παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον, αφού παρουσιάζουν διαφορετικά πρότυπα μεταξύ τους (Σχήματα 3.21-3.23).



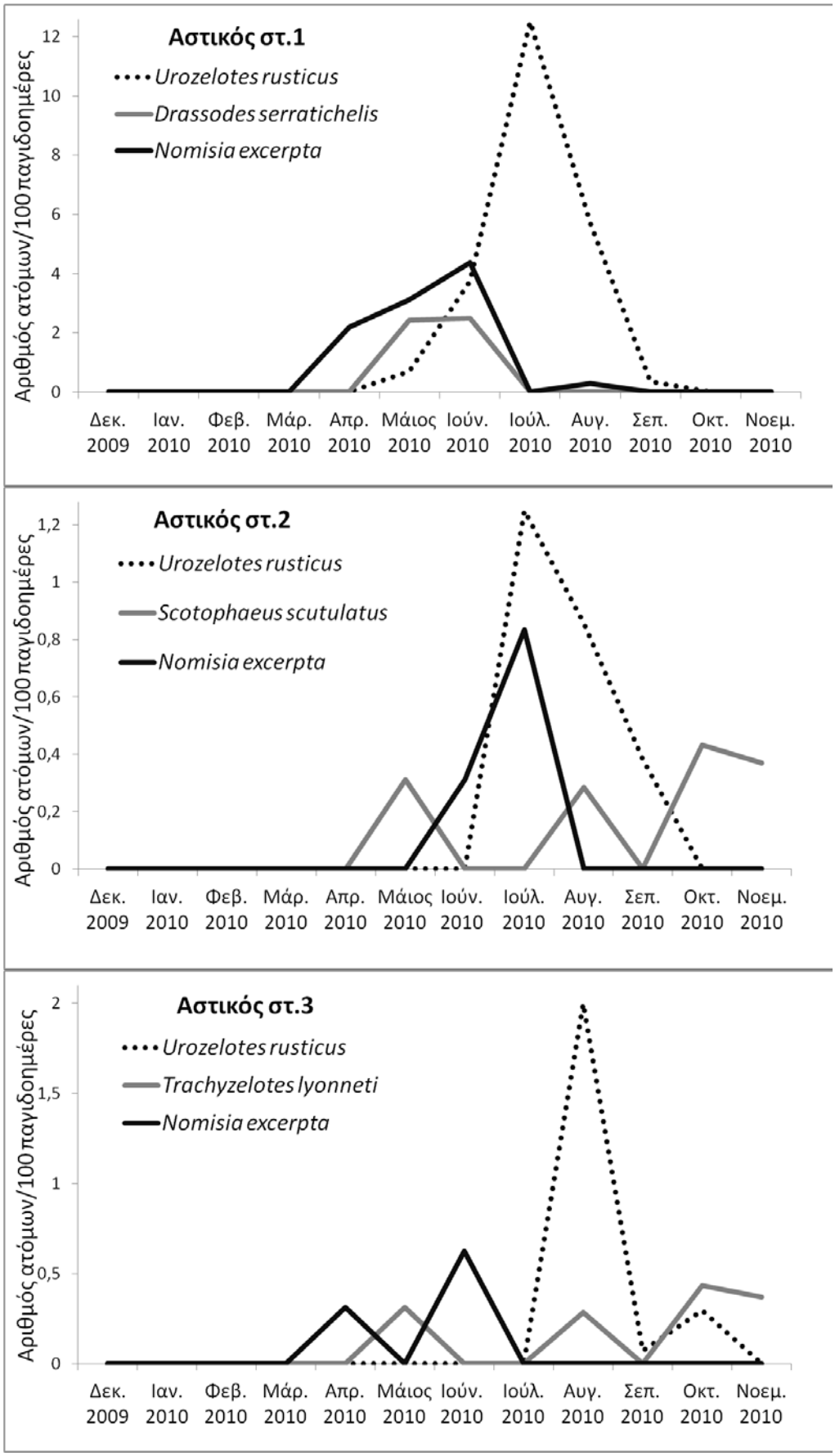
Σχήμα 3.18. Οι σχετικές αφθονίες των κυρίαρχων ειδών Gnaphosidae στους τρεις δειγματοληπτικούς σταθμούς του αστικού σε σχέση με το σύνολο των υπολοίπων ειδών της οικογένειας.



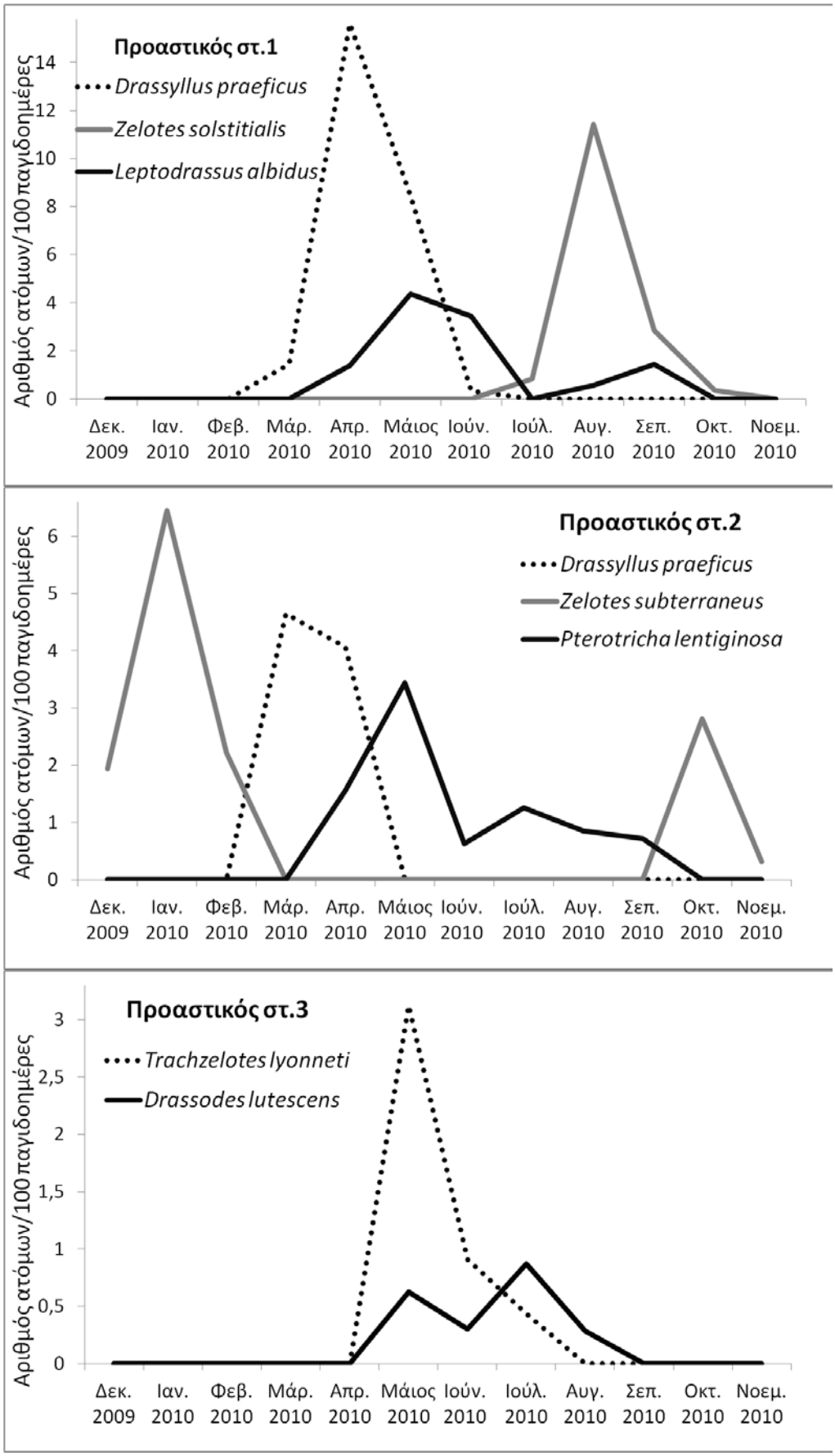
Σχήμα 3.19. Οι σχετικές αφθονίες των κυρίαρχων ειδών Gnaphosidae στους τρεις προαστικούς δειγματοληπτικούς σταθμούς σε σχέση με το σύνολο των υπολοίπων ειδών της οικογένειας.



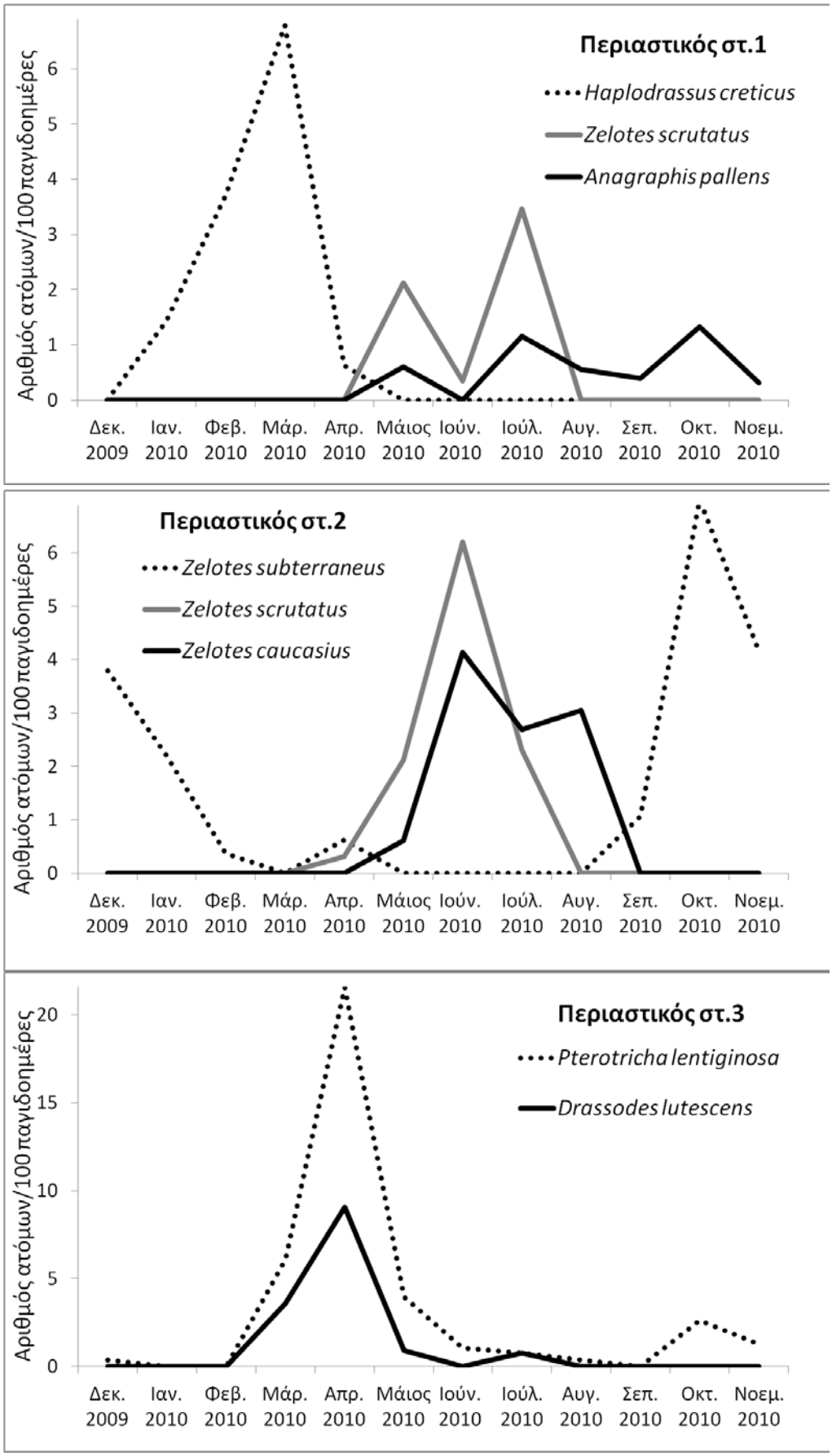
Σχήμα 3.20. Οι σχετικές αφθονίες των κυρίαρχων ειδών Gnaphosidae στους τρεις περιαστικούς δειγματοληπτικούς σταθμούς σε σχέση με το σύνολο των υπολοίπων ειδών της οικογένειας.



Σχήμα 3.21. Φαινολογία των κυρίαρχων ειδών της οικογένειας στους σταθμούς του αστικού κέντρου.



Σχήμα 3.22. Φαινολογία των κυρίαρχων ειδών της οικογένειας στους προαστικούς σταθμούς.



Σχήμα 3.23. Φαινολογία των κυρίαρχων ειδών της οικογένειας στους περιαστικούς σταθμούς.

Στο αστικό κέντρο, όπως έχει προαναφερθεί, κυρίαρχο είδος είναι το *Urozelotes rusticus* (Σχήμα 3.18). Η περίοδος αιχμής του είδους αυτού και στους τρεις σταθμούς παρουσιάζεται την περίοδο Μάιος-Σεπτέμβριος, ενώ η μέγιστη δραστηριότητα του εμφανίζεται στους μήνες Ιούλιος-Αύγουστος. Το δεύτερο χαρακτηριστικό είδος στο αστικό κέντρο είναι το *Nomisia excerpta*, του οποίου η περίοδος αιχμής παρουσιάζεται στους σταθμούς 1 και 3 την περίοδο Μάρτιος-Ιούλιος (με μέγιστη δραστηριότητα το μήνα Ιούνιο), ενώ στο σταθμό 2 στους μήνες Μάιο-Αύγουστο (με μέγιστη δραστηριότητα το μήνα Ιούλιο (Σχήμα 3.21). Ένα άλλο είδος που εμφανίστηκε σε μεγάλα ποσοστά στο αστικό σταθμό 1 είναι το *Drassodes serratichelis*. Η περίοδος δραστηριότητας του είδους αυτού εμφανίζεται παρόμοια με του *Nomisia excerpta* (Σχήμα 3.21). Τα υπόλοιπα είδη των αστικών σταθμών 2 και 3 δε φαίνεται να παρουσιάζουν κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο δραστηριότητας.

Στους προαστικούς σταθμούς 1 και 2 τα διάφορα είδη εμφανίζονται καθόλη τη διάρκεια του έτους, ενώ στον τρίτο σταθμό περιορίζονται στην καλοκαιρινή περίοδο (Σχήμα 3.22). Πρέπει να σημειωθεί όμως η συλλήψεις στον σταθμό αυτό ήταν λιγότερες σε σχέση με τους δύο προηγούμενους. Ένα από τα κυρίαρχα είδη στην προαστική ζώνη είναι το *Drassyllus praeficus* (Σχήμα 3.19). Το είδος αυτό παρουσιάζεται στους σταθμούς 1 και 2 με παρόμοιο φαινολογικό πρότυπο και ειδικότερα η περίοδος δραστηριότητάς του παρουσιάζεται τους μήνες Φεβρουάριο-Ιούνιο (με αιχμή δραστηριότητας τους μήνες Απρίλιο-Μάιο). Στον πρώτο προαστικό σταθμό τα *Zelotes solstitialis* και *Leptodrassus albidus* δραστηριοποιούνται κατά την καλοκαιρινή περίοδο και πιο συγκεκριμένα στους μήνες Ιούνιο-Οκτώβριο και Μάρτιο-Οκτώμβριο αντίστοιχα (Σχήμα 3.22). Η περίοδος μέγιστης δραστηριότητας εμφανίζεται για το *Zelotes solstitialis* το μήνα Αύγουστο, ενώ για το *Leptodrasus albidus* εμφανίζεται νωρίτερα και πιο συγκεκριμένα το μήνα Μάιο (Σχήμα 3.22). Στο δεύτερο προαστικό σταθμό το δεύτερο είδος σε μεγάλα ποσοστά σχετικών αφθονιών είναι το *Zelotes subterraneus* (Σχήμα 3.19). Το είδος αυτό παρουσιάζει ένα χειμερινό πρότυπο φαινολογίας και πιο συγκεκριμένα η δραστηριότητα του εντοπίζεται στο διάστημα Σεπτέμβριος-Μάρτιος, ενώ εμφανίζει δύο αιχμές δραστηριότητας τους μήνες Ιανουάριο και Οκτώβριο (Σχήμα 3.22). Στον τρίτο προαστικό σταθμό, που όπως προαναφέρθηκε η αφθονία των ειδών ήταν πολύ μικρότερη σε σχέση με τους υπόλοιπος προαστικούς, τα δύο κυρίαρχα είδη (*T. lyonneti* και *D. lutescens*) δραστηριοποιούνται την καλοκαιρινή περίοδο και ειδικότερα τους μήνες Απρίλιο-Αύγουστο και Απρίλιο-Σεπτέμβριο αντίστοιχα. Το μέγιστο δραστηριότητας τους παρουσιάζεται για το *Trachyzelotes lyonneti* το Μάιο, ενώ για το *Drassodes lutescens* τον Ιούλιο.

