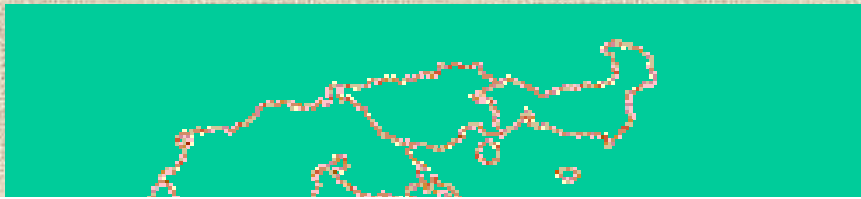
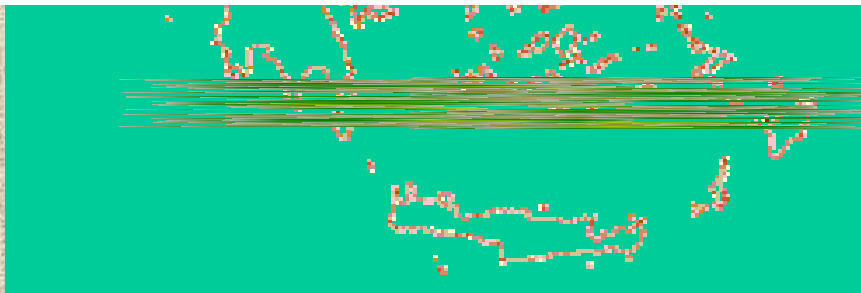


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
Μ.Π.Σ. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



**ΦΥΤΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΟΥ ΤΟΞΟΥ
ΤΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ**



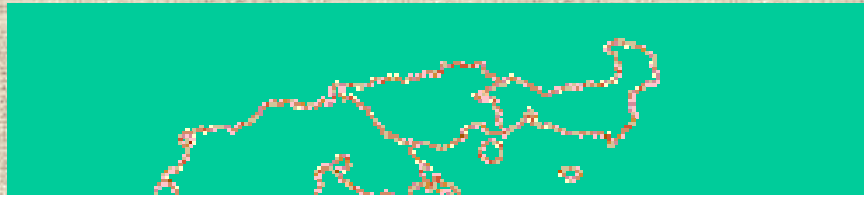
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ANNA N. ΚΑΓΙΑΜΠΑΚΗ

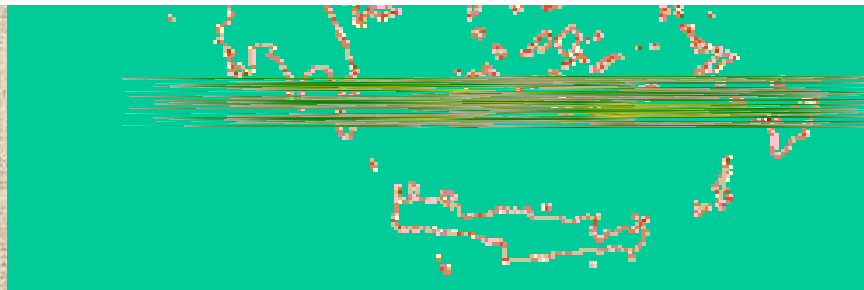
Επιβλέπων Καθηγητής: Μωσής Μυλωνάς

Ηράκλειο 2003

UNIVERSITY OF CRETE
DEPARTMENT OF BIOLOGY
MSc. PROGRAMME ENVIRONMENTAL BIOLOGY
MANAGEMENT OF MARINE AND LAND-LIVING RESOURCES



**PHYTOGEOGRAPHICAL STUDY
OF THE SOUTH AEGEAN
ISLAND ARC**



**MSc. THESIS
EXTENDED SUMMARY**

ANNA KAGIAMPAKI

Iraklion, 2003

Τα σχέδια στην αρχή κάθε κεφαλαίου αναπαριστούν τις απεικονίσεις φυτών από το Δίσκο της Φαιστού και προέρχονται από το βιβλίο του Louis Godart «Ο Δίσκος της Φαιστού. Το αίνιγμα μιας γραφής του Αιγαίου», Εκδόσεις Ιτάνος (1995).

Τα φυτά, κατά σειρά, είναι: «πλάτανος», «κλήμα», «κρίνος», «πάπυρος», το τελευταίο θα το λέγαμε είδος της οικογένειας Asteraceae, σύμφωνα με το παραπάνω βιβλίο είναι ρόδακας.

Αντί προλόγου

Από τότε που έμαθα πρώτη φορά για τη Θεωρία της Βιογεωγραφίας των Νήσων, στα ανεπιστρεπτά παρελθόντα -πλην αξέχαστα- έτη στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου στη Μυτιλήνη, σχημάτισα την εντύπωση ότι η θεωρία αυτή ήταν εφαρμόσιμη ουσιαστικά μόνο στη μελέτη των πληθυσμών ζωικών ειδών στα νησιά, επειδή τα φυτά είναι αντικειμενικά (πιο) στατικοί οργανισμοί. Από διαφορετική σκοπιά βλέπει το πρόβλημα ο Greuter (1979), σε μία από τις πολλές εργασίες του για το Αιγαίο και την Κρήτη, όπου τονίζει χαρακτηριστικά το χάσμα που χωρίζει τη συστηματική Βοτανική από τη Φυτογεωγραφία: η πρώτη είναι ένα σαφές επιστημονικό αντικείμενο, που έχει να κάνει με απτές αποδείξεις, μετρήσεις και παρατηρήσεις που μπορούν να ελεγχθούν. Αντιθέτως, στη Φυτογεωγραφία πρέπει κανείς να στηριχτεί σε ενδείξεις και όχι σε γεγονότα και να καταλήξει σε λογικές υποθέσεις, σε ασαφείς περιγραφές και γενικευμένες εικόνες πιθανών καταστάσεων, γεγονότων και σχέσεων.

Ο Αναπληρωτής Καθηγητής κ. Μωυσής Μυλωνάς με τίμησε αναθέτοντάς μου το εξαιρετικά ενδιαφέρον φυτογεωγραφικό θέμα με το οποίο ασχολήθηκα στο πλαίσιο της Μεταπτυχιακής μου διατριβής. Τον ευχαριστώ θερμά, που μου έδωσε την ευκαιρία να δοκιμάσω τις αντοχές της ως άνω εικόνας που είχα σχηματίσει για τη Βιογεωγραφία γενικά, καθοδηγώντας με πάντοτε να αξιοποιήσω καλύτερα όσα έμαθα.

Ο Prof. Dr. Hartmut H. Hilger του Ινστιτούτου Βιολογίας, Συστηματικής Βοτανικής και Φυτογεωγραφίας του Freie Universität του Βερολίνου, ως δεύτερος επιβλέπων, εκτός των άλλων, με βοήθησε καθοριστικά στην αναζήτηση της βιβλιογραφίας. Για μένα ήταν και είναι ένας μεγάλος Δάσκαλος της Βοτανικής.

Η Δρ. Κατερίνα Βαρδινογιάννη, εκτός από τις απεριόριστες γνώσεις της, έχει και το ταλέντο να βγάζει κάποιον από μια δύσκολη θέση, προτείνοντας λύσεις για όλα. Η βοήθειά της υπήρξε υπερπολύτιμη και γι' αυτό την ευχαριστώ θερμά.

Όμως, δεν είναι υπερβολή να πω ότι δε θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής, χωρίς τη συνεργασία του Βιολόγου M.Sc. και Υποψήφιου Διδάκτορα Κώστα Τριάντη, ο οποίος αφιέρωσε ατέλειωτες ώρες ασχολούμενος με τα δεδομένα και τα αποτελέσματά μου και εξηγώντας μου καθετί για το οποίο απορούσα ή δεν καταλάβαινα. Πιστεύω ακράδαντα ότι αποτελεί ταχέως ανερχόμενο αστέρι στο χώρο της Βιογεωγραφίας και του εύχομαι καλή επιτυχία στις έρευνές του.

Ευχαριστώ επίσης τον Δρα. Πέτρο Λυμπεράκη για τη συνολική βοήθειά του στην πρώτη φάση της διατριβής, καθώς και όλους τους συνεργάτες του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, γιατί όλοι μου συμπαραστάθηκαν και με βοήθησαν με τον τρόπο τους.

Τέλος, θεωρώ καθοριστικό το γεγονός ότι είχα τη στήριξη των γονιών μου κάθε στιγμή, όχι μόνο κατά την εκπόνηση αυτής της διατριβής, αλλά σε όλη τη μέχρι τώρα ζωή μου. Οι δύο αδελφοί μου, ο Μανώλης και ο Γιάννης, ξέρουν ότι είμαι περήφανε γι' αυτούς.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<i>Σελίδα</i>
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 Γενικά στοιχεία για τη Φυτογεωγραφία	1
1.2 Η περιοχή του Τόξου του Νοτίου Αιγαίου	4
1.2.1 Γεωγραφική θέση, γεωμορφολογία και γεωλογία	4
1.2.2 Κλίμα	7
1.2.3 Χλωρίδα	9
1.2.3.1 Ενδημισμός	10
1.2.4 Βλάστηση	13
1.3 Παλαιογεωγραφία και παλαιοχλωρίδα	18
1.3.1 Στοιχεία παλαιογεωγραφίας των νησιών του Τόξου του Νοτίου Αιγαίου	18
1.3.2 Παλαιοχλωριδικά στοιχεία	20
1.4 Η φυτογεωγραφική διαίρεση του Αιγαίου, οι φυτογεωγραφικές σχέσεις και το Νότιο Τόξο	23
1.5 Σχέση έκτασης – αριθμού ειδών	36
1.5.1 Μαθηματικές εκφράσεις της σχέσης	36
1.5.1.1 Η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών στη Φυτογεωγραφία	38
1.5.2 Απόδοση βιολογικής σημασίας στην παράμετρο z	39
1.5.3 Απόδοση βιολογικής ερμηνείας στην παράμετρο c	42
1.5.4 Το φαινόμενο των μικρών νησιών (small island effect)	43
1.6 Η έννοια του ενδιαιτήματος και το πρότυπο «Χώρος» (Choros model)	46
1.6.1 Η έννοια του ενδιαιτήματος	46
1.6.2 Η έννοια του βιοτόπου και η σύγκυσή του με το ενδιαιτήμα	48
1.6.3 Τα ενδιαιτήματα των φυτών	49
1.6.4 Το πρότυπο «χώρος» (Choros model)	52
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	57
2.1 Χλωριδικές μελέτες στα νησιά του Τόξου	57
2.1.1 Χλωριδικές μελέτες στα μεγάλα νησιά	57
2.1.2 Χλωριδικές μελέτες στα μικρά νησιά	58
2.2 Συγκέντρωση δεδομένων	58
2.2.1 Νησιά με ελλιπή χλωριδικά στοιχεία	60
2.3 Επεξεργασία των δεδομένων	71
2.4 Εφαρμογή της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών	73
2.5 Ορισμός ενδιαιτημάτων των φυτών – Εφαρμογή του προτύπου «Χώρος» (Choros model)	78
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	81
3.1 Αποτελέσματα από την εφαρμογή της σχέσης έκτασης – αριθμού όλων των φυτικών ειδών για όλα τα νησιά και τις επιμέρους ομάδες νησιών	81
3.1.1 Συζήτηση	87
3.1.1.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων της σχέσης	

έκτασης – αριθμού όλων των φυτικών ειδών για όλα τα νησιά	88
3.1.1.2 Συζήτηση των αποτελεσμάτων της σχέσης	
έκτασης – αριθμού όλων των φυτικών ειδών για τις επιμέρους ομάδες νησιών	96
3.2 Αποτελέσματα εφαρμογής της σχέσης έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για τα μικρά και τα μεγάλα νησιά	101
3.2.1 Συζήτηση	102
3.3 Αποτελέσματα σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών Οικογενειών για 37 νησιά του Τόξου	107
3.3.1 Συζήτηση	111
3.4 Αποτελέσματα εφαρμογής της σχέσης έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών Οικολογικών ομάδων	113
3.4.1 Συζήτηση	115
3.5 Αποτελέσματα από την εφαρμογή της σχέσης έκτασης - αριθμού ξυλωδών ειδών	116
3.5.1 Συζήτηση	118
3.6 Αποτελέσματα και συζήτηση για τη σταθερά c	119
3.7 Αποτελέσματα ορισμού ενδιαιτημάτων των φυτών	121
3.7.1 Ορισμός ενδιαιτημάτων φυτών της Κρήτης	121
3.7.2 Συζήτηση	126
3.8 Αποτελέσματα από την εφαρμογή του προτύπου «χώρος» (choros model) για 7 νησιά	127
3.8.1 Συζήτηση	129
3.9 Αποτελέσματα της ανάλυσης μονοπατιού για τα 7 νησιά	130
3.9.1 Συζήτηση	131
3.10 Αποτελέσματα από την εφαρμογή του προτύπου «χώρος» (choros model) για τους τύπους βλάστησης	133
3.10.1 Συζήτηση	133
3.11 Αποτελέσματα της ανάλυσης μονοπατιού για έκταση και τύπους βλάστησης	136
3.11.1 Συζήτηση	137
4. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	138
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	145
SUMMARY	147
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	149



Εισαγωγή

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά στοιχεία για τη Φυτογεωγραφία

Η βιογεωγραφία των φυτών, δηλαδή η **Φυτογεωγραφία ή Γεωβοτανική**, όπως έχει επικρατήσει να λέγεται, ασχολείται με τον προσδιορισμό των φυτών μιας περιοχής (χωρίς να εστιάζεται αποκλειστικώς στη μορφολογία, την ανατομία, τη φυσιολογία και τη συστηματική τους κατάταξη, όπως κάνει η Βοτανική), με τη μελέτη της κατανομής των φυτών αυτών στη γη και της σχέσης τους με το περιβάλλον αλλά και με τα υπόλοιπα φυτά. Παράλληλα, ερευνά τα αίτια της σημερινής γεωγραφικής κατανομής των φυτών (Γκανιάτσας 1976) και τη δυναμική της ύπαρξης των φυτών σε έναν γεωγραφικό χώρο με το πέρασμα του χρόνου (Frey & Loesch 1998). Με δυο λόγια, μελετά τα «φυτά και τη βλάστηση στο χώρο και στο χρόνο», όπως αναφέρει ο υπότιτλος του διδακτικού βιβλίου Γεωβοτανικής των Frey & Loesch (1998), ενσωματώνοντας έτσι στοιχεία συστηματικής, χαρακτηρισμού της βλάστησης και προσδιορισμού των φυτικών διαπλάσεων, οικολογίας και ιστορίας της χλωρίδας και της βλάστησης.

Η φυτογεωγραφία υποδιαιρείται σε τέσσερις επιμέρους αλλά αναπόσπαστους και μεταξύ τους αλληλοσυμπληρούμενους και αλληλεπικαλυπτόμενους κλάδους:

1. Στη χλωριδική (ή χλωριστική) φυτογεωγραφία (ή γεωγραφία της χλωρίδας), όπου δύο θεμελιωδώς διαφορετικές προσεγγίσεις είναι δυνατές και ισότιμες. Η μία αφορά τη στατιστική σύγκριση βασικών στοιχείων της χλωρίδας, και κατά προτίμηση του συνόλου της χλωρίδας, σε μια ομάδα γεωγραφικών περιοχών. Η άλλη προσέγγιση περιλαμβάνει λεπτομερείς μελέτες προτύπων διαφοροποίησης και εξέλιξης, κατά προτίμηση μέσω πειραματικών μεθόδων, σε συμπλέγματα ειδών που κατανέμονται σε όλες τις μελετούμενες περιοχές (Strid 1996).

2. Στην οικολογική φυτογεωγραφία, η οποία μελετά τις σχέσεις μεταξύ των φυτών και του περιβάλλοντός τους, την επίδραση των εξωτερικών παραγόντων στα ίδια τα φυτά και την απόκριση αυτών. Καθορίζει έτσι ποιοι από τους εξωτερικούς παράγοντες καθιστούν δυνατή την ανάπτυξη των φυτικών ειδών στην περιοχή όπου εξαπλώνονται (Γκανιάτσας 1967).

3. Στη φυτοκοινωνιολογία ή κοινωνιολογική φυτογεωγραφία, που ερευνά τις φυτοκοινωνίες στις οποίες συμβιώνουν τα φυτικά είδη, ασχολούμενη με την περιγραφή και τη σύνθεση αυτών, τη συστηματική τους κατάταξη και τη διερεύνηση των αιτιών σχηματισμού τους.

4. Η ιστορική - εξελικτική – γενετική φυτογεωγραφία, η οποία ασχολείται με την ιστορία των χλωρίδων και της βλάστησης στη γη, προσπαθώντας να ανασυνθέσει την ιστορική διαδρομή που ακολούθησαν τα φυτικά είδη, αλλά και τις μεταβολές που υπέστησαν με την πάροδο του χρόνου, έως ότου καταλήξουν στα σύγχρονα πρότυπα εξάπλωσής τους. Πολυτιμότερα εργαλεία του κλάδου αυτού είναι οι γνώσεις της Γεωλογίας και της Παλαιοντολογίας.