Στους σταθμούς της περιαστικής ζώνης παρατηρούνται παρόμοια αποτελέσματα με αυτά στην προαστική ζώνη. Στους δύο πρώτους σταθμούς τα φαινολογικά πρότυπα των ειδών είναι απλωμένα καθόλη τη διάρκεια του έτους, ενώ στον τρίτο σταθμό παρόλο που ο αριθμός συλλήψεων ήταν μεγάλος η

δραστηριότητα των κυριάρχων ειδών παρουσιάζεται αποκλειστικά κατά την ανοιξιάτικη περίοδο (Σχήμα 3.23). Το *Haplodrassus creticus* που κυριαρχεί στον πρώτο περιαστικό σταθμό δραστηριοποιείται τους μήνες Δεκέμβριο-Μάιο, με μέγιστη δραστηριότητα το μήνα Μάρτιο. Το *Zelotes scrutatus* δραστηριοποιείται τους μήνες Απρίλιο-Αύγουστο, με μέγιστη δραστηριότητα τον Ιούλιο, ενώ παρουσιάζει το ίδιο φαινολογικό πρότυπο και στο δεύτερο περιαστικό σταθμό (Σχήμα 3.23). Το είδος *Anagraphis pallens* δραστηριοποιείται την περίοδο Απρίλιος-Νοέμβριος, χωρίς όμως να παρουσιάζει κάποιο εμφανές μέγιστό δραστηριότητας. Το *Z. caucasius* επίσης παρουσιάζει ένα καλοκαιρινό φαινολογικό πρότυπο αφού δραστηριοποιείται κατά τους μήνες Απρίλιο-Σεπτέμβριο. Αντίθετα, το *Zelotes subterraneous* παρουσιάζει το ίδιο χειμερινό πρότυπο δραστηριότητας, όπως και στον προαστικό σταθμό 2 (Σχήμα 3.22, 3.23). Τέλος, όπως προαναφέρθηκε τα δύο κυρίαρχα είδη στον τρίτο περιαστικό σταθμό (*P. lentiginosa* και *D. lutescens*) δραστηριοποιούνται αποκλειστικά την ανοιξιάτικη περίοδο και πιο συγκεκριμένα τους μήνες Φεβρουάριο-Ιούλιο (με μέγιστο δραστηριότητας τον Απρίλιο). Μια μικρή δραστηριότητα του είδους *P. lentiginosa* παρατηρείται και κατά τη φθινοπωρινή περίοδο (Οκτώβριος-Νοέμβριος) (Σχήμα 3.23).

Κεφαλαιο 4

Συζητηση

Λίγες εργασίες πραγματεύονται την επίδραση της αστικοποίησης και της διαταραχής στους πληθυσμούς των αραχνών (Crawford 1979; Alaruikka *et al*. 2002; Hsieh *et al*. 2003; Chen & Tso 2004; Shochat *et al*. 2004; Magura *et al*. 2010). Η διαφορά της παρούσας μελέτης με τις εργασίες αυτές είναι ότι επικεντρώνεται σε μια μόνο οικογένεια, ενώ στις υπόλοιπες εργασίες χρησιμοποιήθηκαν όλα τα αραχνοπανιδικά δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την πειραματική περίοδο. Στις περισσότερες από αυτές δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ζωνών διαβάθμισης όσον αφορά τον πλούτο ειδών της αραχνοπανίδας (Alaruikka *et al*. 2002; Hsieh *et al*. 2003; Chen & Tso 2004). Οι Shochat *et al*. (2004) σε μελέτη που έκαναν στο Φοίνιξ (Phoenix, Arizona, USA) απέδειξαν ότι ο πλούτος ειδών μειώνεται στο αστικό κέντρο, αλλά αυξάνεται η αφθονία. Αντίθετα, σε εργασίες των Magura *et al*. (2004, 2010) στην Ουγγαρία υποστηρίζεται ότι και ο πλούτος ειδών αλλά και η αφθονία τους αυξάνει στο αστικό κέντρο, παρόλο που στις παραπάνω εργασίες αυτό οφείλεται αποκλειστικά στα άτομα της οικογένειας Lycosidae (Magura *et al*. 2004; Shochat *et al*. 2004a, 2004b). Εντούτοις, όπως και οι ίδιοι συγγραφείς (Magura *et al*. 2010) υποστηρίζουν, είδη με διαφορετικές ενδιαιτηματικές προτιμήσεις αντιδρούν διαφορετικά στις ανθρωπογενείς διαταραχές. Για την καλύτερη εκτίμηση της αραχνοπανίδας οι Cardoso *et al*. (2004) προτείνουν τη χρησιμοποίηση ταξών-δεικτών, και ένα από αυτά τα προτεινόμενα τάξα είναι η οικογένεια των εδαφικών αραχνών Gnaphosidae.

Σύμφωνα με τα πανιδικά αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συλλέχθηκε μεγάλο ποσοστό των γνωστών ειδών της κρητικής εδαφικής αραχνοπανίδας, αφού συλλέχθηκαν 38 από τα περίπου 60 γνωστά είδη της οικογένειας (Chatzaki 2008) που υπάρχουν στην περιοχή. Επίσης προέκυψαν δύο νέες αναφορές για την Ελλάδα και την Κρήτη, το *Urozelotes rusticus* και το *Zelotes laetus*. Πληροφορίες για το *Urozelotes rusticus* βρίσκονται στην εργασία του Fage (1921). Το *Urozelotes rusticus* θεωρείται ότι είναι ένα κοσμοπολίτικο και συνάνθρωπο είδος, ενώ απαντάται κυρίως στις εύκρατες περιοχές των δύο ημισφαιρίων. Το είδος *Zelotes laetus* σύμφωνα με τον Παγκόσμιο κατάλογο ειδών των αραχνών (Platnick 2011) καταγράφεται στις μεσογειακές περιοχές, στην Τροπική Αφρική, στις Η.Π.Α, στο Μεξικό, στο Περού, στη Χαβάη, και στο Ισραήλ. Στην Ευρώπη έχει καταγράφει στην Γαλλία (Simon 1914) και στην Πορτογαλία (Cardoso & Morano 2010). Ως εκ τούτου είναι ένα ανατολικό-μεσογειακό είδος και η παρουσία του στην Αμερική πιθανότατα οφείλεται σε μεταφορά του είδους αυτού (Platnick & Shadab 1983; Levy 1998). Η κατανομή του αυτή παρέχει ενδείξεις ότι και αυτό το είδος είναι συνάνθρωπο και πιθανώς κοσμοπολίτικο.

Χαρακτηριστικό είναι το ότι, με ελάχιστες εξαιρέσεις (*Anagraphis pallens*, *Trachyzelotes lyonneti* και *Zelotes scrutatus*) δεν υπάρχουν είδη κοινά και στα τρία

επίπεδα διαταραχής. Παράλληλα μόνο το είδος *Berinda aegilia* συλλέχθηκε αποκλειστικά στο αστικό κέντρο. Το είδος αυτό αναφέρεται πρώτη φορά στην Κρήτη, αφού σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες (Chatzaki *et al*. 2002a; Panayiotou *et al*. (2010), είχε καταγραφεί στο νησί των Αντικυθήρων και στον Ταΰγετο, ενώ θεωρείται ότι η κατανομή του επεκτείνεται σε όλη την Πελοπόννησο και στα Κύθηρα (Panayiotou *et al*.2010). Στην Κρήτη εμφανίζονται δύο άλλα είδη του ίδιου γένους, το *Berinda amabilis* που δεν είναι πολύ κοινό στην Κρήτη αλλά παρουσιάζεται σε όλο το νησί και το *B. ensigera* που είναι πιο σπάνιο (Χατζάκη 2003). Το γεγονός ότι αυτή είναι η πρώτη καταγραφή του είδους αυτού στην Κρήτη, ενώ και το ότι συλλέχθηκε αποκλειστικά στο αστικό κέντρο, πιθανότατα υποδεικνύουν πρόσφατη εποίκιση του είδους αυτού στην Κρήτη. Επίσης δύο είδη (*Drassyllus pumiloides* και *Zelotes laetus*) συλλέχθηκαν αποκλειστικά στην προαστική ζώνη. Το *Zelotes laetus* όπως προαναφέρθηκε είναι ένα κοσμοπολίτικο είδος, ενώ το *Drassyllus pumiloides* είναι ενδημικό της Κρήτης και απαντάται σε όλο το νησί (Χατζάκη 2003). Τέλος εννέα είδη συλλέχθηκαν αποκλειστικά στην περιαστική ζώνη: *Callilepis cretica*, *Cesonia aspida*, *Leptodrassus femineus, Leptopilos hadjissaranti*, *Leptopilos manolisi*, *Poecilochroa senilis*, *Trachyzelotes malkini*, *Zelotes daidalus* και το απροσδιόριστο *Haplodrassus* sp. Τα περισσότερα από αυτά τα είδη είναι κοινά στα φυσικά οικοσυστήματα της Κρήτης (*C. cretica*, *C. aspida*, *L. femineus*, *T. malkini*, *Z. daidalus*), ενώ τα υπόλοιπα δεν είναι τόσο κοινά αλλά η παρουσία τους έχει καταγραφεί και προηγουμένως στους οικοτόπους της Κρήτης (Χατζάκη 2003). Οι κατανομές των ειδών που αναφέρθηκαν παραπάνω δείχνουν ότι στο αστικό κέντρο και στην προαστική ζώνη παρατηρούνται κυρίως ξενικά και κοσμοπολιτικά είδη. Το γεγονός ότι τα είδη που εμφανίζονται στον αστικό πυρήνα είναι είδη με μεγάλες γεωγραφικές κατανομές, υποδεικνύει ότι τα είδη αυτά είναι προσαρμοσμένα σε ένα μεγάλο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών και ενδιαιτημάτων (McIntyre 2000). Από τα παραπάνω λοιπόν προκύπτει ότι το ποσοστό των ειδών που αντιπροσωπεύουν την κρητική αραχνοπανίδα μειώνεται από τις περιαστικές ζώνες προς το αστικό κέντρο, όπου τελικά επικρατούν κοσμοπολίτικα είδη.

Εξίσου σημαντικά είναι τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ομαδοποίησης των σταθμών. Παρατηρήθηκε έντονη διαφοροποίηση των αστικών και προαστικών σταθμών σε σχέση με τους σταθμούς της περιαστικής ζώνης. Σύμφωνα με όλα τα προηγούμενα συν το γεγονός ότι ο δείκτης Yule δίνει έμφαση τόσο στις κοινές παρουσίες ειδών μεταξύ των σταθμών όσο και στις μοναδικές παρουσίες (Jackson *et al*. 1989), είναι μάλλον αναμενόμενη η εικόνα που δίνουν τα δενδρογράμματα. Παρατηρούμε ότι όταν οι σταθμοί ομαδοποιούνται σε επίπεδα διαταραχής, η αστική ζώνη ομαδοποιείται με την προαστική ζώνη και η περιαστική ζώνη σχηματίζει ένα ξεχωριστό κλάδο. Στην ανάλυση ομαδοποίησης όλων των δειγματοληπτικών σταθμών παρατηρούμε ότι οι αστικοί σταθμοί 1 και 2

ομαδοποιούνται σε ψηλό επίπεδο και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι έχουν αρκετά κοινά είδη μεταξύ τους, αλλά επίσης απουσιάζουν και πολλά από τα είδη που συλλέχθηκαν στους υπόλοιπους σταθμούς. Ο αστικός σταθμός 3 ομαδοποιείται στον ίδιο κλάδο με τους άλλους αστικούς αλλά με χαμηλότερο επίπεδο ομοιότητας σε σχέση με τους άλλους δύο. Ένας δεύτερος κλάδος ομαδοποιεί τους υπόλοιπους σταθμούς και αυτός διαφοροποιείται περεταίρω σε δύο υποκλάσεις. Στη μια από αυτές ομαδοποιούνται οι περιαστικοί σταθμοί 1 και 3, ενώ στην άλλη ομαδοποιούνται οι προαστικοί σταθμοί και ο δεύτερος περιαστικός. Αυτό πιθανότατα μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ο δεύτερος προαστικός και ο δεύτερος περιαστικός σταθμός βρίσκονταν σχετικά κοντά οπότε παρουσίασαν πολλές ομοιότητες. Επίσης ο περιαστικός σταθμός 2 βρίσκεται πιο κοντά σε καλλιεργούμενες εκτάσεις από όσο σε φυσικά οικοσυστήματα και ως εκ τούτου ίσως παρουσιάζει περισσότερα κοινά είδη με τους σταθμούς της προαστικής ζώνης σε σχέση με τις περιαστικές περιοχές. Παρόλα αυτά είναι αξιοσημείωτη η ομαδοποίηση των σταθμών γιατί παρουσιάζει τις ομοιότητες μεταξύ των σταθμών του αστικού πυρήνα, αλλά και τις ομοιότητες μεταξύ των περιαστικών σταθμών παρόλο που γεωγραφικά βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους.

Οι εκτιμήσεις του πλούτου ειδών στις διαφορετικές περιοχές μελέτης ανέδειξαν τις διαφορές στη σύνθεση των βιοκοινοτήτων τους. Η εκτίμηση του πλούτου ειδών χρησιμοποιώντας παγίδες εδάφους ήταν πολύ ικανοποιητική σχεδόν σε όλους τους δειγματοληπτικούς σταθμούς εκτός από τους αστικούς σταθμούς, όπου συλλέχθηκαν τα λιγότερα είδη. Τα ίδια αποτελέσματα φαίνονται και στις αθροιστικές καμπύλες των υπό μελέτη σταθμών. Σε όλους τους σταθμούς προσεγγίζεται ξεκάθαρα η ασύμπτωτη, εκτός από τους αστικούς σταθμούς 2, 3 και τον προαστικό σταθμό 3 όπου είχαμε και τις λιγότερες συλλήψεις ατόμων. Ωστόσο στους αστικούς σταθμούς παρατηρήθηκε και η σύλληψη πολλών μοναδικών παρουσιών (singletons) το ποσοστό των οποίων φτάνει μέχρι και το 46%. Σε αυτήν την παρατήρηση οφείλεται πιθανότατα η χαμηλή εκτίμηση της δειγματοληπτικής αποδοτικότητας στους σταθμούς αυτούς (Gotelli 2000).

Ένα από τα χαρακτηριστικά στοιχεία της μελέτης είναι οι διαφορές που παρουσιάζονται στις συλλήψεις τόσο ατόμων όσο και ειδών στα διαφορετικά επίπεδα διαβάθμισης αστικών-περιαστικών ζωνών. Είναι γνωστό ότι η ποικιλότητα των ειδών για πολλές ομάδες οργανισμών διαφέρει κατά μήκος της διαβάθμισης αυτής. Συγκεκριμένα, η βιοποικιλότητα των ειδών μειώνεται καθώς προχωράμε στον αστικό πυρήνα (το πιο διαταραγμένο επίπεδο της διαβάθμισης) (Luniak 2008; McKinney 2002, 2008; Faeth *et al*. 2011). Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα δεν εκπλήσσει το γεγονός ότι στο αστικό κέντρο συλλέχθηκαν λιγότερα άτομα, αλλά και λιγότερα είδη σε σύγκριση με τις προ- και περι- -αστικές ζώνες. Στις περισσότερες μελέτες έχει αποδειχθεί ότι η αστικοποίηση επηρεάζει αρνητικά τη συνολική αφθονία και τον πλούτο ειδών των χερσαίων οργανισμών. Μελέτες σε φυτικούς

οργανισμούς (Kowarik 2008), πτηνά και πεταλούδες (Blair 1999), πολλά έντομα (McIntyre 2000) και ειδικότερα σε αρθρόποδα (McDonnel & Pickett 1990; Niemela et al. 2000, 2002; Alaruikka *et al*. 2003; Ishitani *et al*. 2003; McKinney 2008; Faeth *et* al. 2011) έχουν δείξει ότι στον πυρήνα των αστικών περιοχών ο αριθμός των ειδών μειώνεται πολλές φορές μέχρι και στο ½ σε σχέση με τον αριθμό των ειδών που καταγράφεται στις περιαστικές περιοχές. Αυτό παρατηρήθηκε και στις βιοκοινότητες πτηνών στη Βαρσοβία. Σε όλη την πόλη υπάρχει περίπου το 65% της συνολικής τοπικής ορνιθοπανίδας, αλλά μόνο το 37% από αυτά υπάρχουν στις περισσότερο ανεπτυγμένες περιοχές της πόλης (Luniak 2004). Θεωρείται ότι η μείωση των ειδών σχετίζεται με τη μείωση της χλωρίδας στις αστικές περιοχές (McKinney 2002). Πράγματι ένα μεγάλο ποσοστό των πόλεων (περίπου το 80%) καλύπτεται από τσιμέντο, άσφαλτο και κτίρια και μόνο μικρό μέρος των πόλεων καλύπτεται από βλάστηση (Blair 1996), που τις περισσότερες φορές είναι υποβαθμισμένη, με χαμηλή ποικιλότητα ή πολλές φορές αποτελείται από ξενικά και καλλιεργούμενα είδη (McKinney 2002). Όλα αυτά επιδρούν στις συμπεριφορικές και οικολογικές αλληλεπιδράσεις και διαδικασίες που καθορίζουν την παρουσία, την απουσία και τη σχετική αφθονία των ειδών (Faeth *et al*. 2011).