Όπως το έργο του Καρόλου Λινναίου (Carl von Linne) και των μαθητών του έθεσε τις γνωστικές βάσεις για τη *σύγχρονη ταξονομία και τη συστηματική των φυτών**, έτσι και το έργο ζωής του Alexander von Humboldt (1769-1859) αποτέλεσε την απαρχή για την περιγραφή και τον καθορισμό των τύπων βλάστησης της γης. Το πεδίο έρευνας της φυτογεωγραφίας καθορίστηκε από τον J.F. Schouw (1787-1852). Το έργο «*Η βλάστηση της γης*» του Grisebach (1872) αποτελεί μια πρώτη σύνοψη των γνώσεων και των προσπαθειών περιγραφής της φυτοκάλυψης της γης. Σε τοπικό επίπεδο, ήδη από το 1863, ο Kerner von Marilaun είχε γράψει τη «*Ζωή των φυτών των χωρών του Δούναβη*». Ο Ernest Haeckel (1834-1919) εισήγαγε την έννοια της «οικολογίας» και ο A.F.W. Schimper από το 1898 έως το 1935 εξέδωσε το πολύτομο έργο «*Φυτογεωγραφία στη βάση της φυσιολογίας*» (Frey & Loesch 1998) και οι Krylov & Paczoski (1896) εισήγαγαν την έννοια της «φυτοκοινωνιολογίας» (Braun-Blanquet 1932), που εδραιώθηκε ως κλάδος της φυτοοικολογίας και της γεωβοτανικής. Με τις μακροχρόνιες έρευνες των τεσσάρων κλάδων της φυτογεωγραφίας και με το συνδυασμό των γνώσεων συστηματικής, οικολογίας, κλιματολογίας, γεωλογίας,

* Γενικός θεμελιωτής και πατέρας της επιστήμης της Βοτανικής θεωρείται βεβαίως ο πολύ παλαιότερος του Λινναίου εξ Ερεσσού Θεόφραστος (380-287 π.Χ.), που συνέγραψε δύο βιβλία, το «Περί φυτών ιστορία» και το «Περί φυτών αιτίαι».

παλαιοντολογίας, παλαιογεωγραφίας και εξέλιξης, έχει επιτευχθεί μία λίγο – πολύ ικανοποιητική εικόνα της φυτογεωγραφικής διάρθρωσης της γης, του καθορισμού των χλωριδικών βασιλείων και των ζωνών βλάστησης με τις υποδιαίρεσεις τους.

Η φυτογεωγραφία δε θα μπορούσε βεβαίως να μείνει εκτός της επανάστασης της οικολογικής βιογεωγραφίας, που προκάλεσε η θεωρία της ισορροπίας στη νησιωτική βιογεωγραφία, όπως διαμορφώθηκε από τους Robert MacArthur & Edward Wilson (1963, 1967) – μια δυναμική θεωρία, σε αντίθεση με την απλή συγκέντρωση δεδομένων και παρατηρήσεων από τα νησιά και σε αντίθεση με τις στατικές θεωρήσεις που υπήρχαν μέχρι τότε.

Τα νησιά, με τη στενή γεωγραφική έννοια του όρου, αν και καταλαμβάνουν αναλογικώς μικρή έκταση στην επιφάνεια της γης, κατέχουν σημαντική θέση στη βιογεωγραφική και βιολογική έρευνα. Αυτό συμβαίνει γιατί οι νησιωτικές εκτάσεις, με ένα σαφώς οριοθετημένο ευνοϊκό περιβάλλον για τους χερσαίους οργανισμούς που ζουν εκεί, το οποίο περικλείεται από δυσμενή για τους ίδιους οργανισμούς χώρο (θάλασσα), είναι ιδανικές για τη διεξαγωγή φυσικών πειραμάτων: τα νησιά είναι καλά ορισμένα, σχετικά απλά, απομονωμένα και πολυάριθμα, ώστε προσφέρονται για στατιστικές αναλύσεις και συγκρίσεις. Τα ίδια ισχύουν και για τα «νησιά» με την ευρύτερη οικολογική έννοια, δηλαδή τα απομονωμένα «νησιωτικά» ενδιαιτήματα στη χέρσο, όπως είναι οι κορυφές των ορέων, οι πηγές, οι λίμνες και τα σπήλαια.

Η καινοτομία των MacArthur & Wilson είναι ότι πρότειναν μια ενοποιούσα θεωρία για την ερμηνεία τριών βασικών χαρακτηριστικών των νησιωτικών βιοκοινωνιών (Brown & Gibson 1983):

1. Τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών: ανεξαρτήτως ταξινομικής ομάδας ή οικοσυστήματος, ο αριθμός των ειδών τείνει να αυξάνεται όσο αυξάνεται η έκταση, αλλά η σχέση δεν είναι γραμμική. Ο αριθμός των ειδών αυξάνεται λιγότερο γρήγορα στα μεγαλύτερα νησιά (Brown & Gibson 1983).

2. Τη σχέση απομόνωσης – αριθμού ειδών: υπάρχει η τάση ο αριθμός των ειδών να μειώνεται με την αύξηση της απομόνωσης των νησιών από τις πλησιέστερες ηπειρωτικές περιοχές ή από άλλα, μεγαλύτερα σε έκταση νησιά (πηγές ειδών) (Brown & Gibson 1983).

και 3. Την εναλλαγή ειδών (species turnover): ο αριθμός των ειδών που ζουν σε ένα νησί είναι αποτέλεσμα δυναμικής ισορροπίας μεταξύ του ρυθμού εξαφάνισης και του ρυθμού εποίκισης από άλλα είδη. Η εισαγωγή νέων για το νησί ειδών ή η εξαφάνιση κάποιων που προϋπήρχαν, πρόσκαιρα μόνο τροποποιούν το σημείο ισορροπίας. Σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα η ισορροπία αποκαθίσταται. Νέο σημείο δυναμικής ισορροπίας δημιουργείται είτε με τη μεταβολή της επιφάνειας του νησιού, είτε με τη μεταβολή της απόστασής του από την πηγή των ειδών. Εάν η ισορροπία διαταραχτεί, είτε με την εισαγωγή νέων ειδών, είτε με τη μεταβολή της έκτασης του

νησιού, θα προκύψει ένα νέο σημείο σταθερότητας με διαφορετικό αριθμό ειδών από εκείνον που προϋπήρχε (Brown & Gibson 1983).

Στην περίπτωση του Νοτίου Αιγαίου, που αποτελεί μια γεωγραφικώς και φυτογεωγραφικώς διακριτή νησιωτική περιοχή με εξαιρετικό βοτανικό ενδιαφέρον, λόγω της γεωγραφικής του θέσεως, της γεωιστορίας του και του μεγάλου αριθμού ενδημικών ειδών που παρατηρείται, μέχρι σήμερα έχει δοθεί μεγάλη έμφαση στην εξέταση των χλωριδικών σχέσεων της με τις γειτονικές περιοχές (χλωριστική φυτογεωγραφία) (ενδεικτικά Rechinger & Rechinger – Moser 1951, Greuter 1971, Strid 1996), στην ιστορική φυτογεωγραφία (ενδεικτικά Rechinger & Rechinger – Moser 1951, Greuter 1970, 1971, 1975), λιγότερο ίσως στην κοινωνιολογική φυτογεωγραφία (ενδεικτικά Zohary & Orshan 1966, Zaffran 1990, Bergmeier 2002, και οι τρεις εργασίες αναφέρονται στην Κρήτη) και λιγότερο επίσης στην οικολογική φυτογεωγραφία (ενδεικτικά Rechinger & Rechinger – Moser 1951, Κυπριωτάκης 1998). Όλες αυτές οι αναλύσεις βεβαίως προϋποθέτουν κατά το δυνατόν πλήρη καταγραφή της χλωρίδας των νησιών, κάτι που σήμερα θεωρείται ότι έχει επιτευχθεί σε μεγάλο βαθμό για πολλά νησιά του Αιγαίου.

Η παρούσα διατριβή, χρησιμοποιώντας ως εργαλείο δημοσιεύσεις που αφορούν στη χλωρίδα και στη βλάστηση της πλειοψηφίας των νησιών του Τόξου του Νοτίου Αιγαίου καθώς και της Σύμης και της Τήλου, προσεγγίζει την περιοχή από την οπτική γωνία της θεωρίας της Βιογεωγραφίας των Νήσων. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί πρωτοτυπία συγκρινόμενη με τη συσσωρευμένη γνώση σχετικά με τη χλωρίδα, τη βλάστηση και τις φυτογεωγραφικές σχέσεις της περιοχής του Νοτίου Αιγαίου.

Πιο συγκεκριμένα, στην εργασία αυτή διερευνάται η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών φυτών στα νησιά του Τόξου, αλλά και οι επιμέρους εκφάνσεις της για συγκεκριμένες οικογένειες φυτών και οικολογικές ομάδες. Παράλληλα, επιχειρείται η ενσωμάτωση της έννοιας του ενδαιτημάτος των φυτών στη φυτογεωγραφική αυτή προσέγγιση.