Μια άλλη πιθανή εξήγηση για τον μειωμένο αριθμό ειδών στον αστικό πυρήνα είναι και ο κατακερματισμός των ενδιαιτημάτων μέσα στις πόλεις λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας και η δημιουργία ανομοιογενών εκτάσεων (Collins *et al*.2000). Λόγω αυτού οι διάφοροι πληθυσμοί απομονώνονται και οι μετακινήσεις μεταξύ των εκτάσεων αυτών γίνονται δυσκολότερες και ως εκ τούτου αυτό επηρεάζει αρνητικά τον πλούτο και την αφθονία των ειδών (Donnelly & Marzluff 2006). Για την καλύτερη κατανόηση του κατακερματισμού των ενδιαιτημάτων στις πόλεις και τη σύνδεσή της με τις επιδράσεις στον πλούτο των ειδών χρησιμοποιείται η θεωρία της νησιώτικης βιογεωγραφίας (McArthur & Wilson 1967), όπου τα διάφορα αστικά ενδιαιτήματα* αντιμετωπίζονται σαν απομονωμένες εκτάσεις (όπου το κάθε ένα από αυτά χαρακτηρίζεται από το μέγεθος και την απομόνωσή του) (Faeth & Kane 1978; Niemela 1999; Marzluff 2005; McKinney 2008; Faeth *et al*. 2011). Μικρές και απομονωμένες εκτάσεις παρουσιάζουν μικρό αριθμό ειδών, λόγω της μεγαλύτερης απομόνωσής τους και της μικρότερης πιθανότητας διασποράς των οργανισμών από άλλες περιοχές (McArthur & Wilson 1967), ενώ λόγω των περιορισμένων διαθέσιμων πόρων μπορούν να συντηρήσουν μικρότερους τοπικούς πληθυσμούς και ως εκ τούτου πιο ευάλωτους σε φαινόμενα εξαφάνισης (Niemela 1999; Marzluff 2005; McKinney 2008).

* *αστικά ενδιαιτήματα*: ο όρος ενδιαίτημα στις μελέτες τις αστικής βιοποικιλότητας, συνήθως σχετίζεται με την ποικιλότητα και τη δομή των φυτικών βιοκοινοτήτων μέσα στα όρια μιας πόλης, σαν ζωντανά ή μη στοιχεία (για παράδειγμα υλοτομημένες περιοχές, κορμοί δέντρων και απομεινάρια) (Miller & Hobbs 2007; Faeth et al. 2011).

Στη μελέτη αυτή δεν παρατηρήθηκε έντονη διαφορά στον πλούτο ειδών στους σταθμούς της προαστικής και της περιαστικής ζώνης. Οι προαστικές περιοχές θεωρούνται σαν οι μεταβατικές ζώνες από τα περιαστικά ή τα φυσικά οικοσυστήματα στις αστικές περιοχές (Faeth *et al*. 2011) και ως εκ τούτου χαρακτηρίζονται σαν το ενδιάμεσο επίπεδο της αστικοποίησης. Παρόλο που σε πολλές μελέτες υποστηρίζεται ότι ο πλούτος ειδών τείνει να αυξάνει σε περιοχές με ενδιάμεσα επίπεδα διαταραχής (intermediate disturbance hypothesis) (Blair 1999; McKinney 2002; Kowarik 2008) στην παρούσα μελέτη δεν ανιχνεύτηκε κάποιο παρόμοιο πρότυπο όσον αφορά τις βιοκοινότητες των Gnaphosidae. Σύμφωνα με τους παραπάνω συγγραφείς οι λόγοι που μπορεί να οδηγούν σε τέτοια φαινόμενα έξαρσης της βιοποικιλότητας είναι η ενδιαιτηματική ετερογένεια που παρατηρείται στην προαστική ζώνη και το γεγονός ότι πολλά διαφορετικά ενδιαιτήματα γειτονεύουν μεταξύ τους. Η χωρική αυτή ετερογένεια εντείνεται ακόμη περισσότερο από τις ανθρώπινες δραστηριότητες όπως για παράδειγμα οι καλλιέργειες και η συντήρηση καλλωπιστικών φυτικών ειδών (McKinney 2002). Επιπλέον, αυτές οι δραστηριότητες θεωρείται ότι είναι και πολύ παραγωγικές, αφού εμπλουτίζουν το οικοσύστημα με διαθέσιμους πόρους, από νερό μέχρι και θρεπτικά συστατικά. Σε αντίθεση με τα παραπάνω αποτελέσματα, σε άλλες μελέτες έχει φανεί ότι οι προαστικές ζώνες φιλοξενούν λιγότερα είδη από τις αντίστοιχες περιαστικές (McKinney 2002; Niemela *et al*. 2002) όποτε η υπόθεση της αύξησης της ποικιλότητας σε περιοχές ενδιάμεσης διαταραχής μπορεί να υποστηριχθεί μόνο υπό συνθήκες, οι οποίες όμως δεν υφίστανται πάντα, όπως δεν υφίστανται και στην παρούσα μελέτη

Εκτός των συνολικών αφθονιών των Gnaphosidae οι διαφορετικές ζώνες διαταραχής διέφεραν σημαντικά και στο πώς κατανεμόταν η αφθονία στα διάφορα είδη. Πιο συγκεκριμένα σε όλους τους αστικούς σταθμούς κυριαρχούσε το *Urozelotes rusticus* και ακολουθούσε το *Nomisia excerpta*. Ενώ στο σταθμό στη Καινούρια πόρτα δεύτερο σε ποσοστό αφθονίας ήταν το *Scotophaeus scutulatus*. Το *Urozelotes rusticus* είναι ένα συνάνθρωπο είδος, το οποίο συναντάται σε πολλές διαφορετικές περιοχές του κόσμου (Platnick & Shadab 1983). Σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη Gnaphosidae, θεωρείται ότι είναι το είδος με τις περισσότερες συνωνυμίες (Platnick & Shadab 1983; Platnick & Murphy 1984; Platnick 2011), ενώ δεν έχουν ακόμη διασαφηνιστεί οι φυλογενετικές του σχέσεις και η ομοιότητά του με την εδαφική αραχνοπανίδα κάποιας συγκεκριμένης περιοχής (Platnick & Shadab 1983). Χαρακτηρίστηκε σαν συνάνθρωπο και ως εκ τούτου κοσμοπολίτικο είδος, ενώ συναντάται κυρίως κοντά σε κτίρια, κήπους, βοσκότοπους, σε χωράφια με εσπεριδοειδή, και σπηλιές (Platnick & Murphy 1984). Το *Scotophaeus scutulatus* είναι ένα κοσμοπολίτικο είδος, ενώ το *Drassodes serratichelis* δε συλλέχθηκε σε μεγάλες αφθονίες στα φυσικά οικοσυστήματα της Κρήτης (Χατζάκη 2003). Το *Nomisia excerpta* σύμφωνα με τα δεδομένα της Χατζάκη (2003) θεωρείται ένα από

τα πιο άφθονα είδη Gnaphosidae στην Κρήτη, συναντάται παντού εκτός από τα μεγάλα υψόμετρα και κυρίως στο κεντρικό και δυτικό τμήμα της. Στους προαστικούς σταθμούς η εικόνα ήταν πολυπλοκότερη και τα κυρίαρχα είδη ήταν τα *Drassyllus praeficus*, *Zelotes solstitialis*, *Zelotes subterraneus*, *Pterotricha lentiginosa*, *Trachyzelotes lyonneti* και *Drassodes lutescens*. Από όλα τα παραπάνω μόνο το *Drassyllus praeficus* είναι κοινό ανάμεσα σε δύο από τους τρεις προαστικούς σταθμούς και κάθε σταθμός παρουσιάζει ξεχωριστό πρότυπο αφθονιών από τους υπόλοιπους. Το ίδιο πρότυπο απαντάται και στους περιαστικούς σταθμούς: μόνο το *Zelotes scrutatus* απαντάται σε δυο σταθμούς, και μετέπειτα κάθε δειγματοληπτικός σταθμός παρουσιάζει διαφορετική σύσταση όσο αφορά το ποσοστό των κυρίαρχων ειδών. Στο σταθμό στο Παλαιόκαστρο κυριαρχεί το *Haplodrassus creticus* και ακολουθεί το *Zelotes scrutatus*. Στο σταθμό στην Εθνική Μοιρών τα ποσοστά των αφθονιών είναι πιο ισοκατανεμημένα, αλλά είναι αξιοσημείωτο ότι συγκυριαρχούν πολλά είδη του γένους *Zelotes*. Παρόλα αυτά, το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί και σε προηγούμενη μελέτη στους πληθυσμούς των Gnaphosidae στην Κρήτη και ειδικότερα στα είδη του γένους *Zelotes* (Χατζάκη 2003). Τα δεδομένα της προαναφερθείσας μελέτης δεν παρέχουν ενδείξεις ότι τα είδη του γένους αυτού διαφοροποιούνται, τόσο χρονικά όσο και χωρικά, περισσότερο από τα μη συγγενικά είδη. Η χρονική επικάλυψη εκφράζει συγχρονισμό των ειδών στις σημαντικές βιολογικές τους δραστηριότητες, όπως είναι η αναπαραγωγή (Χατζάκη 2003). Ο συγχρονισμός αυτός αποτελεί ένδειξη απόκρισης των ειδών σε ένα εποχιακά μεταβαλλόμενο περιβάλλον, όπως το μεσογειακό (Stamou 1998) και στην πίεση που δέχονται τα είδη από τους κλιματικούς παράγοντες (Peake 1960). Επίσης η χωρική επικάλυψη των ειδών αποδίδεται και πάλι στο γεγονός της πολυφαγίας των αραχνών: μέσα στο χρόνο η συνεχής εναλλαγή στις γενιές των διαφόρων τάξεων εντόμων ή άλλων πιθανών θηραμάτων δεν αφήνει κενά στη διαθεσιμότητα τροφής, εφόσον υπάρχει ελαστικότητα στην επιλογή της (Χατζάκη 2003). Ως εκ τούτου η ενεργητική στρατηγική θήρευσης των συγκεκριμένων αραχνών τις αναγκάζει να είναι πιο κινητικές στο χώρο και άρα πιο ομογενοποιημένες χωρικά. Για τον ίδιο λόγο εκτιμάται ότι ακόμα και σε επίπεδο μικροενδιαιτήματος, τα μέλη της συγκεκριμένης ομάδας δεν είναι ιδιαίτερα διαφοροποιημένα (Χατζάκη 2003).

Εκτός του αριθμού των κυρίαρχων ειδών σε κάθε σταθμό μελέτης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασαν κάποια πιο ειδικά στοιχεία. Ιδιαίτερη έκπληξη προκαλεί η απουσία του *Pterotricha lentiginosa* από το αστικό κέντρο και το γεγονός ότι συγκαταλέγεται στα κυρίαρχα είδη μόνο σε δύο από τους υπόλοιπους σταθμούς (προαστικός σταθμός 2 και περιαστικός σταθμός 2). Η Χατζάκη (2003) είχε καταλήξει στο ότι το συγκεκριμένο είδος είναι κυρίαρχο σε ολόκληρη την Κρήτη. Επίσης πολύ σημαντική είναι και η κυριαρχία του *Urozelotes rusticus* στον αστικό πυρήνα και η παρουσία στο αστικό κέντρο κυρίως κοσμοπολίτικων ειδών, σε σχέση με τις υπόλοιπες ζώνες όπου εμφανίζονται πλέον περισσότεροι αντιπρόσωποι των

αυτόχθονων ειδών. Οι μελέτες διαβάθμισης αστικών-περιαστικών ζωνών έχουν δείξει σε πολλές ομάδες οργανισμών, όπως για παράδειγμα σε φυτά (Kowarik 2008) σε πτηνά και πεταλούδες (Blair and Launer 1997), ότι ο αριθμός των μη-τοπικών ειδών αυξάνεται στα κέντρα αστικοποίησης, ενώ ο αριθμός των γηγενών ειδών μειώνεται. Ως εκ τούτου η αστικοποίηση επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη σύνθεση των ειδών. Μέσα στις πόλεις οι βιοκοινότητες διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από τις περιβάλλουσες περιοχές (Grimm *et al*. 2008). Στα περισσότερο διαφοροποιημένα τάξα όπως οι αράχνες και τα κολεόπτερα εξαφανίζεται μεγαλύτερο ποσοστό των αρχικών ειδών με την αστικοποίηση (McIntyre *et al*. 2001; DeStefano & DeGraaf 2003). Μια πιθανή εξήγηση για αυτό είναι το γεγονός ότι πιο διαφοροποιημένα τάξα έχουν περισσότερο εξειδικευμένα είδη που δεν μπορούν να επιβιώσουν στις αστικές συνθήκες. Ως εκ τούτου η πανιδική σύσταση των βιοκοινοτήτων τείνει προς πιο γενικευμένα-κοσμοπολίτικα είδη και κυρίως αυτά που παρουσιάζουν μεγαλύτερη αναπαραγωγική ικανότητα, αλλά και μεγάλες ικανότητες διασποράς (DeStefano & DeGraaf 2003; Moller 2009). Αυτά τα είδη στις περισσότερες περιπτώσεις εμφανίζονται σε μεγαλύτερες αφθονίες στα αστικά οικοσυστήματα σε σχέση με τις περιβάλλουσες ζώνες (McKinney 2002; Pickett *et al*. 2011). Σε μια εργασία του ο Moller (2009) υπέθεσε ότι τα κοσμοπολίτικα είδη, με μεγάλες ικανότητες διασποράς και γρήγορους κύκλους ζωής θα ευνοούνταν στα αστικά οικοσυστήματα. Σε μελέτες εδαφικών Νηματωδών φάνηκε ότι μπορεί η ποικιλότητα τους να μην επηρεάζεται σημαντικά στις διαφορετικές ζώνες διαβάθμισης, αλλά αλλάζει η σύνθεση των λειτουργικών ομάδων. Στο αστικό υπέδαφος παρατηρούνται χαμηλότερες αφθονίες από είδη που ανήκουν στα ψηλότερα τροφικά επίπεδα σε σχέση με τις περιαστικές περιοχές. Στην εργασία των McKinney (2006) υποστηρίζεται η άποψη ότι οι πόλεις δρουν σαν «δυνάμεις ομογενοποίησης» και ευνοούν την επικράτηση «ειδών προσαρμοσμένων στα αστικά περιβάλλοντα-urban adapters», που γίνονται κοινά στις πόλεις σε παγκόσμια κλίμακα. Επιπλέον μια ομάδα αυτοχθόνων ειδών (αυτά που είναι προσαρμοσμένα σε πιο ακραίες συνθήκες) γίνονται τοπικά αφθονότερα εις βάρος άλλων αυτοχθόνων ειδών (McKinney 2006). Πολλά από αυτά είναι υπολειμματικά γηγενή είδη, κάποια από τα οποία είναι συνάνθρωπα και γενικευμένα είδη. Άλλα είναι λιγότερο ανθεκτικά και οι πληθυσμοί τους μειώνονται σε μεγάλο βαθμό (McKinney 2002). Επίσης έχει παρατηρηθεί ότι οι βιοκοινότητες των αστικών οικοσυστημάτων αντιπροσωπεύονται μόνο από ένα μικρό ποσοστό των ειδών που υπάρχουν και στα φυσικά οικοσυστήματα κοντά στις αστικές περιοχές (Luniak 2004; Marzluff 2005), ενώ υπάρχουν γενικευμένα είδη τα οποία επωφελούνται από τις αλλαγές που προκαλεί η αστικοποίηση και τα είδη αυτά εποικίζουν ή/και εισβάλλουν στα αστικά οικοσυστήματα (McIntyre 2001). Αυτό μπορεί να δικαιολογεί και την απουσία του *Pterotricha lentiginosa* από το κέντρο της πόλης, ως αποτέλεσμα του ανταγωνιστικού αποκλεισμού από το *Urozelotes rusticus*.

Τα αποτελέσματα έδειξαν συγκριτικά χαμηλές τιμές ᾱ ποικιλότητας και α χρονικής ποικιλότητας (α%) σε όλους τους αστικούς σταθμούς, ενώ στους προαστικούς και περιαστικούς σταθμούς οι τιμές είναι υψηλότερες. Εφόσον η ᾱ ποικιλότητα εκφράζει το μέσο αριθμό ειδών σε κάθε δειγματοληψία σε κάθε σταθμό, οι χαμηλές τιμές της στο αστικό κέντρο υποδεικνύουν και σε αυτή την περίπτωση το χαμηλό πλούτο ειδών που παρατηρείται στη ζώνη αυτή. Η α% χρονική ποικιλότητα εκφράζει τον αριθμό των δραστήριων ειδών σε κάθε δειγματοληπτική περίοδο. Χαμηλές τιμές αυτού του δείκτη έχουν συσχετιστεί με φαινόμενα ανταγωνιστικού αποκλεισμού από ανταγωνιστικότερα είδη, αλλά και με στενά φαινολογικά πρότυπα (Wise 1993; Marshall & Rypstra 1999; Zamora *et al*. 2007; Καλτσάς 2010). Ως εκ τούτου οι μικρές τιμές του α% στον αστικό πυρήνα εκφράζουν την κυριαρχία του *Urozelotes rusticus* και το γεγονός ότι στους αστικούς σταθμούς το φαινολογικό πρότυπο καθορίζεται αποκλειστικά από το είδος αυτό. Αντίθετα οι υψηλότερες τιμές του α% αντικατοπτρίζουν χαμηλή μεταβλητότητα στη σύνθεση των ειδών και πιθανότατα οφείλονται στο πιο αδρό φαινολογικό πρότυπο που δε συσχετίζεται μόνο με τη φαινολογία ενός κυρίαρχου είδους αλλά με το συνδυασμό της φαινολογίας πολλών κυρίαρχων ειδών (Zamora *et al*. 2007; Καλτσάς 2010), ενώ επίσης παρατηρούνται και είδη που να είναι δραστήρια καθόλη τη διάρκεια του έτους (όπως τα *Pterotricha lentiginosa* και *Anagraphis pallens*). Μια άλλη σημαντική παρατήρηση είναι οι σχετικά υψηλές τιμές της χρονικής β ποικιλότητας (ή χρονικής εναλλαγής, β_t) που παρατηρούνται στους σταθμούς του αστικού κέντρου σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς. Η χρονική εναλλαγή δείχνει το πώς μεταβάλλεται η σύνθεση των ειδών από δειγματοληπτική περίοδο σε δειγματοληπτική περίοδο. Όσο ψηλότερες είναι οι τιμές της τόσο διαφορετική είναι η σύνθεση της αραχνοπανίδας από μήνα σε μήνα. Οι ψηλές τιμές της στο αστικό κέντρο οφείλονται στην παρατήρηση ότι στους σταθμούς αυτούς υπάρχουν λίγα είδη (κυρίως τα *Urozelotes rusticus* και *Nomisia excerpta*) με στενά φαινολογικά πρότυπα, ενώ η δραστηριότητά τους που περιορίζεται σε μια εποχή του έτους. Ως εκ τούτου παρατηρείται μεγάλη απόκλιση στη δραστηριότητα των ειδών από τον ένα μήνα στον επόμενο. Οι υψηλές τιμές της χρονικής εναλλαγής έχουν συσχετιστεί με την υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων που υπόκεινται ταχύτατες περιβαλλοντικές αλλαγές ή έντονη όχληση (που στην περίπτωση της μελέτης αυτής σχετίζονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα και την αστικοποίηση) (Romanuk & Kolasa 2001). Η χρήση της χρονικής β ποικιλότητας ή «δείκτη δυναμικής» (dynamics index) (Romanuk & Kolasa 2001) στην οικολογία διατήρησης δίνει τη δυνατότητα να χαρακτηριστούν τύποι συναθροίσεων και να συγκριθούν διαφορετικά (ή και όμοια, όπως στην παρούσα διατριβή) ενδιαιτήματα για την ερμηνεία της ποικιλότητας, με το χρόνο να αποτελεί σημαντικό παράγοντα. Συνεπώς, οι ζώνες διαταραχής διαφέρουν σημαντικά όσον αφορά τις χρονικές ιδιότητες των βιοκοινοτήτων τους. Από τις διαθέσιμες εργασίες έχει φανεί ότι η πολυπλοκότητα των αστικών οικοσυστημάτων, είναι πιθανότατα μικρότερη από των αντίστοιχων μη

αστικοποιημένων περιοχών (Rebele 1994) και σε αυτό πιθανότατα οφείλονται και οι χαμηλές τιμές α ποικιλότητας στους αστικούς σταθμούς. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι οι βιολογικές αλληλεπιδράσεις και ειδικότερα τα φαινόμενα ενδο-ειδικού ανταγωνισμού επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις βιοκοινότητες των αστικών ζωνών λόγω των διαταραχών που παρουσιάζονται (Rebele 1994).

Στην ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν δύο δείκτες ποικιλότητας, ο δείκτης Shannon που είναι ευαίσθητος σε ότι αφορά τις αλλαγές των σπάνιων ειδών σε μια βιοκοινότητα και ο δείκτης Simpson που είναι ευαίσθητος στις αλλαγές των κυρίαρχων ειδών στις βιοκοινότητες (Green 1999). Τα αποτελέσματα για το δείκτη Shannon δείχνουν ότι αυξάνεται από την αστική προς την περιαστική ζώνη, παρόλο που δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τρεις ζώνες. Ωστόσο οι δείκτες ποικιλότητας παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους δειγματοληπτικούς σταθμούς. Οι αστικοί σταθμοί δεν παρουσιάζουν διαφοροποίηση μεταξύ τους και όπως είδαμε οι πολύ χαμηλές τιμές του δείκτη Shannon (κοντά στο 1,5) υποδηλώνουν χαμηλό πλούτο ειδών, ενώ αντίθετα οι ψηλές τιμές του δείκτη Simpson κυριαρχία ενός ή λίγων ειδών. Στην ομάδα των προαστικών σταθμών παρατηρούνται κάποιες ενδοομαδικες διαφορές και ειδικότερα φαίνεται ότι ο προαστικός σταθμός 3 διαφέρει από τους υπόλοιπους. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο σταθμό αυτό παρατηρείται παρόμοιο πρότυπο κυρίαρχων ειδών όπως και στους αστικούς σταθμούς. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται η ποσοτική κυριαρχία δυο ειδών του *Trachyzelotes lyonneti* (52,85%) και του *Drassodes lutescens* (24,64%). Αυτό μπορεί να οφείλεται στη χαμηλή συλληψιμότητα τόσο ειδών όσο και ατόμων στο σταθμό αυτό που πιθανότατα οδηγούν σε σφάλματα στις στατιστικές αναλύσεις. Παρόλα αυτά έχει παρατηρηθεί και σε παλαιότερες μελέτες (Grimm *et al*. 2008) ότι ο πλούτος ειδών σε οποιοδήποτε επίπεδο διαταραχής επηρεάζεται από την έκταση του υπό μελέτη ενδιαιτήματος σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, αλλά και από τις χρόνιες αλλαγές που υφίσταται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι αστικές περιοχές είναι δυναμικές, επεκτείνονται και αλλάζουν ακόμη και μέσα στα όρια τους. Αυτό επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα ενδιαιτήματα αλλά και τους διαθέσιμούς πόρους σε κάθε συγκεκριμένη χρονική περίοδο (Grimm *et al*. 2008). Στα όρια των ζωνών διαταραχής επειδή παρουσιάζονται λοιπόν συνεχείς αλλαγές λόγω της αυξανόμενης ανάπτυξης, το τοπίο αλλάζει διαρκώς και ως εκ τούτου επηρεάζει σημαντικά τον πλούτο των ειδών στις περιοχές αυτές. Οπότε σε αυτές τις μεταβατικές περιοχές παρατηρείται μείωση της βιοποικιλότητας ενώ με την εξάπλωση κυρίως του αστικού κέντρου και των προαστικών ζωνών παρουσιάζονται ευκαιρίες για ορισμένα είδη να εκμεταλλευτούν τους νέους πόρους (DeStefano & DeGraaf 2003). Ως εκ τούτου ο μειωμένος πλούτος ειδών που παρουσιάζεται στον τρίτο προαστικό σταθμό, αλλά και η υπερκυριαρχία του *Trachyzelotes lyonetti* που παρατηρείται, πιθανώς σχετίζεται με τη μεγάλη ανάπτυξη που παρατηρείται στην

περιοχή αυτή και που ίσως επηρεάζει την πανίδα της περιοχής με παρόμοιο τρόπο όπως και στο αστικό κέντρο. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ των περιαστικών σταθμών. Μόνο στο σταθμό στην Εθνική Μοιρών παρατηρήθηκε μια πιο ισοκατανεμημένη παρουσία ειδών, ενώ στο σταθμό στο Παλαιόκαστρο παρατηρείται η κυριαρχία τεσσάρων ειδών (*Haplodrassus creticus*, *Zelotes scrutatus*, *Anagraphis pallens* και *Callilepis cretica*). Στον τρίτο περιαστικό σταθμό στο Κοκκίνι Χάνι είναι χαρακτηριστικό ότι κυριαρχεί σε μεγάλο ποσοστό το *Pterotricha lentiginosa* και ακολουθεί το *Drassodes lutescens*. Η υπερκυριαρχία του *Pterotricha lentiginosa* στον σταθμό αυτό μπορεί να σχετίζεται με φαινόμενα άλλων μορφών διαταραχής. Δεδομένου ότι σε αυτόν τον σταθμό παρατηρήθηκαν περιττώματα ζώων και πολύ χαμηλοί θάμνοι , η βόσκηση είναι πιθανώς η αιτία που οδήγησε σε αυτό το πρότυπο υπερκυριαρχίας του είδους αυτού. Παρατηρούμε λοιπόν οι διαφορές στη σύνθεση και τη δομή των βιοκοινοτήτων αντικατοπτρίζουν και τις συνθήκες διαταραχής ή ανάπτυξης που μπορεί να παρουσιάζονται στα οικοσυστήματα. Ένα φαινόμενο διαταραχής, ανεξάρτητα από το αίτιο που την προκαλεί (αστικοποίηση, βόσκηση, πυρκαγιές), τείνει να οδηγεί σε αύξηση στα ποσοστά αφθονιών και σε κυριαρχία συγκεκριμένων ειδών, τα οποία είναι ανταγωνιστικότερα σε σχέση με κάποια άλλα είδη (Lande *et al*. 2000; Preston 1980). Οι αστικοί σταθμοί στην πλειονότητα των συγκρίσεων που έγιναν διαφέρουν από τους προαστικούς σταθμούς αλλά και από τους περιαστικούς, ενώ επίσης παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές και στη σύγκριση προαστικών-περιαστικών σταθμών. Ο δείκτης Shannon αυξάνεται καθώς αυξάνονται τα είδη στη βιοκοινότητα (Solow 1993), ως εκ τούτου παρατηρούμε ότι μπορεί να μην υπάρχουν στατιστικές διαφορές, αλλά υπάρχουν ενδείξεις ότι ο πλούτος ειδών στο αστικό κέντρο είναι μικρότερος σε σχέση με την περιαστική ζώνη. Ο δείκτης Simpson δε φάνηκε να παρουσιάζει κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο στα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης ενώ οι τιμές του κυμαίνονταν από 0,738-0,802 . Ο δείκτης αυτός παίρνει τιμές από 0 (σε δείγματα με μεγάλη ποικιλομορφία) σε 1 (για δείγματα που χαρακτηρίζονται από κυριαρχία λίγων ειδών) (Solow 1993; Green 1999; Clarke & Warwick 2001). Ως εκ τούτου λόγω του ότι ο δείκτης παίρνει σχετικά μεγάλες τιμές σε όλες τις υπό μελέτη ζώνες, συμπεραίνουμε ότι κυριαρχούν ένα ή μερικά από τα παρόντα είδη σε κάθε βιοκοινότητα, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τα ποσοστά αφθονιών των κυρίαρχων ειδών που συζητήθηκαν προηγουμένως και καταδεικνύουν ότι όντως κυριαρχούν λίγα είδη σε σύγκριση με τη συνολική συλληψιμότητα κάθε σταθμού. Στα αστικά κέντρα η υποβάθμιση και ο κατακερματισμός των ενδιαιτημάτων επηρεάζει σημαντικά την σύνθεση και την κατανομή των ειδών στις βιοκοινότητες. Στους αστικούς πυρήνες δεν μειώνεται μόνο ο πλούτος των ειδών, αλλά έχει παρατηρηθεί σε πολλές περιπτώσεις ότι τα συνάνθρωπα είδη συχνά αντικαθιστούν πολλά από τα αυτόχθονα είδη (Shochat *et al*. 2004; McKinney 2006). Ως συνέπεια αυτού, η κανονικότητα στις βιοκοινότητες και η αφθονία μειώνεται καθώς τα συνάνθρωπα αυτά είδη αυξάνονται σε σχετικές

αφθονίες και κυριαρχούν στις αστικές βιοκοινότητες (McIntyre *et al*. 2001; Shochat *et al*. 2004; Faeth *et al*. 2011). Το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί και στα πτηνά (Blair & Johnson 2008; Chase & Walsh 2006). Συμπερασματικά παρατηρούμε ότι τα πρότυπα αυτά υποδεικνύουν ότι στις αστικές βιοκοινότητες υπάρχει μια τάση να κυριαρχούν λίγα είδη, ενώ καθώς απομακρυνόμαστε από τον πυρήνα η τάση αυτή μειώνεται.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης πολυμεταβλητών ανέδειξαν για άλλη μια φορά τη διαφορά στη σύνθεση των βιοκοινοτήτων στα αστικά οικοσυστήματα σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές, αφού οι σταθμοί αυτοί εμφανίζονται εμφανώς απομονωμένοι σε σχέση με τους σταθμούς των υπόλοιπων ζωνών. Αντίθετα οι προαστικοί σταθμοί και οι περιαστικοί σταθμοί ομαδοποιήθηκαν περίπου μαζί, ενώ ο μοναδικός σταθμός που διαχωρίζεται από όλους είναι και πάλι ο προαστικός σταθμός 3. Αυτό όπως προαναφέρθηκε πιθανότατα οφείλεται στο χαμηλό αριθμό συλλήψεων ατόμων και ειδών που παρατηρήθηκε σε αυτό το σταθμό. Στη μελέτη των Magura *et al*. (2004, 2008) για τις βιοκοινότητες των Carabidae στην ίδια ανάλυση οι αστικοί σταθμοί διαχωρίζονται από τις υπόλοιπες ζώνες, ενώ επίσης οι προαστικοί και περιαστικοί σταθμοί παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιότητα. Αυτό επιβεβαιώνει την άποψη ότι η αστικοποίηση προκαλεί παρόμοιες και έντονες αλλαγές στις βιοκοινότητες τόσο των Carabidae (Alaruikka *et al*. 2002; Niemela *et al*. 2002; Ishitani *et al*. 2003; Magura *et al*. 2004, 2008), όσο και των Gnaphosidae. Είναι γεγονός ότι διαφορετικά είναι τα είδη που εμφανίζονται να ομαδοποιούν κάθε ζώνη ξεχωριστά. Οι σταθμοί της αστικής ζώνης παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα μεταξύ τους και το μεγαλύτερο ποσοστό οφείλεται κυρίως στο είδος *Urozelotes rusticus* (33,83%) και σε μικρότερο ποσοστό στα είδη *Nomisia excerpta* (21,10%), γεγονός που δεν εκπλήσσει ιδιαίτερα αφού είναι τα δύο κυρίαρχα και χαρακτηριστικά πλέον είδη της αστικής ζώνης. Σημαντική φαίνεται να είναι και η συνεισφορά του *Drassodes serratichelis* (13,50%). Το *Drassodes serratichelis* δε συλλέχθηκε σε μεγάλες αφθονίες στα φυσικά οικοσυστήματα της Κρήτης και μέχρι τώρα χαρακτηρίζεται σαν ένα είδος που δεν είναι πολύ κοινό στην Κρήτη (Χατζάκη 2003). Στους σταθμούς της προαστικής ζώνης ο βαθμός ομοιότητας είναι μικρότερος (30,29%). Το μεγαλύτερο ποσοστό της ομοιότητας αυτής οφείλεται στο είδος *Trachyzelotes lyonneti*, ένα τουρανο-μεσογειακό είδος που φαίνεται ότι σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με υγρές περιοχές. Ακολουθεί το *Drassyllus praeficus* με μικρότερο ποσοστό συνεισφοράς (10,24%), ενώ το είδος αυτό είναι ευρείας εξάπλωσης στην Κρήτη και θεωρείται και αυτό ένα από τα πιο άφθονα είδη της Κρήτης (Χατζάκη 2003). Ανάμεσα στους σταθμούς της περιαστικής ζώνης παρατηρείται ποσοστό ομοιότητας 35%, δεν υπάρχει κάποιο είδος που να συνεισφέρει με μεγάλη διαφορά στη διαμόρφωση του ποσοστού αυτού. Τα είδη που συνεισφέρουν περισσότερο είναι τα *Zelotes scrutatus*, *Anagraphis pallens*, *Nomisia excerpta*, *Haplodrassus creticus* και σε λιγότερο βαθμό το *Pterotricha*