Η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών αποτέλεσε το κλειδί για την ανάπτυξη σημαντικών οικολογικών θεωριών στην οικολογία, συμπεριλαμβανομένης της θεωρίας της ισορροπίας στη βιογεωγραφία των νήσων των McArthur & Wilson (1963, 1967), αλλά και για σπουδαίες εξελίξεις στη βιολογία των μεταπληθυσμών, την εξελικτική οικολογία και τη μακροοικολογία (Wilson 1961, Brown 1995, Rosenzweig 1995). Επίσης, στη βιολογία της διατήρησης η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη μεταβολών στην ποικιλότητα των ειδών σε περιπτώσεις απώλειας ενδαιτημάτων και για την ανάπτυξη στρατηγικών για τη διατήρηση της βιολογικής ποικιλότητας εντός γεωγραφικώς περιορισμένων αποθεμάτων και κατακερματισμένων οικοσυστημάτων (Shafer 1990, Brooks *et al.* 1997, 1999a, 1999b).

1.2 Η περιοχή του Τόξου του Νοτίου Αιγαίου

1.2.1 Γεωγραφική θέση, γεωμορφολογία και γεωλογία

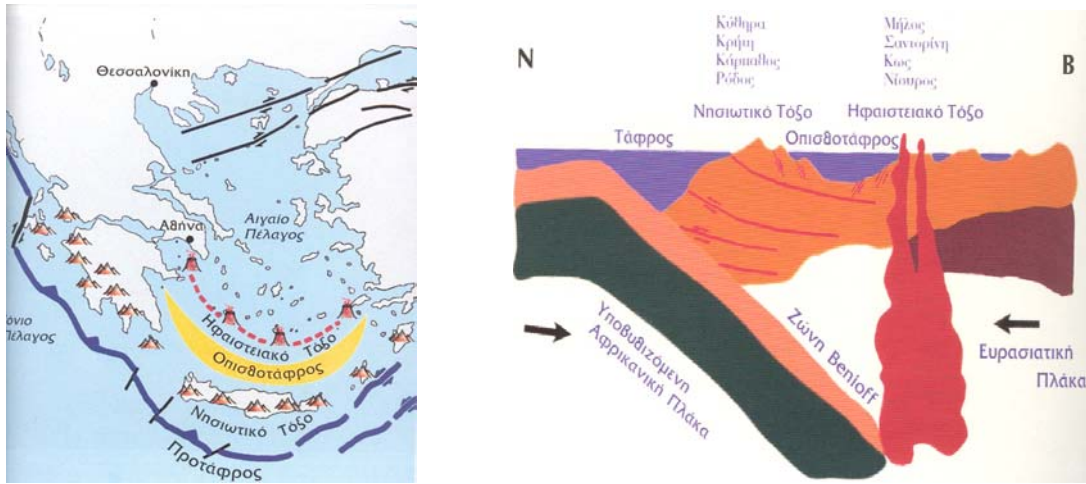
Το Τόξο του Νοτίου Αιγαίου ή Νότιο Αιγαιακό Τόξο* εκτείνεται από το νότιο άκρο της Πελοποννήσου μέχρι τα νοτιοδυτικά παράλια της Μικράς Ασίας και αποτελεί το νοτιότερο όριο του Αιγαίου πελάγους. Περιλαμβάνει το νότιο τμήμα του «τόξου του Αιγαίου» ή «ελληνικού τόξου», που έχει τα τυπικά χαρακτηριστικά νησιωτικού τόξου (Barrier 1979, Hall *et al.* 1984): συνίσταται από μία εξωτερική αλυσίδα μη ηφαιστειακών νησιών (νότιο νησιωτικό τόξο) και από μία εσωτερική αλυσίδα ηφαιστειακών νησιών (ηφαιστειακό τόξο: Σουσάκι, Μέθανα, Μήλος, Σαντορίνη, Νίσυρος), σε απόσταση περίπου 200 km από το εξωτερικό. Επιπροσθέτως, το εξωτερικό τόξο περιβάλλεται από βαθιές υποθαλάσσιες τάφρους (Εικόνα 1.1).

Το ελληνικό τόξο αποτελεί το όριο επαφής της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας, τμήμα της οποίας είναι το Αιγαίο, και της Αφρικανικής πλάκας, τμήμα της οποίας είναι η λιθόσφαιρα της ανατολικής Μεσογείου. Οι δύο λιθοσφαιρικές πλάκες συγκλίνουν στην περιοχή αυτή, με συνέπεια την καταβύθιση της ωκεάνιας πλάκας της ανατολικής Μεσογείου, λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας, κάτω από την ηπειρωτική πλάκα του Αιγαίου (Εικόνα 1.1) (Meulenkamp *et al.* 1994).

Τα Κύθηρα, δυτικό άκρο του Τόξου και το πιο κοντινό σε ηπειρωτική περιοχή από τα υπόλοιπα, απέχει 12,5 km από τα παράλια της Πελοποννήσου. Η Κρήτη, το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας και το πέμπτο σε έκταση στη Μεσόγειο, βρίσκεται σχεδόν στο μέσο του Τόξου. Απέχει 100 km από την Πελοπόννησο και 180 km από τη Μικρά Ασία. Η Ρόδος, που αποτελεί το ανατολικό όριο του Τόξου, απέχει 17,5 km από τις ακτές της Μικράς Ασίας.

Τα μεγαλύτερα νησιά του Τόξου, τα οποία και κατοικούνται (Πίνακας 1.1), είναι η Κρήτη, η Ρόδος, τα Κύθηρα, η Κάρπαθος, η Κάσος, η Γαύδος, η Χάλκη, η Σαρία και τα Αντικύθηρα, ενώ υπάρχουν και πολυάριθμα μικρά νησιά και βραχονησίδες, τα οποία χαρακτηρίζονται ως «νησιά – δορυφόροι» των παραπάνω. Σύμφωνα με τα δεδομένα της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Ελληνικού Ναυτικού, η Κρήτη περιβάλλεται από περισσότερους από 155 «νησιωτικούς σχηματισμούς». Από αυτούς, 78 περίπου έχουν έκταση από ~30 έως ~0,01 km² και διακρίνονται σε «νησιά» (4), «νησίδες» (39) και «βραχονησίδες» (35). Οι υπόλοιποι 77 τέτοιοι σχηματισμοί είναι βράχοι και ύφαλοι (The Hydrographic Service 1976, 1995).

* Εφεξής, σε πολλά σημεία του κειμένου, για λόγους απλουστεύσεως και συντομίας θα αναφέρεται και ως «Νότιο Τόξο» ή απλώς ως «Τόξο».



Εικόνα 1.1: Το «τόξο του Αιγαίου» με την αλυσίδα ηφαιστειακών νησιών και το νησιωτικό τόξο. Δεξιά, σε σχηματική τομή, απεικονίζεται το τόξο του Αιγαίου ως όριο επαφής της αφρικανικής και της ευρασιατικής πλάκας, που συγκλίνουν (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. 1999).



Εικόνα 1.2: Το Τόξο του Νοτίου Αιγαίου, από τα Κύθηρα στα δυτικά, έως τη Ρόδο στα ανατολικά.

Κοινό χαρακτηριστικό των νησιών, ανεξαρτήτως μεγέθους, είναι το ορεινό και έντονο ανάγλυφο (Βαρδινογιάννη 1994). Τρεις είναι οι κύριοι ορεινοί όγκοι της Κρήτης, οι οποίοι ξεπερνούν τα 2.000 m: στη δυτική πλευρά της βρίσκονται τα Λευκά Όρη (2.452 m), στο μέσον το όρος Ίδη ή Ψηλορείτης (2.456 m) και στην ανατολική της πλευρά η Δίκητη (2.148 m). Ψηλότερη κορυφή της Ρόδου είναι η Απτάβυρος, με υψόμετρο 1.215 m. Ίδιο υψόμετρο έχει και η Καλή Λίμνη, η ψηλότερη κορυφή της Καρπάθου.

Νησί	Έκταση (km ²)	Μέγιστο υψόμετρο (m)	Πληθυσμός (απογραφή 1991)
Κρήτη	8.265	2.456	537.000
Ρόδος	1.408	1.215	98.175
Κύθηρα	277	506	3.785

Κάρπαθος	301	1.215	5.323
Κάσος	67	601	1.088
Γαύδος	33	345	64
Χάλκη	27	650	281
Σαρία	21	629	4
Αντικύθηρα	20	378	74

Πίνακας 1.1: Τα μεγαλύτερα και κατοικημένα νησιά του Τόξου του Νοτίου Αιγαίου.

Όλα τα νησιά έχουν ελάχιστες πεδινές περιοχές. Χαρακτηριστικό είναι ότι η Κρήτη, το μεγαλύτερο νησί του Τόξου, εκτός από τις παράκτιες, μικρής έκτασης προσχωσιγενείς κοιλάδες, έχει μία κύρια πεδιάδα, τη Μεσσαρά, η οποία βρίσκεται στη νοτιοκεντρική Κρήτη, ανάμεσα στον Ψηλορείτη και τα Αστερούσια όρη. Στους ορεινούς όγκους των μεγαλύτερων νησιών υπάρχουν μεγάλα και μικρά οροπέδια (Κάρπαθος: Λάστος, Κρήτη: Ασκύφου, Ομαλός, Νίδα, Λασιίθι, Καθαρό, Ζίρος) (Βαρδινογιάννη 1994).