lentiginosa. Τα παραπάνω είδη είναι όλα αρκετά κοινά είδη στην Κρήτη, κυρίως στις πεδινές περιοχές. Όσον αφορά την ανομοιότητα μεταξύ των διαφορετικών ζωνών υπάρχουν κάποια πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Πρώτον ο βαθμός ανομοιότητας των ζωνών μεταξύ τους κυμαίνεται με μεγάλα ποσοστά γεγονός που αντικατοπτρίζει για άλλη μια φορά τις διαφορές στη σύνθεση των ειδών στις ζώνες διαταραχής. Σημαντικό επίσης είναι το γεγονός ότι το κύριο είδος που διαφοροποιεί τις αστικές ζώνες από τις υπόλοιπες είναι το *Urozelotes rusticus*. Εξίσου σημαντική είναι και η παρατήρηση ότι η διαφοροποίηση των περιαστικών ζωνών από τις δύο άλλες ζώνες οφείλεται κατά κύριο λόγο στο είδος *Pterotricha lentiginosa* και σε λιγότερο βαθμό στο *Haplodrassus creticus*. Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα της ανάλυσης για την ανάδειξη ειδών-δεικτών. Συγκεκριμένα τα είδη *Urozelotes rusticus* και *Drassodes serratichelis* θεωρούνται χαρακτηριστικά των αστικών περιοχών. Για το *Urozelotes rusticus* υπάρχουν μελέτες που να υποστηρίζουν τον συνάνθρωπο χαρακτήρα του (Platnick & Murphy 1984). Το γεγονός ότι η ανάλυση ανέδειξε και το *Drassodes serratichelis* ένα από τα κυριότερα είδη-δείκτες αστικών περιοχών σε συνδυασμό με το γεγονός ότι στη μελέτη της Χατζάκη (2003) δε συλλέχθηκε σε μεγάλες αφθονίες, ίσως να είναι και αυτό ένδειξη ότι και το είδος αυτό είναι συνάνθρωπο. Επίσης πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι είδη-δείκτες των περιαστικών ζωνών είναι το *Callilepis cretica*, το *Leptodrassus femineus* και το *Trachyzelotes malkini*. Σύμφωνα με τη εργασία της Χατζάκη το *Leptodrassus femineus* είναι το πιο κοινό είδος του γένους *Leptodrassus* στην Κρήτη και αντίστοιχα το *Trachyzelotes malkini* το κοινότερο είδος του γένους *Trachyzelotes*. Το *Callilepis cretica* σύμφωνα με την εργασία της ίδιας συγγραφέως είναι ένα πολύ κοινό είδος στα υπο-αλπικά οικοσυστήματα. Παρόλο που ίσως αναμενόταν και η ανάδειξη του *Pterotricha lentiginosa* σαν είδος-δείκτης λόγω της τόσο κοινής παρουσίας και της κυριαρχίας του είδους αυτού στις βιοκοινότητες της Κρήτης, όπως καταγράφηκε στις μέχρι τώρα μελέτες (Χατζάκη 2003, Chatzaki *et al*. 2005) η τιμή-δείκτης του είδους αυτού ήταν σχετικά χαμηλή σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη. Σύμφωνα με τον Andersen (1997) μια ομάδα βιο-δεικτών είναι επιτυχημένη όταν αντικατοπτρίζει τον τρόπο οργάνωσης μιας βιοκοινότητας. Η έντονη παρουσία και η μεγάλη αφθονία συγκεκριμένων ειδών στις διαφορές ζώνες διαταραχής, οδηγεί στον καθορισμό «ειδών-δεικτών» σε κάθε διαφορετικό επίπεδο διαταραχής (McIntyre 2000) Αυτό παρέχει μια σημαντική ικανότητα διάκρισης της ανθρώπινης επίδρασης και διαταραχής στις βιοκοινότητες. Εφόσον η αστική ανάπτυξη έχει αρνητικές επιδράσεις στους τοπικούς πληθυσμούς των βιοκοινοτήτων των αραχνών και επειδή σύμφωνα με τα αποτελέσματα μας φαίνεται ότι στο αστικό κέντρο κυριαρχούν περισσότερο κοσμοπολίτικα είδη, η παρουσία και η κυριαρχία τέτοιων ειδών (όπως τα *Urozelotes rusticus*, *Drassodes serratichelis* στην περίπτωση της παρούσας μελέτης) στα οικοσυστήματα θα αντικατοπτρίζει την παρουσία ανθρωπογενών διαταραχών σε αυτά, αλλά

ταυτόχρονα θα αποτρέπει την κυριαρχία άλλων που σε άλλες συνθήκες θα αναμενόταν να είναι παρόντα.

Με τις τροποποιημένες καμπύλες Lorenz δίνεται μία εικόνα της κατανομής του σωματικού μεγέθους και της αφθονίας των ειδών. Με βάσει τα αποτελέσματα των καμπύλων και του δείκτη ασυμμετρίας Lorenz δε φαίνεται να υπάρχουν διαφορές όσο αφορά την κατανομή του σωματικού μεγέθους στις βιοκοινότητες των αραχνών. Σε όλους τους δειγματοληπτικούς σταθμούς φαίνεται να επικρατούν τα μεγαλόσωμα ζώα. Οι Szyszko (1983), Gray (1989) και αργότερα οι Blake *et al.* (1994) έκαναν την υπόθεση ότι όταν αυξάνεται το επίπεδο διαταραχής και υποβάθμισης (π.χ. αστικοποίηση) αλλάζει η κατανομή των σωματικών μεγεθών προς επικράτηση των μικρότερου μεγέθους ειδών. Αυτό το πρότυπο μειωμένου σωματικού μεγέθους προέκυψε σε αρκετές μελέτες συναθροίσεων Carabidae σε συνθήκες αστικοποίησης ή διαταραχής (Alaruikka *et al.* 2002; Gaublomme *et al.* 2005; Magura *et al.* 2004, 2006; Lövei & Magura 2004; Ulrich *et al*. 2008; Καλτσάς 2010), αν και σε μερικές περιπτώσεις μόνο οριακά (Niemelä *et al.* 2000, 2002). Στις λίγες εργασίες που έγιναν σε βιοκοινότητες αραχνών δεν ανιχνεύτηκε κανένα πρότυπο μείωσης του σωματικού μεγέθους των αραχνών στη διαβάθμιση αστικοποίησης (Alaruika *et al*. 2002). Από την άλλη πλευρά στην εργασία των Miyashita *et al*. 1998, υποστηρίζεται ότι το μέγεθος του είδους *Nephila clavata* (Araneae: Nephilidae, αράχνες που ζουν σε ιστούς) ήταν ανάλογο με το μέγεθος του ενδιαιτήματος στο οποίο ζούσαν και ήταν μικρότερο στα μικρότερα ενδιαιτήματα. Ως εκ τούτου οι διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων πιθανότατα οφείλονται στις ιδιαιτερότητες που εμφανίζει η κάθε μελετούμενη ομάδα. Τα Gnaphosidae δραστηριοποιούνται στο έδαφος και παρουσιάζουν ένα γενικευμένο διατροφικό πρότυπο, και για το λόγο αυτό μπορεί να παρουσιάζουν ένα μεγάλο εύρος ανοχής στις περιβαλλοντικές αλλαγές χωρίς να αποκλείονται κάποια μεγέθη από τις βιοκοινότητες. Το γεγονός ότι επικρατούν ακόμη και μέσα στο αστικό κέντρο μεγαλόσωμα είδη οφείλεται όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στο φαινόμενο ότι στους σταθμούς αυτούς επικρατεί το *Urozelotes rusticus*, το οποίο είναι ένα σχετικά μεγάλο είδος Gnaphosidae. Συγκριτικά αναφέρεται ότι το μέσο μέγεθος του κεφαλοθώρακα του *Urozelotes rusticus* είναι 2,35 mm, ενώ αντίστοιχα του είδους *Pterotricha lentiginosa* που είναι ένα από τα μεγαλύτερα Gnaphosidae της Κρήτης είναι 2,95 mm.Ως εκ τούτου οι καμπύλες στη παρούσα μελέτη δεν υποστηρίζουν τη μείωση του σωματικού μεγέθους των Gnaphosidae στον αστικό πυρήνα εξαιτίας της κυρίαρχης παρουσίας αυτού του είδους.

Στις μελέτες της επίδρασης της αστικοποίησης, όσον αφορά τα Κολεόπτερα υποστηρίζεται η υπόθεση της μείωσης του σωματικού μεγέθους (Gray 1989). Σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν το μέσο σωματικό μέγεθος των Carabidae ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στις λιγότερο διαταραγμένες περιοχές (περιαστικές και προαστικές) σε σχέση με τις έντονα διαταραγμένες αστικές περιοχές (Alaruikka *et al*.

2002; Niemela *et al*. 2002; Magura *et al*. 2004, 2006). Παρόλο που οι λόγοι που οδηγούν σε αυτό το πρότυπο δεν είναι ακόμη ξεκάθαροι, έχουν διατυπωθεί διάφορες υποθέσεις. Σύμφωνα με τους Lovei & Sunderland (1996), οι κινητικές προνύμφες επηρεάζονται περισσότερο από τις μεταβαλλόμενες συνθήκες σε υποβαθμισμένα ενδιαιτήματα, ενώ οι Thorbek & Bilde (2004) υποστήριξαν ότι οι συνολικές αφθονίες σε δυσμενείς συνθήκες έχουν ως αποτέλεσμα αυξημένους ρυθμούς εξαφάνισης των μεγαλύτερων ειδών. Τα μικρά είδη Carabidae είναι συχνά μακρόπτερα, ενώ τα μεγάλα είδη είναι συχνά άπτερα και συνεπώς με μικρότερη ικανότητα διασποράς (Thiele 1977). Επίσης, μικρά r-επιλεγόμενα είδη αναμένεται να είναι πιο άφθονα σε υποβαθμισμένα ενδιαιτήματα, «μεταφέροντας» έτσι την κατανομή σωματικού μεγέθους προς τις τάξεις μικρότερου μεγέθους (Kotze & O'Hara 2003). Με βάση μία πιο πρόσφατη μελέτη (Ulrich *al.* 2008), οι κατανομές των σωματικών μεγεθών νεκροφάγων κολεοπτέρων έτειναν προς μείωση σε υποβαθμισμένες περιοχές, ενώ αυτές των θηρευτών τους παρέμεναν ανεπηρέαστες από το ενδιαίτημα. Οι Kobelt & Nentwig (2008) μελέτησαν τη διαφορά μέσου σωματικού μεγέθους στα ξενικά και στα γηγενή είδη αραχνών διαφόρων οικογενειών με δεδομένα από διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες. Κατέληξαν στο γεγονός ότι τουλάχιστον για κάποιες από αυτές (Theridiidae, Salticidae και Pholcidae) τα ξενικά είδη ήταν κατά κανόνα μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα γηγενή για κάθε οικογένεια. Τα δεδομένα τους υποστηρίζουν ότι τα μικρότερα είδη έχουν λιγότερες πιθανότητες επιβίωσης σε σχέση με τα μεγαλύτερα είδη κατά τη διαδικασία μεταφοράς τους, ενώ επίσης έχουν και λιγότερες πιθανότητες να επιβιώσουν και να εγκαθιδρύσουν πληθυσμούς στα καινούρια περιβάλλοντα (Kobelt & Nentwig 2008). Επίσης σε μια άλλη μελέτη υποστηρίζεται ότι η μείωση του σωματικού μεγέθους ισχύει μόνο όταν ληφθούν υπόψη τα εξειδικευμένα είδη στο κάθε υπό-μελέτη ενδιαίτημα, ενώ αντίθετα στα πιο γενικευμένα είδη αυτό δεν ισχύει λόγω της ικανότητας τους να εκμεταλλεύονται τους διαθέσιμους πόρους σε κάθε πιθανό ενδιαίτημα (Ishitani *et al*. 2003). Συμπερασματικά όμως όπως υποστηρίζεται και στη μελέτη των Ulrich *et al*. (2008) η υπόθεση της μείωσης του μέσου σωματικού μεγέθους δεν πρέπει να γενικεύεται.

Στην παρούσα μελέτη η δραστηριότητα των Gnaphosidae ήταν μέγιστη κατά τα τέλη άνοιξης με αρχές καλοκαιριού σε όλους τους σταθμούς μελέτης. Τα φαινολογικά πρότυπα δεν ήταν το ίδιο αυστηρά σε όλους τους σταθμούς. Στους σταθμούς του αστικού κέντρου τα Gnaphosidae ήταν δραστήρια κυρίως την ευνοϊκή περίοδο. Στους προαστικούς και περιαστικούς σταθμούς τα είδη δραστηριοποιούνταν σχεδόν καθόλη τη διάρκεια του έτους. Η μόνη εξαίρεση ήταν στον προαστικό σταθμό 3 στη Βιομηχανική περιοχή, που όμως όπως έχει προαναφερθεί συλλέχθηκε σχετικά μικρός αριθμός ατόμων οπότε τα αποτελέσματα για το σταθμό αυτό δεν έχουν την ίδια βαρύτητα όπως στους υπόλοιπους. Μια σημαντική επίσης παρατήρηση είναι ότι ενώ στους περιαστικούς και στους

προαστικούς σταθμούς παρατηρείται άμεση συσχέτιση του ποσοστού των δραστήριων ειδών σε σχέση με τη συνολικά αφθονία τους, στο αστικό κέντρο (και ειδικότερα κατά τους μήνες που παρατηρείται η μέγιστη δραστηριότητα των ατόμων) το ποσοστό των δραστήριων ειδών δεν συμβαδίζει με τη συνολική αφθονία των ατόμων. Συγκεκριμένα ενώ κατά την περίοδο αυτή παρατηρείται η μέγιστη δραστηριότητα των ατόμων, μόνο μικρό ποσοστό των υπαρχόντων ειδών στις βιοκοινότητες αυτές είναι δραστήριο. Ως εκ τούτου συμπεραίνουμε ότι η φαινολογία της οικογένειας στο αστικό κέντρο διαμορφώθηκε από τα κυρίαρχα είδη των περιοχών αυτών και πιο συγκεκριμένα στο κυρίαρχο είδος που ήταν το *Urozelotes rusticus*. Στο είδος αυτό οφείλεται το φαινολογικό πρότυπο που παρατηρείται στους σταθμούς του αστικού κέντρου, και όπου η μέγιστη δραστηριότητα παρατηρείται στα μέσα του καλοκαιριού. Παρατηρείται λοιπόν πάλι η κυριαρχία του είδους αυτού στο αστικό κέντρο που είναι τόσο έντονη που επηρεάζει το φαινολογικό πρότυπο της δραστηριότητας της οικογένειας στους σταθμούς αυτούς.