Το Νότιο Τόξο του Αιγαίου αποτελεί γεωλογικά την προοδευτική μετάβαση από τις Ελληνίδες οροσειρές στις Ταυρίδες. Η γεωλογική του δομή χαρακτηρίζεται από αρκετή ομοιογένεια. Κυριαρχούν τα ασβεστολιθικά πετρώματα, ενώ τα κενά μεταξύ τους συμπληρώνονται από νεογενή (Μειοκαινικά και Πλειοκαινικά) θαλάσσια ιζήματα, ενώ οι υπόλοιποι σχηματισμοί (λιμνογενείς, ηπειρωτικοί) διαδραματίζουν δευτερεύοντα ρόλο (Psarianos 1961). Η πλειοψηφία των εδαφών είναι terra rossa και ακολουθούν οι ανοιχτόχρωμες και σκούρες ρεντζίνες* και τα αλλούβια (Nevros & Zvorykin 1939).

Τα επικρατούντα ασβεστολιθικά πετρώματα είναι οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι, οι δολομίτες και οι μάργες. Τα Αντικύθηρα, η Κρήτη και η Κάσος καλύπτονται από ασβεστόλιθο στο μεγαλύτερο ποσοστό τους. Στα Κύθηρα και στην Κάρπαθο εκτεταμένες περιοχές φλύσχη παρεμβάλλονται ανάμεσα στους ασβεστόλιθους (Βαρδινογιάννη 1994, Τριχάς 1996).

Λόγω των ανθεκτικών στην αποσάθρωση πετρωμάτων και του έντονου αναγλύφου, πολύ συχνά συναντώνται στα νησιά κρημνώδεις πλαγιές με καρστωμένα βράχια. Τα εδάφη που υπάρχουν είναι κυρίως αλκαλικά. Σε αρκετές περιοχές υπάρχει έντονη διάβρωση λόγω της φωτιάς, της υπερβόσκησης, της υλοτομίας και του έντονου αναγλύφου (Βαρδινογιάννη 1994).

1.2.2 Κλίμα

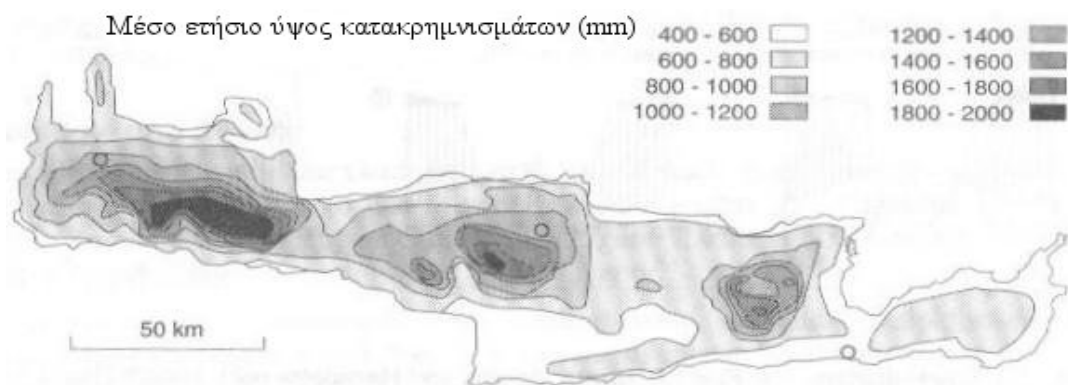
* Σύμφωνα με το Σύστημα Ταξινόμησης Εδαφών του F.A.O., οι ρεντζίνες (redzinas) είναι εδάφη με AC κατατομή, που σχηματίζονται συνήθως πάνω σε ασβεστόχο μαλακό υλικό. Το ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο συναντάται συνήθως σ' όλη την κατατομή. Ο Α ορίζοντας είναι πλούσιος σε οργανική ουσία και έχει σκοτεινό χρώμα. Ο κορεσμός με βάσεις είναι μέτριος έως υψηλός. Η εμφάνισή τους σχετίζεται χαρακτηριστικά με ασβεστόχο μητρικό υλικό (Παπαμίχος 1990).

Το κλίμα του Νοτίου Αιγαίου χαρακτηρίζεται ως τυπικό μεσογειακό. Βεβαίως, παρατηρούνται διαφορές από νησί σε νησί, αναλόγως με τη θέση του, την έκταση και το ανάγλυφό του. Σε γενικές γραμμές, το μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται από ήπιους και βροχερούς χειμώνες και μακρές, ξηρές και θερμές θερινές περιόδους. Σε τοπική κλίμακα τα χαρακτηριστικά αυτά μεταβάλλονται από τις ακτές προς τα μεγαλύτερα υψόμετρα –προς ηπειρωτικό κλιματικό τύπο-, με περισσότερη μέση ετήσια βροχόπτωση και αρκετά χαμηλότερες θερμοκρασίες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το φαινόμενο αυτό είναι εντονότερο στην Κρήτη, λόγω των μεγάλων ορεινών όγκων της.

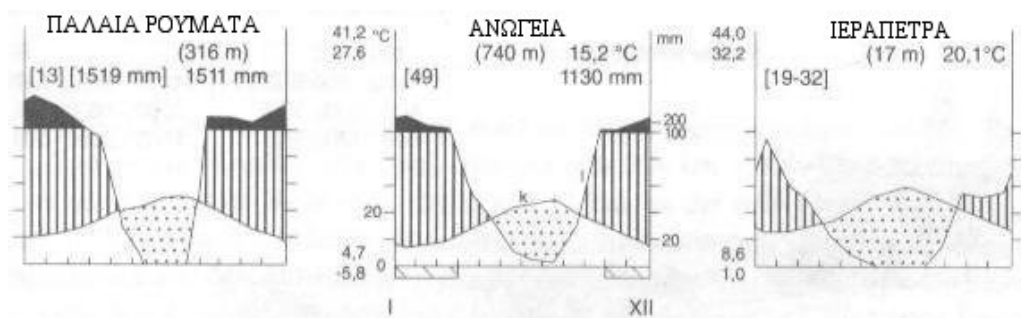
Ολοκληρωμένες κλιματολογικές μελέτες υπάρχουν μόνο για τη νήσο Κρήτη (Pennas 1977). Για την περιοχή της Ρόδου δεν είναι δυνατή η περιγραφή των τοπικών διακυμάνσεων του κλίματος, λόγω ανεπαρκών στοιχείων αλλά και λόγω της πολυσύνθετης τοπογραφίας (Carlstroem 1987).

Στην **Κρήτη και την ομάδα νησιών της Καρπάθου** (Κάσος, Σαρία και γειτονικά μικρονήσια), η ψυχρή και βροχερή περίοδος του χειμώνα διαρκεί από το Νοέμβριο έως το Μάρτιο, ενώ η θερμή και ξηρή περίοδος του θέρους από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο. Οι «μεταβατικοί» κλιματικά μήνες Απρίλιος – Μάιος και Σεπτέμβριος – Οκτώβριος παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στις καιρικές συνθήκες από έτος σε έτος. Η δυτική Κρήτη δέχεται το μεγαλύτερο το ύψος των κατακρημνισμάτων (Εικόνα 1.3).

Στην **Κάρπαθο**, οι βροχοπτώσεις είναι συνήθως εντονότερες τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο. Η συνολική ετήσια ποσότητα των κατακρημνισμάτων μπορεί να ποικίλει σημαντικά: κατά την επταετία 1971-1977 η μέγιστη παρατηρούμενη βροχόπτωση ήταν 560 mm και η ελάχιστη 230 mm (Fischer 1980). Ισχυροί άνεμοι πνέουν σχεδόν συνεχώς, κυρίως από τα βορειοδυτικά, αλλά μερικές φορές μετατρέπονται σε θερμούς θυελλώδεις νοτιάδες (Hoener & Greuter 1988). Το κλίμα της **περιοχής της Ρόδου** είναι ξηρό μεσογειακό. Η μέση ετήσια θερμοκρασία στη Ρόδο είναι 19,4 °C, αλλά παρατηρείται και σημαντική διακύμανση. Η συνολική ετήσια βροχόπτωση φτάνει τα 730 mm. Το μεγαλύτερο ποσοστό της βροχής πέφτει μεταξύ Νοεμβρίου και Μαρτίου (Carlstroem 1987). Η μέση ετήσια θερμοκρασία των **Κυθήρων** είναι 19,2 °C και το μέγιστο ύψος βροχής ανέρχεται σε 662,4 mm. (Γιαννίσαρος 1969).