Στον πρώτο προαστικό σταθμό παρατηρούνται δύο κύριες αιχμές δραστηριότητας μία στις αρχές της άνοιξης που οφείλεται στο κυρίαρχο είδος *Drassyllus praeficus* και μία στα τέλη του καλοκαιριού που οφείλεται στο δεύτερο πιο άφθονο είδος το *Zelotes solstitialis*. Το φαινολογικό πρότυπο και των δύο ειδών είναι ακριβώς σύμφωνο και με τις προηγούμενες μελέτες που έγιναν στην περιοχή (Χατζάκη 2003; Chatzaki *et al*. 2005b). Στον δεύτερο προαστικό σταθμό ώριμα άτομα παρατηρούνται καθόλη τη διάρκεια του έτους. Οι διαδοχικές αιχμές δραστηριότητες που παρατηρούνται στους σταθμούς αυτούς ανήκουν στα *Zelotes subterraneus*, *Drassyllus praeficus*, *Pterotricha lentiginosa* και *Zelotes subterraneus* αντίστοιχα. Στους περιαστικούς σταθμούς 1 και 2 παρουσιάστηκε μία πιο παρατεταμένη περίοδος αιχμής, από την άνοιξη μέχρι και το φθινόπωρο. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στις διαφορετικές περιόδους αιχμής των τριών συγκυρίαρχων ειδών σε αυτούς τους σταθμούς (*Haplodrassus creticus*, *Zelotes scrutatus*, *Anagraphis pallens* και *Zelotes subterraneus*, *Zelotes scrutatus*, *Zelotes caucasius*,αντίστοιχα). Αντίθετα στον τρίτο περιαστικό σταθμό εμφανίζεται ένα πιο αυστηρό φαινολογικό πρότυπο (η δραστηριότητα των ατόμων στον σταθμό παρατηρείται κυρίως κατά την καλοκαιρινή περίοδο) που σχετίζεται με την κυριαρχία δύο μόνο ειδών (*Pterotricha lentiginosa* και *Drassodes lutescens*). Σύμφωνα με τη Χατζάκη (2003) το *Zelotes subterraneus* είναι κοινότατο στην Κρήτη και είναι από τα λίγα που παραμένουν δραστήρια σχεδόν όλο το χρόνο, ενώ τα περισσότερα ώριμα άτομα πιάνονται στους περισσότερους σταθμούς κατά τους χειμερινούς μήνες. Στην παρούσα μελέτη, όμως, στους δυο σταθμούς που παρατηρήθηκε, η δραστηριότητα του είδους αυτού περιορίστηκε κατά τους χειμερινούς μήνες, με σχεδόν καμία εμφάνιση δραστηριότητας τους υπόλοιπους μήνες του χρόνου. Αυτό ίσως οφείλεται σε φαινόμενα ανταγωνισμού που τείνουν

να είναι πιο έντονα στη ζώνη αστικοποίησης, σε σχέση με τους πληθυσμούς των φυσικών περιοχών. Λόγω των περιορισμένων διαθέσιμων πόρων που παρατηρούνται στις ζώνες αυτές, τα αποτελέσματα του ανταγωνισμού τείνουν να γίνονται πιο έντονα στους πληθυσμούς των ζωνών αυτών (Marshall & Rypstra 1999). Σε κάθε περίπτωση όμως η περίοδος της μέγιστης δραστηριότητας παρατηρείται κυρίως στο τέλος της άνοιξης με αρχές καλοκαιριού, εκτός από τους σταθμούς όπου παρατηρείται και η παρουσία των ειδών *Zelotes subterraneus* και *Haplodrassus creticus* με χειμερινό πρότυπο δραστηριότητας.

Η εποχικότητα στη δραστηριότητα των αραχνών επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από τη φωτοπερίοδο και τη θερμοκρασία, σε συνδυασμό με τα όρια ανθεκτικότητας κάθε είδους στη θερμοκρασία και την υγρασία (Cloudsley-Thompson 1978) που είναι οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την επιβίωση τους (Wise 1993). Στη μελέτη των Radea (1993) που πραγματοποιήθηκε σε ένα πευκοδάσος στη Σκόπελο φάνηκε ότι σημαντικοί επίσης παράγοντες που επηρεάζουν τη δραστηριότητα των αραχνών, περισσότερο από τους αβιοτικούς παράγοντες, είναι η διαθεσιμότητα τροφής και οι αφθονίες των οργανισμών που αποτελούν τη λεία τους (όπως για παράδειγμα τα Δίπτερα, Ισόποδα, Θυσάνουρα, Ακάρεα, Κολλέμβολα και Ψωκόπτερα). Οι αβιοτικοί παράγοντες (όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία και η βροχόπτωση) φαίνεται ότι επηρεάζουν με έμμεσο τρόπο τις αφθονίες των αραχνών. Η πλειονότητα των ειδών φαίνεται ότι διαχειμάζουν σαν ανώριμα άτομα, και όχι σαν αυγά, για να είναι σε ετοιμότητα να εκμεταλλευτούν τη διαθέσιμη λεία τους στις αρχές της άνοιξης. Αυτό υποδεικνύει ότι παρά τη δριμύτητα του κλίματος κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ο καθοριστικός παράγοντας των βιολογικών κύκλων των αραχνών είναι η διαθεσιμότητα τροφής (Schaefer 1977). Η αυξημένη διαθεσιμότητα τροφής και φωτός στα τέλη της άνοιξης ενεργοποιεί την αναπαραγωγική δραστηριότητα των Αραχνιδίων και οδηγεί σε αύξηση της δραστηριότητας τους (Παράσχη 1988; Chatzaki *et al*. 2005b). Οι μελέτες που αναλύουν τα φαινολογικά πρότυπα των αραχνών σε επίπεδο οικογένειας αλλά και είδους είναι πολύ λίγες τόσο σε Μεσογειακά οικοσυστήματα όσο και στον ελληνικό χώρο (Παράσχη 1988; Chatzaki *et al*. 1998, 2005b; Χατζάκη 2003). Για την οικογένεια των Gnaphosidae η αιχμή της δραστηριότητας τους παρατηρείται κατά την ξηρή περίοδο του έτους, ανεξάρτητα από τη γεωγραφική τους θέση και τις κλιματικές συνθήκες (Chatzaki *et al*. 2005b). Η μόνη διαφορά μεταξύ των περιοχών είναι η ακριβής χρονική περίοδος και η διάρκεια της περιόδου αιχμής της δραστηριότητας, η οποία καθορίζεται κάθε φορά από τα κυρίαρχα είδη της υπό μελέτη περιοχής (Chatzaki *et al*. 2005b). Συνοψίζοντας τα παραπάνω δεδομένα τα φαινολογικά πρότυπα των Gnaphosidae στη ζώνη αστικοποίησης συμβαδίζουν με την προηγούμενη μελέτη της Χατζάκη (2003). Επίσης σύμφωνα με τη μελέτη αυτή ανάλογα με το φαινολογικό πρότυπο που παρουσιάζουν τα Gnaphosidae, μπορούν να εξαχθούν αποτελέσματα για την

στρατηγική επιβίωσης που ακολουθούν. Παρατηρούμε λοιπόν ότι το *Urozelotes rusticus* ανήκει στα είδη που εμφανίζουν στενόχρονο πρότυπο (αλλά με παρουσία καθ' όλη την ξηρή περίοδο) και ως εκ τούτου στην κατηγορία των ανταγωνιστών, οι οποίοι καταναλώνουν την περισσότερη ενέργειά τους κατά την ευνοϊκή περίοδο, είναι αποτελεσματικοί ανταγωνιστές και αποτελούν τους βασικούς θηρευτές άλλων αραχνών (Χατζάκη 2003). Για το λόγο αυτό κυριαρχεί και στα ενδιαιτήματα όπου δραστηριοποιείται. Το ίδιο φαίνεται να ισχύει και για το είδος *Pterotricha lentiginosa*. Αντίθετα τα είδη *Zelotes subterraneus* και *Haplodrassus creticus* που εμφανίζουν χειμερινό πρότυπο δραστηριότητας είναι καθολικοί θηρευτές αλλά αδυνατούν να ανταγωνιστούν άλλα είδη κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου (Χατζάκη 2003).

Γενικα Συμπερασματα

Συνοψίζοντας τα στοιχεία της παρούσας μελέτης, στο κεφάλαιο αυτό δίνονται τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν:

- Ο πλούτος ειδών των Gnaphosidae μειώνεται στο αστικό κέντρο σε σχέση με τις προ- και περι- αστικές ζώνες.
- Το πιο άφθονο και κυρίαρχο είδος στα αστικά οικοσυστήματα είναι το *Urozelotes rusticus*, ενώ από τους σταθμούς του αστικού κέντρου απουσιάζει το πιο κοινό είδος της Κρήτης το *Pterotricha lentiginosa*.
- Στο αστικό κέντρο κυριαρχούν περισσότερο κοσμοπολίτικά είδη, ενώ στις περαστικές ζώνες εμφανίζονται περισσότερα αυτόχθονα είδη.
- Στο αστικό κέντρο παρατηρούνται χαμηλότερες τιμές α ποικιλότητας (α%) και β χρονικής ποικιλότητας (β_t). Οι χαμηλές τιμές α% σχετίζονται με στενό φαινολογικό πρότυπο λίγων κυρίαρχων ειδών, ενώ ψηλές τιμές του β_t με υποβάθμιση των οικοσυστημάτων. Και οι δύο αυτοί δείκτες υποστηρίζουν την υποβάθμιση των αστικών οικοσυστημάτων και την υπερκυριαρχία στις περιοχές αυτές ενός είδους.
- Τα *Urozelotes rusticus* και *Drassodes serratichelis*, σύμφωνα και με την ανάλυση πολυμεταβλητών οικολογικών δεδομένων, θεωρείται δείκτης ένδειξης διαταραχής σχετιζόμενη με την αστικοποίηση.
- Η υπόθεση της μείωσης του μέσου σωματικού μεγέθους δεν υποστηρίζεται από τα δεδομένα και αυτό οφείλεται στην κυριαρχία του μεγαλόσωμου *Urozelotes rusticus* στους σταθμούς του αστικού κέντρου.
- Η φαινολογία των ειδών είναι παρόμοια με προηγούμενες μελέτες και η δραστηριότητα των Gnaphosidae εντοπίζεται στα τέλη άνοιξης με τέλη καλοκαιριού, εκτός των δύο χειμερινών ειδών *Zelotes subterraneus* και *Haplodrassus creticus*.
- Οι αράχνες και ειδικότερα η οικογένεια Gnaphosidae παρουσιάζεται σαν ιδανικό εργαλείο μελέτης της αστικοποίησης, λόγω της αποτελεσματικής ανίχνευσης των προτύπων και των επιδράσεων λόγω της αστικής ανάπτυξης.
- Ένα οποιοδήποτε φαινόμενο όχλησης ή διαταραχής επηρεάζει και τη σύνθεση των βιοκοινοτήτων των εδαφικών αραχνών. Αυτό αντικατοπτρίζεται στο μειωμένο πλούτο ειδών, στα στενά φαινολογικά πρότυπα και στην υπερκυριαχία μεμονωμένων ειδών που παρατηρούνται στους σταθμούς όπου υπάρχει οποιαδήποτε ένδειξη διαταραχής. Τέτοια φαινόμενα μπορεί να σχετίζονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα (αστικοποίηση) ή να οφείλονται σε κάποια άλλη όχληση.

Περιληψη

Η αστικοποίηση είναι ένας από τους κυριότερους τρόπους τροποποίησης του περιβάλλοντος, ενώ θεωρείται ότι προκαλεί όμοια πρότυπα σε διάφορα αστικά κέντρα σε όλες τις ηπείρους. Τα αστικά οικοσυστήματα είναι περιοχές που βρίσκονται κάτω από έντονη και συνεχή ανθρώπινη δραστηριότητα και επέμβαση. Οι πόλεις χαρακτηρίζονται από: την πιο πυκνοκατοικημένη και έντονα διαταραγμένη ζώνη –πυρήνα-, την λιγότερο διαταραγμένη «προαστιακή» ζώνη και την ελάχιστα διαταραγμένη «περιαστική» ζώνη. Ο πυρήνας μιας πόλης έχει αποδειχθεί ότι παρουσιάζει λιγότερο πλούτο ειδών σε σχέση με τις υπόλοιπες ζώνες. Το 1998 δημιουργήθηκε το πρόγραμμα GLOBENET με στόχο τη μελέτη της επίδρασης της αστικοποίησης σε διάφορες μεγάλες πόλεις του κόσμου χρησιμοποιώντας σαν οργανισμό μελέτης τα Κολεόπτερα. Στόχος της μελέτης αυτής είναι η επίδραση της αστικοποίησης στην εδαφική αραχνοπανίδα στην πόλη του Ηρακλείου Κρήτης. Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε η ίδια τυποποιημένη μεθοδολογία παγίδευσης όπως ορίζεται από το πρωτόκολλο του προγράμματος GLOBENET. Η συλλογή των δειγμάτων έγινε κατά την περίοδο Νοέμβριος 2009-Νοέμβριος 2010, ενώ χρησιμοποιήθηκαν παγίδες εδάφους που τοποθετήθηκαν στη διαβάθμιση αστικών-περιαστικών ζωνών. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής υποστηρίζουν ότι η αφθονία αλλά και ο συνολικός πλούτος των ειδών είναι μειωμένα στο κέντρο της πόλης, σε σύγκριση με τις προ- και περι- αστικές ζώνες. Επίσης διαφορές παρατηρούνται και στην σύσταση των βιοκοινοτήτων των εδαφικών αραχνών, αφού στον πυρήνα της πόλης φαίνεται να επικρατούν περισσότερο κοσμοπολίτικα είδη και κυρίως το *Urozelotes rusticus*. Επίσης παρατηρείται μείωση των αυτόχθονων ειδών κοντά στο αστικό κέντρο και είδη που θεωρούνται κοινά για την Κρήτη απουσιάζουν από τις αστικές πειροχές. Τέλος, η «Υπόθεση Μείωσης του μέσου σωματικού μεγέθους» δε φαίνεται να υποστηρίζεται βάσει των αποτελεσμάτων μας και αυτό οφείλεται στην κυριαρχία του μεγαλόσωμου *Urozelotes rusticus* στον αστικό πυρήνα.

Λέξεις κλειδιά: διαταραχή, αραχνοπανίδα, πλούτος ειδών, βιοποικιλότητα, σωματικό μέγεθος, αφθονία

English Summary

Global urbanization is a major force that causes alteration and loss of natural habitats. Urbanization creates habitats that exhibit considerably similar patterns throughout the world. Urban ecology is ecological research done in cities and towns. Urban ecosystems are strongly affected by humans and there is a continuum of decreasing human influence from city centers to wilderness. To study ecological changes along this continuum, researchers introduced the urban-rural gradient approach. The urban area (city center) refers to a densely populated, built-up, developed and often highly disturbed area that is surrounded by areas of decreasing development and habitation with moderate (suburban area) or light disturbance (rural area) level. The majority of the published papers studying the effects of urbanization on biodiversity investigated the ground beetles (Coleoptera: Carabidae). Studies analyzing other target invertebrates are limited. The aim of the study was to determine whether urbanization influences the biodiversity of ground spiders in the city of Heraklion in Crete. This study applies the urban-rural approach using the standardized methodology (pitfall trapping) as described by the Globenet project. Trapped spiders were collected monthly from November 2009 to the end of November 2010. The results supported the increasing disturbance hypothesis. Diversity, species richness and total spider abundance was lower in the urban areas, and higher in the rural areas. Our results supported the proposition that increased urbanization is associated with increased dominance. In the urban center a cosmopolitan and introduced species (*Urozelotes rusticus*) dominated. Furthermore the abundance of native species decreased from the rural area to the urban one, where cosmopolitan species gain dominance. Body size distributions of the urban sites appeared similar to the suburban and rural sites. Larger spiders dominated in the urban center as much as in suburban and rural areas. Thus the “Decreasing body size hypothesis” was not supported. This pattern was mainly caused by the dominance of the large species *Urozelotes rusticus* in the city.

Key Words: disturbance, species richness, abundance, body size, biodiversity

Βιβλιογραφια

Alaruikka, D., Kotze, D.J., Matveinen, K. and Niemela, J. 2002. Carabid beetle and spider assemblages along a forested urban-rural gradient in Southern Finland. *Journal of Insect Conservation*, 6: 195-206.

Andersen, A. and Eltun, R. 2000. Long-term developments in the carabid and staphylinid (Col., Carabidae and Staphylinidae) fauna during conversion from conventional to biological farming. *Journal of Applied Entomology*, 124: 51-56.

Adis, J., 1979. Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall traps. *Zoologischer Anzeiger*, 202(3/4): 177-184.

Alberti, M., Marzluff, J.M., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C. and Zumbrunnen, C. 2003. Integrating Humans Into Ecology: Opportunities and Challenges for Studying Urban Ecosystems. *Bioscience*, 53(12): 1169-1179.

Batschelet, E. 1981. *Circular statistics in biology.* Academic Press, London. 372pp.

Berry, B.L.J. 2008. *Urbanization*. In: Urban ecology: an international perspective on the interaction between humans and nature. Ed: Marzluff, J.M. Springer Science+Business Media. New York. USA. p: 25- 48.

Blair, R.B. 1996. Land Use and Avian Species Diversity Along an Urban Gradient. *Ecological Applications*, 6 (2): 506-519.

Blair, R.B. 1999. Birds and Butterflies along an Urban Gradient: Surrogate Taxa for Assessing Biodiversity? *Ecological Applications*, 9(1): 164-170.

Blair, R.B. and Johnson, E.M. 2008. Suburban habitats and their role for birds in the urban-rural habitat network: points of local invasion and extinction? *Landscape Ecology*, 23: 1157-1169.

Blair, R. B., and A. E. Launer. 1997. Butterfly diversity and human land use: species assemblages along an urban gradient. *Biological Conservation*, 80:113-125.

Blake, S., Foster, G.N., Eyre, M.D. and Luff, M.L. 1994. Effects of habitat type and grassland management practices on the body size distribution of carabid beetles. *Pedobiologia*, 38: 502-512.

Bolger, D. T., Suarez, A. V., Crooks, K. R. Morrison, S. A. and Case, T. J. 2000. Arthropods in urban habitat fragments in Southern California: area, age, and edge effects. *Ecological Applications*, 10: 1230-1248.