Εικόνα 1.3: Χάρτης του μέσου ετήσιου ύψους των κατακρημνισμάτων στην Κρήτη. Με κύκλους σημειώνονται οι τρεις περιοχές, τα ομβροθερμικά διαγράμματα των οποίων φαίνονται στην Εικόνα 1.4.



Εικόνα 1.4: Ομβροθερμικά διαγράμματα των τριών περιοχών της Κρήτης, που σημειώνονται με κύκλους στο χάρτη των κατακρημνισμάτων της Εικόνας 1.3, στη σειρά από δυμάς προς ανατολάς. Στην παρένθεση δίνεται το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται ο μετεωρολογικός σταθμός (π.χ. 740 m στα Ανώγεια), στην αγκύλη τα έτη καταγραφής (π.χ. 49 για τα Ανώγεια), η θερμοκρασία που σημειώνεται είναι η μέση ετήσια και τα χιλιοστά αναφέρονται στο μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων. Στον αριστερό άξονα των Ανωγείων και της Ιεράπετρας, από πάνω προς τα κάτω, δίνονται οι θερμοκρασίες: η απόλυτη μέγιστη, η μέση ημερήσια μέγιστη του θερμότερου μήνα, η μέση ημερήσια ελάχιστη του ψυχρότερου μήνα και η απόλυτη ελάχιστη. Η καμπύλη «k» αντιπροσωπεύει τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και η καμπύλη «I» το μέσο μηνιαίο ύψος κατακρημνισμάτων. Οι διαγραμμισμένες περιοχές των διαγραμμάτων αντιπροσωπεύουν τις σχετικώς υγρές περιόδους του έτους και οι διάστικτες περιοχές τις σχετικώς ξηρές περιόδους του έτους. Οι σκούρες περιοχές συμβολίζουν τη μέση μηνιαία βροχόπτωση που ξεπερνά τα 100mm σε κλίμακα μειωμένη σε 1/10. Η καμπύλη θερμοκρασιών για τα Παλαιά Ρούματα δε βασίζεται σε μετρήσεις, αλλά σε αναγωγή, γι' αυτό και δεν υπάρχουν θερμοκρασιακά δεδομένα στο συγκεκριμένο διάγραμμα (τροποποιημένο από Jahn & Schoenfelder 1995, σύμφωνα με τον Hager 1985).

1.2.3 Χλωρίδα

Η χλωρίδα της Ελλάδας συγκαταλέγεται μεταξύ των πιο πλούσιων χλωρίδων και αυτό οφείλεται στη γεωγραφική της θέση, στη γεωιστορία και τη γεωμορφολογία της. Ο μεγάλος αριθμός νησιών και νησίδων, περίπου 2.000, τα οποία βρίσκονται διάσπαρτα στα τρία ελληνικά πελάγη (Ιόνιο, Κρητικό και Αιγαίο), αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της γεωγραφίας της Ελλάδας. Τα ίδια τα νησιά παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους, όσον αφορά στις γεωγραφικές παραμέτρους: θέση (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος), μέγεθος, υψόμετρο, γεωλογία, διάρκεια απομόνωσης κ.λ.π. (Tzanoudakis & Panitsa 1995). Ο συνδυασμός αυτός των γεωγραφικών χαρακτηριστικών, μαζί με την επίδραση του ανθρώπου για τα μεγάλα και κατοικούμενα νησιά διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των νησιωτικών χλωρίδων. Η

φυτογεωγραφική μελέτη μιας νησιωτικής χλωρίδας οδηγεί στην αναγνώριση τριών επιμέρους μονάδων, οι οποίες είναι (Greuter 1975):

1. Το υπολειμματικό στοιχείο^ο (relict element): πρόκειται για τα είδη των φυτών, των οποίων οι πρόγονοι υπήρχαν ήδη στο νησί, πριν αυτό απομονωθεί από την ηπειρωτική περιοχή. Η ομάδα αυτή αποτελείται από τα παλαιότερα είδη της περιοχής.

2. Το τηλεχωρικό στοιχείο (telechorous element, Greuter 1979) ή μεταναστευτικό στοιχείο (migratory element, Greuter 1975): περιλαμβάνει τα είδη που εγκαταστάθηκαν στο νησί μέσω φυσικής διασποράς σε μεγάλες αποστάσεις. Η ηλικία της ομάδας αυτής δεν μπορεί να καθοριστεί.

3. Το ανθρωποχωρικό στοιχείο^{*}: σ' αυτό συμπεριλαμβάνονται τα είδη που εισήχθησαν στο εξεταζόμενο νησί από τον άνθρωπο, εκουσίως ή ακουσίως. Αυτή είναι η νεότερη σε ηλικία ομάδα της χλωρίδας.

Αν και σε θεωρητική βάση ο διαχωρισμός των στοιχείων αυτών είναι σαφής, συνήθως στην πράξη είναι δύσκολο να αναφερθούν συγκεκριμένες περιπτώσεις, γιατί γι' αυτό απαιτείται πολύ πιο λεπτομερής γνώση, κυρίως της οικολογικής συμπεριφοράς των φυτών.

Οι χλωρίδες των μικρών νησιών (islets) παρουσιάζουν επίσης μεγάλο ενδιαφέρον. Σύμφωνα με τον Greuter (2001), τα μικρότερα από αυτά πρέπει να έχουν προτεραιότητα στη διατήρηση της φύσης στη Μεσόγειο. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των χλωρίδων αυτών συνοψίζονται ως εξής (Bergmeier & Dimopoulos 2001):

1) Έχουν σχετικώς χαμηλούς αριθμούς ειδών (Hoener 1991, Greuter 1995).

2) Περιλαμβάνουν είδη ενδημικά σε μία και μόνο νησίδα (single – islet endemics). Τέτοια είδη είναι η *Anthemis glaberrima* (Rech. f.) Greuter (Greuter 1968) στην Άγρια Γραμβούσα και το *Allium platakisii* Tzanoud. & Kypriotakis στο Ποντικονήσι, που βρίσκεται ανάμεσα στην Κρήτη και τα Αντικύθηρα (Tzanoudakis & Kypriotakis 1993). Παράλληλα, περιλαμβάνουν και τάξα που δεν είναι ενδημικά σε ένα και μοναδικό μικρό νησί, αλλά υπάρχουν σε περισσότερα του ενός και προφανώς είναι εξειδικευμένα είδη των νησιδίων αυτών (islet specialists) (Rechinger & Rechinger – Moser 1951, Runemark 1969, Hoener & Greuter 1988, Raus 1989, Hoener 1990).

3) Η σύνθεση των χλωρίδων τοπικά επηρεάζεται από τυχαία γεγονότα (Runemark 1969).

4) Οι χλωρίδες τους παρουσιάζουν σχετική σταθερότητα (Snogerup & Snogerup 1987, Hoener 1991).

^ο Ως «χλωριδικό στοιχείο» (floristic element) ή «πανιδικό στοιχείο» (faunistic element) χαρακτηρίζεται μια ομάδα οργανισμών, φυτικών ή ζωικών αντιστοίχως, που έχουν κοινή εξελικτική ή μεταναστευτική ιστορία (Pielou 1979).

^{*} Αν και ο Greuter (1975) χαρακτηρίζει το εν λόγω στοιχείο της χλωρίδας ως «ανθρωποφυτικό» (anthropophytic element), θεωρούμε ότι η έννοια αυτή αποδίδεται καλύτερα στην ελληνική γλώσσα με τον όρο «ανθρωποχωρικό στοιχείο», τον οποίο και χρησιμοποιούμε εδώ.

- 5) Τα είδη φέρουν χαρακτηριστικά προσαρμογής στα υδατοσταγονίδια της θάλασσας (spray) και στα φτωχά, περισσότερο ή λιγότερο αλατούχα εδάφη.
- 6) Τα είδη έχουν αναπτύξει εξειδικευμένους αναπαραγωγικούς μηχανισμούς και μηχανισμούς διασποράς (von Bothmer 1974).
- 7) Παρατηρούνται τυχαίες διακυμάνσεις στις συχνότητες των ατόμων σε διαδοχικές γενεές (“reproductive drift”, Runemark 1969). Αυτό το γεγονός ερμηνεύει το ακανόνιστο πρότυπο των ενδημικών, αλλά και τα φαινόμενα παρουσίας – απουσίας μη ενδημικών ειδών στις νησίδες.
- 8) Ως αρχή εξέλιξης των μικρών πληθυσμών θεωρείται η «μη προσαρμοστική διαφοροποίηση» (“non – adaptive radiation”, Snogerup 1967, Runemark 1970, Strid 1970).

1.2.3.1 Ενδημισμός

Όπως θα αναφερθεί παρακάτω, εκτός από τις κατανομές των μη ενδημικών φυτών, ο ενδημισμός συμβάλλει επίσης στη διάκριση του Αιγαίου σε περιοχές. Το Νότιο Αιγαίο οφείλει τον ιδιαίτερο χλωριδικό χαρακτήρα του στον υψηλό και ποικίλο ενδημισμό που παρουσιάζει (Rechinger 1951).