Bosmans, R. and Chatzaki, M. 2005. A catalogue of the spiders of Greece. A critical review of all spider species cited from Greece with their localities. *Arachnological contributions Nieuwsbrief van de Belgische Arachnologische Vereniging*, 20(2): p: 123.

Botkin, D.B. and Beveridge, C.E. 1997. Cities as environments. *Urban ecosystems*, 1: 3-19.

Breuste, J., Niemela, J. and Snep, R.P.H. 2008. Applying landscape ecological principles in urban environments, *Landscape Ecology*, 23: 1139-1142.

Briassoulis, H. 2003. Crete: Endowed by Nature, Privileged by Geography, Threatened by Tourism? *Journal of Sustainable Tourism*, 11 (2&3): 97-115.

Brignoli, P. M. 1978. Considerations zoogéographiques sur les Araignées cavernicoles de Grèce. *1er Symposium International sur la Zoogéographie et l' Ecologie de la Grèce et des Régions Avoisinantes. Biologia Gallo-hellenica* (1979) 8: 223-236.

Brignoli, P. M. 1985.Vue d' ensemble sur les araignées de Grèce (Araneae). *Biologia Gallo-hellenica*,10: 161-169.

Brignoli, P.M. 1986. Rapports Biogéographiques entre les Araignées des Balkans et du Moyen Orient (Araneae). *Biologia Gallo-hellenica* 12: 93-101.

Bristowe, W. S. 1935. The spiders of Greece and the adjacent islands. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1934: 733-788.

Buchholz, S. 2010. Ground spider assemplages as indicators for habitat structure in island sand ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, 19: 2565-2595.

Burger, J.C., Patten, M.A., Prentice, T.R. and Redak, R.A. 2001. Evidence for spider community resilience to invasion by non-native spiders. *Biologival Conservation*, 98: 241-249.

Burnham, K.P. and Overton, W.S. 1978. Estimation of the size of a closed population when capture probabilities vary among animals. *Biometrika*, 65: 623-633.

Burnham, K.P. and Overton, W.S. 1979. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. *Ecology*, 60: 927-936.

Cardoso, P. and Morano, E. 2010. The Iberian spider checklist (Araneae). *Zootaxa*, 2495: 1-52.

Cardoso, P., Silva, I., de Oliveira, N. G. and Serrano, A.R.M. 2004. Indicator taxa of spider (Araneae) diversity and their efficiency in conservation. *Biological Conservation*, 120: 517-524.

Chao, A. 1984. Non-parametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, 11: 265-270.

Chao, A. 1987. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics*, 43: 783-791.

Chase, J.M. and Walsh, J.J. 2006. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning*, 74: 46-69.

Chatzaki, M. 2008. A critical review of the spider family Gnaphosidae in Greece. *Advances in Arachnology and Developmental Biology*. Papers dedicated to Prof. Dr. Božidar Ćurčić. Eds: Makarov, S.E. and Dimitrijević, R.N. Inst. Zool., Belgrade; BAS, Sofia; Fac. Life Sci., Vienna; SASA, Belgrade & UNESCO MAB Serbia. Vienna — Belgrade — Sofia, Monographs, 12: 355-374.

Chatzaki, M. 2010. A revision of the genus Nomisia in Greece and neighboring regions with the description of two new species. *Zootaxa*, 2501: 1-22.

Chatzaki, M. 2010. New evidence on the least known zelotines (Araneae, Gnaphosidae) of Greece and adjacent regions. *Zootaxa*, 2564: 43-61.

Chatzaki, M. and Arnedo, M.A. 2006. Taxonomic revision of the epigean representatives of the spider subfamily Harpacteinae (Araneae, Dysderidae) on the island of Crete. *Zootaxa* , 1169: 1-32.

Chatzaki, M., Thaler, K. and Mylonas, M. 2002a. Ground spiders (Gnaphosidae, Araneae) of Crete (Greece). Taxonomy and distribution. I. *Revue suisse de Zoologie*, 109 (3): 553-601.

Chatzaki, M., Thaler, K. and Mylonas, M. 2002b. Ground spiders (Gnaphosidae, Araneae) of Crete and adjacent areas of Greece. Taxonomy and distribution. II. *Revue suisse de Zoologie*, 109 (3): 603-633.

Chatzaki, M., Thaler, K. and Mylonas, M. 2003. Ground spiders (Gnaphosidae, Araneae) from Crete and adjacent areas of Greece. Taxonomy and distribution. III: Zelotes and allied genera. *Revue suisse de Zoologie*, 110 (1): 45-89.

Chatzaki, M., Trichas, A., Markakis, G. and Mylonas, M. 1998. Seasonal activity of the ground spider fauna in a Mediterranean ecosystem (Mt Youchtas, Crete, Greece). In: Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology. Ed: Selden, P.A. Edinburgh. UK.

Chatzaki, M., Lymberakis, P. and Mylonas, M. 2005a. The distribution of ground spiders (Araneae, Gnaphosidae) along the altitudinal gradient of Crete, Greece: species richness, activity and altitudinal range. *The Journal of Biogeography*, 32: 813-831.

Chatzaki, M.,Mylonas, M. and Markakis, G. 2005b. Phenological patterns of ground spiders (Araneae, Gnaphosidae) on Crete, Greece. *Ecologia Mediterranea*, 31 (1): 33-53.

Chatzopoulou, E. and Chatzaki M. 2009. Taxonomic review of some Drassodes species from Greece and other East Mediterranean countries. In: Kropf, C. & Horak, P., Towards a natural history of arthropods and other organisms. In memoriam Konrad Thaler. Contributions to Natural History, 12(1): 349-361.

Chase, J.F. and Walsh, J.J. 2006. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning*. 74: 46–69.

Chen, K.C. and Tso, I.M. 2004. Spider diversity in Orchid Island, Taiwan: A comparison between habitats receiving different degrees of human disturbance. *Zoological Studies*, 43(3): 598-611.

Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117-143.

Clarke, K.R. and Green, R.H. 1988. Statistical design and analysis for a 'biological effects' study. *Marine Ecology Progress Series*, 46: 213-226.

Clarke K.R. and Warwick, R.M. 2001. *Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation.* 2nd Edition. PRIMER-E Ltd. Plymouth, UK.

Clarke, K.R. and Gorley, R.N. 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

Clench, H. 1979. How to make regional lists of butterflies: Some thoughts. *Journal of The Lepidopterists' Society*, 33: 216-231.

Cloudsley-Thompson, J.L. 1978. Biological clocks in Arachnida. *Bulletin of the British Arachnological Society*, 4: 184-190.

Collins, J.P., Kinzig, A., Grimm, N.B., Fagan, W.F., Hope, D., Wu, J. and Borer, W.T. 2000. A new urban ecology. *American Scientist*, 88: 416-425.

Colwell, R. K. 2006. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 8. User's Guide and application published at: http://purl.oclc.org/estimates.

Colwell, R.K. and Coddington J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society* (*London*), 345: 101-118.

Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1310.

Crawford, R.L. 1979. Autumn Populations of Spiders and Other Arthropods in an Urban Landfill. *Northwest Science*, 53 (1): 51-53.

Damgaard, C. and Weiner, J. 2000. Describing inequality in plant size or fecundity. *Ecology*, 81: 1139-1142.

de los Santos, A., Alonso, E.J., Hernández, E. and Pérez, A.M. 2002. Environmental correlates of darkling beetle population size (Col. Tenebrionidae) on the Cañadas of Teide in Tenerife (Canary Islands). *Journal of Arid Environments*, 50: 287-308.

DeStefano, S. and DeGraaf, R.M. 2003. Exploring the Ecology of Suburban Wildlife. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1 (2): 95-101.

Donelly, R. and Marzluff, J.M. 2006. Relative importance of habitat quantity, structure, and spatial pattern to birds in urbanizing environments. *Urban Ecosystems*, 9: 99-117.

Elek, Z. and Lovei. G.L. 2007. Patterns in ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages along an urbanization gradient in Denmark. *Acta Oecologica*, 32: 104-111.

Escobar, F., Lobo J.M. and Halffter, G. 2005. Altitudinal variation of dung beetle (Scarabaeidae: Scarabaeinae) assemblages in the Colombian Andes. *Global Ecology and Biogeography*, 14: 327-337.

Faeth, S.H., Bang, C. and Saari, S. 2011. Urban biodiversity: patterns and mechanisms. Annals of the New York Academy of Sciences, 1223: 69-81.

Faeth, S.H. and Kane, T.C. 1978. Urban biogeography: city parks as islands for Diptera and Coleoptera. *Oecologia*, 32: 127-133.

Fage, L. 1921. *Travaux scientifiques de l'Armee d'Orient* (1916-1918). Arachnides. Bulletin du Museum d'histoire naturelle. Paris: 96-102, 173-177, 227-232.

Foelix, R. F. 1996. *Biology of Spiders*. Second edition. Oxford University Press. Oxford, UK.

Foelmer, M. W. and Moya-Larano, J. 2007. *Sexual size dimorphism in spiders: patterns and processes*. In: Sex, Size, and Gender Roles-Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism. Eds: Fairbrain, D.J., Blanckenhorn, W.U. and Szekely, T. Oxford University Press, New York, USA.

Gaston, K.J. 2010. *Urban ecology*. In: Urban Ecology. ed: Gaston, K.J. Cambridge University Press. Cambridge, UK. p: 1-9.

Gaublomme, E., Dhuyvetter, H., Verdyck, P. and Desender, K. 2005. *Effects of urbanisation on carabid beetles in old beech forests*. In: *European carabidology* (DIAS Report 114) (Eds. Lövei G.L. & S. Toft): 111-123. Proc 11th Eur Carabidologists' Meeting, 21-24 July 2003, Århus, Denmark.

Gotelli, N.J. 2000. Null model analysis of species co-occurrence patterns. *Ecology*, 81: 2606-2621.

Gotelli, N.J. and Colwell, R.K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379-391.

Gray, J.S. 1989. Effects of environmental stress on species rich assemblages. *Biological Journal of the Linnean Society*, 37 (1&2): 19-32.

Green, J. 1999. Sampling method and time determines composition of spider collections. *The Journal of Arachnology*, 27: 176-182.

Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X. and Briggs, J.M. 2008. Global Change and the Ecology of Cities. *Science*, 319 (5864): 756-760.

Grimm, N. B., Grove, M., Pickett, S.T.A. and Redman, C. 2000. Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems. *BioScience*, 50: 571-584.

Gunterspergen, G,R and Levenson, J.B. 1997. Understory plant species composition in remnant strands along an urban –to-rural land-use gradient. *Urban Ecosystems*, 1: 155-169.

Hagstrum, D. W. 1971. Carapace width as a tool for evaluating the rate of development of spiders in the laboratory and the field. *Annals of the Entomological Society of America*, 64:757–760.

Heltshe, J. and Forrester, N.E. 1983. Estimating species richness using the jackknife procedure. *Biometrics*, 39: 1-11.

Hsieh, Y.L., Lin, Y.S., Tso, I.M. 2003. Ground spider diversity in the Kenting uplifted coral reef forest, Taiwan: a comparison between habitats receiving various disturbances. *Biodiversity and Conservation*, 12 (11): 2173-2194.

Ishitani, M., Kotze, D.J. and Niemela, J. 2003. Changes in carabid beetle assemblages across an urban-rural gradient in Japan. *Ecography*, 26: 481-489.

Jakob, E.M., Marshall, S.D. and Uetz, G.W. 1996. Estimating fitness: a comparison of body condition indices. *Oikos*, 77: 61–67.

Jackson, D.A., Somers, K.M. and Harvey H.H. 1989. Similarity coefficients: Measures of co-occurrence and association or simply measures of co-occurrence? *The American Naturalist*, 133(3): 436-453.

Klausnitzer, B. and Richter, K. 1983. Presence of an urban gradient demonstrated for carabid associations. *Oecologia*, 59: 79-82.

Kobelt, M. and Nentwig, W. 2008. Alien spider introductions to Europe supported by global trade. *Diversity and Distributions*, 14: 273-280.

Kotze, D.J. and O'Hara, R.B. 2003. Species decline-But why? Explanations of carabid beetle (Coleoptera: Carabidae) declines in Europe. *Oecologia*, 135: 138-148.

Kovach, W. 2004. Oriana v. 2.02a. Anglesey, Wales: Kovach Computing Services.

Kowarik, I. 2008. *On the Role of Alien Species in Urban Flora and Vegetation. In: Urban ecology: an international perspective on the interaction between humans and nature*. Ed: Marzluff, J.M. Springer Science+Business Media. New York. USA. p: 321-338.

Kulczynski, V. 1903. Aranearum et Opilionum species in insula Creta a Comite Dre. Carolo Attems collectae. *Bulletin de l' Academie des Sciences de Cracovie* 1903: 32-58.

Kuttler, W. 2008. *The Urban Climate: Basic and Applied Aspects. In: Urban ecology: an international perspective on the interaction between humans and nature*. Ed: Marzluff, J.M. Springer Science+Business Media. New York. USA. p: 233-248.

Lande, R., DeVries, P.J. and Walla, T.R. 2000. When species accumulation curves intersect: implications for ranking diversity using small samples. *Oikos*, 89 (3): 601-605.

Levine, J.M and D'Antonio, C.M. 2003. Forecasting Biological Invasions with Increasing International Trade. *Conservation Biology*, 17(1): 322-326.

Lockwood, J.L., Brooks, T.M. and McKinney, M.L. 2000. Taxonomic homogenization of the global avifauna. *Animal Conservation*, 3: 27-35.

Lorenz, M.O. 1905. Methods for measuring the concentration of wealth. *American Statistical Association*, 9: 209-219.

Lovei, G.L. and Magura, T. 2004. Body size changes in ground beetle assemblages - a reanalysis of Braun et al. (2004)'s data. *Ecological Entomology*, 31: 411-414.

Lovei, G.L. and Sunderland, K.D. 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*, 41:0231-256.

Luniak, M.J. 2008. *Fauna of the Big City-Estimating Species Richness and Abundance in Warsaw, Poland*. In: Urban ecology: an international perspective on the interaction between humans and nature. Ed: Marzluff, J.M. Springer Science+Business Media. New York. USA. p: 349-354.

Maelfait, J.P. and Hendrickx, F. 1998. *Spiders as bio-indicators of anthropogenic stress in natural and semi-natural hanitats in Flanders (Belgium): some recent developments*. In: Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology. Ed: Selden, P.A. Edinburgh. UK.

Magura, T., Horvath, R. and Tothmeresz, B. 2010. Effects of urbanization onground-dwelling spiders in forest patches, in Hungary. *Landscape Ecology*, 25: 621-629.

Magura, T., Tothmeresz, B. and Molnar, T. 2004. Changes in carabid beetle assemblages along an urbanization gradient in the city of Debrecen, Hungary. *Landscape Ecology*, 19: 747-759.

Magura, T., Tóthmérész, B. and Lövei, G.L. 2006. Body size inequality of carabids along an urbanisation gradient. *Basic and Applied Ecology*, 7: 472-482.

Magura, T., Tothmeresz, B. and Molnar, T. 2008. A species-level comparison of occurrence patterns in patterns carabid along an urbanization gradient. *Landscape and Urban Planning*, 86: 134-140.

Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford. P:256.

Mardia, K.V. and Jupp, P.E. 2000. *Statistics of directional data*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Chicester. 429pp.

Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or Why There is an Upper Limit to Diversity. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 44**:** 211–235.

Marshall, S.D. and Gittleman, J.L. 1994. Clutch size in spiders: is more better? *Functional Ecology*, 8: 118–124.

Marshall, S. D. and Rypstra, A. L. 1999. Spider competition in structurally simple ecosystems. *Journal of Arachnology*, 27**:** 343–350.

Marzluff, J.M. 2005. Island biogeography for an urbanizing world: how extinction and colonization may determine biological diversity in human-dominated landscapes. *Urban Ecosystems*, 8: 157-177.

Marzluff, J.M. 2001. *Worldwide urbanization and its effects on birds. In: Avian ecology and conservation in an urbanization world*. Eds: Mazluff, J.M., Bowman, R. and Donelly, R. Kluwer Academic. Norwell, Massachussets, USA. p: 19-47.

McArthur, R.H and Wilson, E.O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. p: 203.

McCune, B. and Mefford, M.J. 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA.

McDonnell, M.J. and Pickett, S.T.A. 1990. Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. *Ecology*, 71: 1232-1237.

McKinney, M.L. 2002. Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *Bioscience*, 52(10): 883-890.

McKinney, M.L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127: 247-260.

McKinney, M.L. 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystems*, 11: 261-176.

McIntyre, N.E. 2000. Ecology of urban arthropods: A review and a call to action. *Annals of the Entomological Society of America*, 93: 825-835.

McIntyre, N.E., Rango, J., Fagan. W.F. and Faeth, S.H. 2001. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Urban and Landscape Planning*, 52: 257-274.

Menke, S.B., Guenard, B., Sexton, J.O., Weiser, M.D, Dunn, R.R. and Silverman, J. 2011. Urban areas may serve as habitat and corridors for dry-adapted, heat tolerant species; an example from ants. *Urban Ecosystems*, 14: 135-163.

Miller, J.R. and Hobbs, R.J. 2007. Habitat restoration: do we know what we‘re doing? *Restoration Ecology*, 15: 382-390.

Miyashita, T., Shinkai, A. and Chid, T. 1998.The effects of forest fragmentation on web spider communities in urban areas. *Biological Conservation*, 86: 357-364.

Moller, A.P. 2009. Successful city dwellers: a comparative study of the ecological characteristics of urban birds in the Western Palearctic. *Oecologia*, 849-858.

Moreno, C.E. and Halffter, G. 2001. Spatial and temporal analysis of α, β and γ diversities of bats in fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation*, 10: 367-382.

Niemela, J. 1999. Is there a need for a theory of urban ecology? *Urban Ecosystems*, 3: 57-65.

Niemela, J., Kotze, J., Ashworth, A., Brandmayr, P., Desender, K., New, T., Penev, L., Samways, M. and Spence, J. 2000. The search for common anthropogenic impacts on biodiversity: a global network. *Journal of Insect Conservation*, 4: 3-9.

Niemela, J., Kotze, D.J., Venn, S., Penev, L., Stoyanov, I., Spence, J., Hartley, D. and De Oca, E.M. 2002. Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban-rural gradients: an international comparison. *Landscape Ecology*, 17: 387-401.

Nilon, C.H and Pais, R.C.1997. Terrestrial vertebrates in urban ecosystems: developing hypotheses for the Gwynns Falls Watershed in Baltimore, Maryland. *Urban Ecosistems*, 1: 247-257.

Olden, J.D. 2006. Biotic homogenization: a new research agenda for conservation biogeography. *Journal of Biogeography*, 23: 2027-2039.

Oke, T.R. 1973. City size and urban heat island**.** *Atmospheric Environment*, 7: 769-779.

Osborne, J. 2002. Notes on the use of data transformations. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 8(6): 1-8.

Palmer, M.W. 1990. The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*, 71: 1195-1198.

Panayiotou, E., Kaltsas, D., Seyyar, O. and Chatzaki, M. 2010. Revision of the genus Berinda (Araneae, Gnaphosidae) in the East Mediterranean with the description of two new species. *Zootaxa*, 2362: 42-54.

Parlange, M. 1998. The city as ecosystem: urban long-term ecological research projects aim to put the pieces together. *BioScience*, 48(8): 581-585.

Parlow, E. 2011. *Urban Climate*. In: Urban Ecology: patterns, processes, and applications. Ed: Niemela, J. Oxford University Press. New York, USA. p: 31-45.

Pavao-Zuckerman, M.A. and Coleman, D.C. 2007. Urbanization alters the functional composition, but not taxonomic diversity, of the soil nematode community. *Applied Soil Ecology*, 35: 329-339.

Peake, J. F. 1960. In: *Scolt Head Island (J. A. Steers Eds.), Heffers, Cambridge*: 246-259.

Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.I., Grove, J.M., Boone, S.G., Groffman, P.M., Irwin, E., Kaushal, S.S., Marshall, V., McGrath, B.P., Nilon, C.H., Pouyat, R.V., Szlavecz, K.,

Troy, A. and Warren, P. 2011. Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of progress. *Journal of Environmental Management*, 92: 331-362.

Picket, S.T.A, Cadenasso, M.I., Grove, J.M., Nilon, C.H, Pouyat, R.V., Zipperer, W.C. and Costanza, R. 2001. Urban Ecologica Systems: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32: 127-158.

Platnick, N. I. 2011. The world spider catalog, version 12.0. American Museum of Natural History, online at http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog. DOI: 10.5531/db.iz.0001.

Platnick, N. I. and Shadab, M.U. 1983. A revision of the American spiders of the genus *Zelotes* (Araneae, Gnaphosidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 174: 97-192.

Platnick, N. I. and Murphy, J.A. 1984. A revision of the spider genera *Trachyzelotes* and *Urozelotes* (Araneae, Gnaphosidae). *American Museum novitiates*, 2792: 1-30.

Preston, F.W. 1948. The commonness and rarity of Species. *Ecology*, 29 (3): 254-283.

Radea, C. 1993. Environmental factors that influence the temporal variation of predatory macroarthropods in the organic horizon of a Medoterranean pine forest. *Biologia Gallo-hellenica*, 20: 249-258.

Rebele, F. 1994. Urban Ecology and Special Features of Urban Ecosystems. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 4(6): 173-178.

Robbins, C.S., Sauer, J.R., Greenberg, R.S. and Droege, S. 1989. Population declines in North American birds that migrate to the neotropics. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 86: 7658-7662.

Roetzer, T., Wittenzeller, M., Haeckel, H. and Nekovar, J. 2000. Phenology in central Europe-differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. *International Journal of Biometeorology*, 40: 60-66.

Rohlf, F.J. 2008. NTSYSpc: Numerical Taxonomy System, ver. 2.20. Exeter Publishing, Ltd.: Setauket, NY.

Romanuk, T.N. and Kolasa, J. 2001. Simplyfuing the complexity of temporal diversity dynamics: A differentiation approach. *Ecoscience* 8 (2): 259-263.

Sauerwein, M. 2011. *Urban Soils-Characterization, Pollution, and Relevance ni Urban Ecosystems*. In: Urban Ecology: patterns, processes, and applications. Ed: Niemela, J. Oxford University Press. New York, USA. p: 45-58.

Schaefer, M. 1977. Winter ecology of spiders (Araneida). *Zeitschrift für angewandte Zoologie*, 83: 113-134.

Shochat, E., Stefanov, W.L., Whitehouse, M.E.A. and Faeth, S.H. 2004. Urbanization and Spider Diversity: Influences of Human Modification of Habitat Structure and Productivity. *Ecological Applications*, 14(1): 268-280.

Shochat, E., Warren, P.S., Faeth, S.H., McIntyre, N.E. and Hope, D. 2006. From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 21(4): 186-191.

Simon, E. 1914. Les arachnides de France 6. Synopsis général et catalogue des espèces françaises de l'ordre des Araneae. Roret, Paris: 1-308.

Smith, E.P. and van Belle, G. 1984. Nonparametric estimation of species richness. *Biometrics*, 40: 119-129.

Sneath, P.H. and Sokal, R.R. 1973. *Numerical Taxonomy*. Freeman, San Francisco. P: 57.

Solow, A.R. 1993. A simple test for change in community structure. *Journal of Animal Ecology*, 62: 191-193.

Sousa, W.P. 1984. The Role of Disturbance in Natural Communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15: 353-391.

Stamou, G. P. 1998. *Arthropods of Mediterranean-type ecosystems.* Springer, Berlin, NY, London. 141 pp.

Sukopp, H. 2008a. *On the early History of Urban Ecology in Europe*. In: Urban ecology: an international perspective on the interaction between humans and nature. ed: Marzluff, J.M. Springer Science+Business Media. New York. USA. p: 79-97.

Sukopp, H. 2008b. *The city as a Subject for Ecological Research*. In: Urban ecology: an international perspective on the interaction between humans and nature. Ed: Marzluff, J.M. Springer Science+Business Media. New York. USA. p: 281-298.

Szyszko, J. 1983. *State of Carabidae (Col.) fauna in fresh pineforest and tentative valorization of this environment.* SGGW-AG Monographs No. 28. Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, Poland

Thiele, H.U. 1977. *Carabid beetles and their environments*. *Zoo-physiology and ecology*. Springer. Heidelberg. Germany. P: 369.

Thorbek, P. and Bilde, T. 2004. Reduced numbers of generalist arthropods predators after crop management. *Journal of Applied Ecology*, 41: 526-538.

Tichy, L. and Chytry, M. 2006. Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science*, 17: 809-818.

Uetz, G.W. and Unzicker, J.D. 1976. Pitfall traping in ecological studies of wandering spiders. *Journal of Arachnology*, 3: 101-111.

Ulrich, W., Komosinski, K. and Zalewski, M. 2008. Body size and biomass distributions of carrion visiting beetles: do cities host smaller species? *Ecological Research*, 23: 241-248.

UNFPA. 2007. State of world population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth. Unites Nations Population Fund. 99pp.

Vitousek, P.M., D' Antonio, C., Loope, U.L. and Westbrooks, R. 1996. Biological Invasions as Global Environmental Change. *American Scientist*, 84 (5):468-478.

Vogiatzakis, I.N. and Rackham, O. 2008. *Crete*. In: Mediterranean Island Landscapes: Natural and Cultural Approaches. Eds: Vogiatzakis, I.N., Pungetti, G. and Mannion, A.M. Springer Science + Business Media. p: 245-270.

Wise, D.H. 1993. *Spiders in ecological webs*. Cambridge University Press. P: 344.

White, M.A., Nemani, R. R., Thornton, P.E. and Running, S.W. 2002. Satellite Evidence of Phenological Differences Between Urbanized and Rural Areas of the Eastern United States Deciduous Broadleaf Forest. *Ecosystems*, 5: 260-277.

White, P.S and Pickett, S.T.A. 1985. *Natural disturbance and patch dynamics: an introduction*. In: The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Eds: Pickett, S.T.A and White, P.S. Academic Press, Orlando. p: 3-13.

Whitehouse, M.E., Shochat, E., Shachak, M. and Lubin. 2002. The influence of scale and patchiness and spider diversity in a semi-arid environment. *Ecography*, 25: 395-404.

Zamora, J., Verdú, J.R. and Galante, E. 2007. Species richness in Mediterranean agroecosystems: Spatial and temporal analysis for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 134: 113-121.

Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th edition. New Jersey: Prentice Hall. 663pp.

Zipperer, W.C., Sisinni, S.M. and Pouyat, R.V. 1997. Urban tree cover: an ecological perspective. *Urban Ecosystems*, 1: 227-246.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βαρδινογιάννη, Κ. 1994. Βιογεωγραφία των χερσαίων μαλακίων στο νότιο νησιωτικό αιγαιακό τόξο. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή θετικών επιστημών, Τμήμα βιολογίας. σελ. 420.

Καλτσάς, Δ. 2010. Συγκριτική μελέτη της δομής βιοκοινοτήτων Κολεοπτέρων σε μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα στην Ανατολική Μεσόγειο. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Σχολή θετικών επιστημών, Τμήμα Βιολογίας. σελ. 260.

Μυλωνάς, Μ. 1982. Μελέτη πάνω στη ζωογεωγραφία και οικολογία των χερσαίων μαλακίων των Κυκλάδων. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή θετικών επιστημών, Τμήμα Βιολογίας. σελ. 236.

Παράσχη, Λ. 1988. Μελέτη των Αραχνών σε Οικοσυστήματα Μακίας της Νότιας Ελλάδας (Ηπειρωτικό – Νησιώτικο). Διδακτορική Διατριβή. Βιολογικό Τμήμα Πανεπιστημίου Αθηνών, Τομέας Οικολογίας Ταξινομικής, Αθήνα. σελ. 238.

Rackham, O. and Moody, J. 2004. Η δημιουργία του Κρητικού τοπίου. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. Ηράκλειο, Κρήτη. p:121-141.

Σημαιάκης, Σ. 2005. Συστηματική, βιογεωγραφία & στοιχεία οικολογίας των χειλοπόδων του νότιου Αιγαίου. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Σχολή θετικών επιστημών, Τμήμα Βιολογίας. σελ. 382.

Σφενδουράκης, Σ. 1994. Βιογεωγραφία, συστηματική και στοιχεία οικολογίας των χερσαίων ισοπόδων των νησιών του κεντρικού Αιγαίου. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή θετικών επιστημών, Τμήμα Βιολογίας. σελ. 293.

Τριχάς, Α. 1996. Οικολογία και βιογεωγραφία των εδαφικων Κολεοπτέρων στο νότιο Αιγαίο. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης. Τμήμα Βιολογίας. σελ. 525.

Χατζάκη, Μ. 1998. Συστηματική και φαινολογία των εδαφόβιων αραχνών του νησιωτικού συγκροτήματος Γαύδου-Γαυδοπούλας. Μεταπτυχιακή διατριβή, Παν/μιο Κρήτης, Ηράκλειο. σελ. 150.

Χατζάκη, Μ. 2003.Η εδαφική αραχνοπανίδα της Κρήτης (Οικογένεια: Gnaphosidae): Συστηματική, Οικολογία & Βιογεωγραφία. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Σχολή θετικών επιστημών, Τμήμα Βιολογίας. σελ. 452.

Παραρτημα

Πίνακας 1. Μέσος αριθμός ατόμων ανά 100 π/η των ειδών σε κάθε δειγματοληπτικό σταθμό της ζώνης διαταραχής.

	Αστικός σταθμός 1	**Αστικός σταθμός 2**	**Αστικός σταθμός 3**	**Προαστικός σταθμός 1**	**Προαστικός σταθμός 2**	**Προαστικός σταθμός 3**	**Περιαστικός σταθμός 1**	**Περιαστικός σταθμός 2**	**Περιαστικός σταθμός 3**
Anagraphis pallens	0,724	-	0,598	6,946	0,884	-	4,358	5,464	1,487
Berinda aegilia	0,347	0,313	-	-	-	-	-	-	-
Callilepis cretica	-	-	-	-	-	-	4,215	4,774	-
Camillina metellus	-	-	-	0,313	-	-	-	0,278	-
Cesonia aspida	-	-	-	-	-	-	-	-	0,616
Drassodes lapidosus	2,446	0,286	0,417	-	-	-	-	-	0,728
Drassodes lutescens	-	-	-	2,585	-	2,834	2,367	-	14,312
Drassodes serratichelis	4,936	0,625	0,313	-	-	-	-	0,333	-
Drassyllus praeficus	-	-	-	25,836	8,754	-	-	5,820	-
Drassyllus pumiloides	-	-	-	0,625	-	-	-	-	-
Haplodrassus creticus	-	-	-	-	0,374	-	12,543	-	5,540
Haplodrassus sp.	-	-	-	-	-	-	0,714	-	-
Leptodrassus albidus	-	-	-	11,214	0,938	-	0,333	1,215	-
Leptodrassus femineus	-	-	-	-	-	-	0,333	-	0,616
Leptopilos hadjissaranti	-	-	-	-	-	-	1,254	-	-
Leptopilos levantinus	0,313	-	0,313	0,357	0,286	-	-	-	-
Leptopilos manolisi	-	-	-	-	-	-	0,333	-	-
Micaria Aphantaulax sp	0,286	-	-	0,286	-	-	-	-	-
Micaria coarctata	0,313	-	-	-	-	-	-	5,237	0,690

Πίνακας 1. (συνέχεια)

	Αστικός σταθμός 1	Αστικός σταθμός 2	Αστικός σταθμός 3	Προαστικός σταθμός 1	Προαστικός σταθμός 2	Προαστικός σταθμός 3	Περιαστικός σταθμός 1	Περιαστικός σταθμός 2	Περιαστικός σταθμός 3
Micaria ignea	0,417	-	-	0,313	-	-	-	-	-
Nomisia excerpta	9,973	1,146	0,938	-	-	-	0,919	2,228	1,872
Nomisia ripariensis	-	-	-	2,500	0,938	-	-	0,959	-
Poecilochroa senilis	-	-	-	-	-	-	-	-	0,333
Pterotricha lentiginosa	-	-	-	-	8,446	-	-	5,788	37,924
Scotophaeus scutulatus	0,945	1,415	-	-	-	0,636	-	-	-
Setaphis carmeli	-	-	-	-	2,918	-	-	9,235	-
Synaphosus trichopus	-	-	-	-	1,563	0,313	-	1,338	-
Trachyzelotes lyonneti	-	-	0,625	5,774	2,642	4,469	0,333	3,136	-
Trachyzelotes malkini	-	-	-	-	-	-	0,616	-	0,938
Urozelotes rusticus	23,356	2,493	2,365	0,357	-	-	-	-	-
Zelotes caucasius	-	-	-	8,224	4,896	-	-	1,492	2,412
Zelotes daidalus	-	-	-	-	-	-	-	0,729	-
Zelotes helicoides	-	-	0,588	4,374	-	0,653	-	-	-
Zelotes laetus	-	-	-	0,857	-	-	-	-	-
Zelotes nilicola	1,640	0,286	-	1,458	-	-	-	-	-
Zelotes scrutatus	0,313	-	-	5,458	4,945	-	5,928	1,948	1,879
Zelotes segrex	-	-	-	4,557	-	-	-	8,336	-
Zelotes solstitialis	-	-	-	15,466	4,000	-	-	3,849	-
Zelotes subterraneus	-	-	-	0,660	13,734	-	-	19,215	5,298
Zelotes tenuis	-	-	-	1,432	0,313	0,333	0,769	7,457	-