Βεβαίως, η πλειοψηφία των ενδημικών τάξεων της περιοχής συγκεντρώνεται στο μεγάλο και κλιματικώς ευνοϊκό νησί της Κρήτης, με την υψηλή ποικιλότητα βιοτόπων. Τα ενδημικά της Κρήτης (περίπου 10,9% των taxa της χλωρίδας της) χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- 1) 22 taxa είναι τόσο απομονωμένα, ώστε δεν είναι δυνατή η επαλήθευση της συγγενειάς τους με άλλα, όπως π.χ. η *Petromarula pinnata*.
- 2) Περιλαμβάνονται ζεύγη ή ομάδες ειδών ενός γένους ή υποειδών του ίδιου είδους. Στα είδη της κατηγορίας αυτής διαπιστώνεται τάση για τη δημιουργία γεωγραφικών, ορεινών και βιοτοπικών ποικιλιών (νεοενδημικά).
- 3) Περιλαμβάνει τα ενδημικά των οποίων τα συγγενικά είναι σαφώς διακριτά. Τα τάξα αυτά, όπως και τα μη ενδημικά υπολειμματικά, δείχνουν τις φυτογεωγραφικές σχέσεις της περιοχής και συμφωνούν με το μεσογειακό / ανατολικομεσογειακό χαρακτήρα της χλωρίδας της:
 - 39 είδη σχετίζονται με είδη ευρείας εξάπλωσης στη Μεσόγειο.
 - 26 παρουσιάζουν στενές συστηματικές σχέσεις με τάξα της Ανατολικής Μεσογείου (κυρίως της Ανατολίας και λιγότερο της Παλαιστίνης και της Συρίας, ορόφυτα).
 - 22 έχουν τα κοντινότερα συγγενικά τους στην ηπειρωτική Ελλάδα.
 - 6 συγγενεύουν με είδη της Βαλκανικής.
 - 11 τάξα υπάρχουν σε ενδιάμεσες θέσεις μεταξύ ανατολής και δύσης (ίση ταξινομική σχέση με ανατολικά και δυτικά ως προς το Αιγαίο τάξα).
 - Μόνο 11 τάξα εμφανίζουν ταξινομικές σχέσεις και με μη μεσογειακές χλωρίδες (κυρίως με την ομάδα των ευρωσιβηριακών – μεσογειακών οροφύτων).

Χωρίζοντας την Κρήτη σε τρία τμήματα (δυτικό, κεντρικό, ανατολικό), διαπιστώνεται ότι το 42% των ενδημικών της φυτών υπάρχουν μόνο σε ένα εκ των τριών τμημάτων (τοπικά ενδημικά), 26% βρίσκονται σε δύο εκ των τριών τμημάτων και 32% υπάρχουν και στα τρία τμήματα (πολυτοπικά ενδημικά). Η δυτική Κρήτη είναι πιο πλούσια σε τοπικά ενδημικά, κυρίως λόγω των Λευκών Ορέων και της ποικιλίας των βιοτόπων τους (de Montmollin & Iatrou 1995).

Από τα υπόλοιπα νησιά του Τόξου του Νοτίου Αιγαίου, η Ρόδος έχει το μεγαλύτερο αριθμό ενδημικών: 27 τάξα, αλλά τα ενδημικά είδη, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι μικρότερες ταξινομικές μονάδες, είναι λιγότερα. Η Carlstroem (1987) αναφέρει 14 ενδημικά είδη και υποείδη στο νησί της Ρόδου.

Η Κάρπαθος, με τα δύο μικρά γειτονικά νησιά της έχουν 13 ενδημικά τάξα και τα Κύθηρα 6, δύο από τα οποία εξαπλώνονται και σε γειτονικές περιοχές.

Επίσης, υπάρχουν οι ακόλουθοι συνδυασμοί κατανομής συνενδημικών του Ν Αιγαίου:

- Συνενδημικά Κρήτης – Καρπάθου: 19
- Συνενδημικά Κρήτης – Καρπάθου - Ρόδου: 3
- Συνενδημικά Ρόδου – Καρπάθου: 2
- Συνενδημικά Ρόδου – Κρήτης: 3

Τα τρία συνενδημικά μεταξύ Ρόδου και Κρήτης δεν έχουν βρεθεί στην Κάρπαθο. Ένα από αυτά είναι το συχνό και ευδιάκριτο *Phlomis cretica*, το κενό κατανομής του οποίου θεωρείται βέβαιο.

Η ομοιότητα του φυτικού ενδημικού στοιχείου γειτονικών περιοχών μπορεί να εκφραστεί ως % ποσοστό του συνόλου των ειδών συσχετισμένο με την εκάστοτε φτωχότερη σε είδη επιμέρους περιοχή. Μεταξύ κεντρικής και δυτικής Κρήτης ο δείκτης αυτός έχει τιμή 73%, και 75% μεταξύ Λασιθίου (οροσειρά Δίκτης) και κεντρικής Κρήτης. Το ποσοστό μειώνεται σε 52% μεταξύ Λασιθίου και ανατολικής Κρήτης, ενώ μεταξύ Καρπάθου και ανατολικής Κρήτης είναι 55%. Στη σύγκριση Καρπάθου και Κυκλάδων ελαττώνεται σε 32%, μεταξύ Κυκλάδων και ανατολικής Κρήτης ισούται με 31% και μεταξύ Ρόδου και Καρπάθου με 21%. Αν οι τιμές αυτές συγκριθούν, δεδομένων των σημερινών γεωγραφικών συνθηκών, όπου βέβαια το Λασίθι είναι ενωμένο με την ανατολική Κρήτη και απέχει από αυτήν μόνο λίγα χιλιόμετρα, διαπιστώνεται ότι κατά παράδοξο τρόπο η χλωριδική ομοιότητα της χερσονήσου της Σητείας με τη σχετικά μακρινή Κάρπαθο είναι μεγαλύτερη, απ' ό,τι της ίδιας χερσονήσου με το Λασίθι (Greuter 1971).

Ο Critopoulos (1973) διακρίνει τα ενδημικά φυτά της Κρήτης σε υπολειμματικά (relict) ή παλαιοενδημικά και σε νεοενδημικά (new endemics). Τα υπολειμματικά ή παλαιοενδημικά αποτελούν μια μικρή ομάδα, πιθανώς του Τριτογενούς, με εξάπλωση στην Αιγαίδα. Η Κρήτη

αποτέλεσε το καταφύγιό τους, όπου επιβίωσαν, ενώ στις γύρω περιοχές καταστράφηκαν λόγω των κλιματικών αλλαγών. Δεν έχουν στενά συγγενικά είδη, γεγονός που ισοδυναμεί με φυλογενετική απομόνωση, και είναι γεωγραφικώς πολύ απομακρυσμένα από είδη του ίδιου γένους. Αντιθέτως, τα νεοενδημικά αποτελούν μια μεγάλη ομάδα τάξεων που δημιουργήθηκαν κατά τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους στις ίδιες περιοχές που απαντώνται και σήμερα και δεν μπόρεσαν να εξαπλωθούν πέρα από το νησί ή πέρα από συγκεκριμένους βιοτόπους. Έχουν ένα ή περισσότερα στενά συγγενικά, συνήθως σε επίπεδο κατώτερο του είδους.

Ο de Montmollin (1991) διαπιστώνει ότι το μεγαλύτερο μέρος της χλωρίδας της Κρήτης προέρχεται από μια παλαιά χλωρίδα, η οποία διαφοροποιήθηκε κατά το μεγαλύτερο μέρος της πριν από την απομόνωση. Η ίδια αυτή απομόνωση ευνόησε τη διατήρηση της χλωρίδας του Τριτογενούς, προστατεύοντάς την από τον ανταγωνισμό με είδη – εισβολείς. Τα αποτελέσματα της κυτταρολογικής μελέτης του de Montmollin (1991) έδειξαν ότι κυριαρχούν δύο τύποι ενδημικών στην Κρήτη: τα παλαιοενδημικά και τα σχιζοενδημικά. Τα παλαιοενδημικά αποτελούν το παλαιότερο στοιχείο της χλωρίδας του νησιού. Για τα τάξα αυτά το νησί είχε ρόλο «καταφυγίου» μετά την απομόνωσή του. Τα σχιζοενδημικά αποτελούν το 78% των ενδημικών της Κρήτης και διαφοροποιήθηκαν σταδιακά. Αναλόγως με την κατανομή των αντίστοιχων τάξεων τους (taxons correspondants), τα σχιζοενδημικά διακρίνονται στα «εξωκρητικά» (extra – cretois), όταν τα αντίστοιχα τάξα του κρητικού ενδημικού δεν υπάρχουν στο νησί (22 τάξα), στα «δια-αιγαιο-κρητικά» (trans – egeo – cretois), όταν το αντίστοιχο τάξον του ενδημικού υπάρχει στην Κρήτη, αλλά δεν είναι ενδημικό (25 τάξα), και στα «ενδοκρητικά» (intra – cretois), όταν δύο (ή περισσότερα) αντίστοιχα τάξα είναι ενδημικά της Κρήτης (25 τάξα).

1.2.4 Βλάστηση

Οι σημαντικότερες φυτοκοινωνίες της **Κρήτης** συνοψίζονται από τους Rechinger & Rechinger – Moser (1951), Zohary & Orshan (1966), Gradstein & Smittenberg (1977), Hager (1985), Barbero & Quezel (1980, 1989), Zaffran (1990), Turland *et al.* (1993), Mayer (1994), Jahn & Schoenfelder (1995), Bergmeier (2002) και περιγράφονται μεταξύ άλλων από τους Horvat *et al.* (1974) και Mayer (1984).

Όπως σημειώνει η Carlstroem (1987), σχετικά λίγες εργασίες υπάρχουν για τους τύπους βλάστησης στην **περιοχή της Ρόδου**. Πριν από τη “*Phytogeographia Aegaea*” των Rechinger & Rechinger – Moser (1951), υπήρχε μία γενική περιγραφή των δασών και των φρυγάνων. Η εργασία

των Gehu *et al.* (1989) εξετάζει τη βλάστηση των παρακτίων περιοχών της Ρόδου και της Καρπάθου. Μικρή αναφορά στη βλάστηση της Καρπάθου κάνουν και οι Greuter *et al.* (1983).

Η επί οκτώ χιλιετίες επίδραση του ανθρώπου έχει σαφώς «αποτυπωθεί» στη σημερινή βλάστηση της Κρήτης. Τα δάση κυπαρισσιού, δρυός, σφενδάμου και πλατάνου για τα οποία υπάρχει η μαρτυρία του Θεοφράστου, αλλά και τα δάση που αναφέρει στην «Οδύσσεια» ο Όμηρος, έχουν σήμερα περιοριστεί σε ελάχιστο ποσοστό της έκτασής της. Εκτός από την επίδραση του ανθρώπου, στον περιορισμό των δασών συνέβαλε και η αλλαγή του κλίματος, το οποίο έγινε ξηρότερο.

Μεγάλο μέρος της σημερινής βλάστησης δείχνει προφανείς προσαρμογές στο μεσογειακό κλίμα: σκληροφυλλία, μικροφυλλία, κάλυψη της επιφάνειας των φύλλων με τριχίδια κ.λ.π. Τα γεώφυτα διαθερίζουν διατηρώντας μόνο υπόγεια αποταμιευτικά όργανα, ενώ άλλα είδη είναι μονοετή και επιβιώνουν με τη μορφή σπορίων. Η βροχή και πτώση της θερμοκρασίας το φθινόπωρο είναι η αφετηρία για την ανάπτυξη των ειδών αυτών, τα περισσότερα από τα οποία ανθοφορούν κατά την περίοδο της άνοιξης. Στα ψηλά βουνά, όπου οι κλιματικές συνθήκες είναι ανάλογες μ' αυτές της βορείου Ευρώπης, τα φυτά καλύπτονται από χιόνι κατά το χειμώνα, οπότε αναπτύσσονται και ανθίζουν την άνοιξη και το καλοκαίρι. Δύο άλλες αρκετά κοινές προσαρμογές των φυτών της περιοχής είναι τα αγκάθια και η οξεία γεύση, που τα προστατεύουν από τη βόσκηση. Η αξία των προσαρμογών αυτών για την επιβίωση δεν περιορίζεται μόνο στη σημερινή εποχή: χωρίς αμφιβολία ήταν εξίσου μεγάλη κατά την περίοδο πριν την άφιξη του ανθρώπου και των ζώων του, εφόσον υπήρχαν τότε φυτοφάγα ζώα, που σήμερα έχουν εξαφανιστεί. Εφόσον μάλιστα δεν υπήρχαν θηρευτές των ζώων αυτών, φαίνεται ότι αιτία της εξαφάνισής τους ήταν η ανεπάρκεια τροφής, γεγονός που υποδηλώνει ότι η πίεση στη βλάστηση από τη βόσκηση ήταν σημαντική. Επίσης, το φαινόμενο της ακανθοφορίας σε ενδημικά είδη της Κρήτης, που θεωρούνται ως υπολειμματικά, όπως το *Verbascum spinosum* L. (Scrophulariaceae), είναι ακόμη μία ένδειξη ότι η ιστορία της βόσκησης είναι πολύ μακρά (Turland *et al.* 1993).

Η σημερινή εικόνα της βλάστησης της Κρήτης χαρακτηρίζεται σε μεγάλο βαθμό αφενός από τις γεωργικές καλλιέργειες και κυρίως από αυτήν της ελιάς και αφετέρου από διάφορα στάδια υποβάθμισης των αείφυλλων δασών, από τη μακία, τα garigue και τα φρύγανα (Jahn & Schoenfelder 1995).

Δάση, μακία και θαμνώνες: Όλα τα δάση της Κρήτης, εκτός από τα παρόχθια, ανήκουν στην κλάση *Quercetea ilicis*. Λόγω των πυρκαγιών, της ξύλευσης, της βόσκησης, αλλά και της καταστροφής του εδάφους, σε πολλές θέσεις τα δασικά είδη υπάρχουν σε θαμνώδη μορφή. Θέσεις με δάση σε κλίμακα (climax) κατάσταση (*Quercetalia ilicis*) υπάρχουν ακόμη κυρίως στη

Μεσομεσογειακή ζώνη βλάστησης. Οι τάξεις στις οποίες διακρίνονται τα δάση, η μακία και οι θαμνώνες της Κρήτης είναι:

1) *Prasio majoris-Ceratonietum siliquae* στη θερμομεσογειακή ζώνη βλάστησης, περιορισμένη κυρίως στη νότια και ανατολική Κρήτη. Υπολείμματα των κλίμαξ-διαπλάσεων *Oleo-Ceratonion*, που ανήκουν στην κλάση *Quercetea ilicis*, έχουν περιοριστεί και καλύπτουν μόνο μικρές εκτάσεις.

2) *Cyclameno cretici-Quercetum ilicis* σε σχιστολίθους στη μεσομεσογειακή ζώνη στο ημίγργο δυτικό και κεντρικό τμήμα του νησιού. Οι διαπλάσεις αυτές είναι σε γενικές γραμμές σπάνιες. Οι πιο υγρές ασβεστολιθικές θέσεις διαφοροποιούνται με κουμαριές *Arbutus andrachne* και δάφνη *Laurus nobilis*, ενώ οι πιο υγρές σχιστολιθικές χαρακτηρίζονται από *Arbutus unedo*, *Erica arborea* και *Chamaecytisus creticus*. Οι διαπλάσεις αυτές συχνά δίνουν τη θέση τους σε μακία *A. unedo* - *E. arborea* με παρόμοια σύνθεση, όπου η αριά *Quercus ilex* έχει μικρό ρόλο. Στη δυτική Κρήτη, συχνά σε εν δυνάμει θέσεις *Q. ilex*, υπάρχουν παλαιά δάση καστανιάς.

3) *Aristolochio creticae – Quercetum cocciferae*, όπου κυριαρχεί το πουρνάρι *Quercus coccifera*, που είναι και το πιο άφθονο είδος των Fagaceae στην Κρήτη. Στη θαμνώδη του μορφή αποτελεί χαρακτηριστικό στοιχείο διαφόρων τύπων *garigue*, αλλά ευκαιριακά στη δενδρώδη του μορφή σχηματίζει και δάση με υποόροφο από είδη των φρυγάνων και της μακίας. Η φυτοκοινωνία αυτή καλύπτει μεγάλες επιφάνειες στην Κρήτη, κυρίως στη νότια πλευρά των ορεινών όγκων σε υψόμετρο μεταξύ 300 και 1.000 m.

4) Η φυλλοβόλα χνουδωτή βελανιδιά *Quercus pubescens* και η ημιαιθαλής ήμερη βελανιδιά *Q. ithaburensis* ssp. *macrolepis* σχηματίζουν μόνο μικρά δάση ή δευτερογενείς σχηματισμούς κυρίως σε βαθιά εδάφη των κατώτερων ζωνών μέχρι το υψόμετρο των 800 m, κυρίως στο βόρειο τμήμα του νησιού.

5) Η τραχεία πεύκη *Pinus brutia* είναι το μοναδικό ιθαγενές είδος πεύκης στην περιοχή της Κρήτης και συναντάται κυρίως σε περιοχές όπου οι βροχοπτώσεις είναι σχετικά χαμηλές. Μπορεί να αναπτύσσεται από το επίπεδο της θάλασσας έως το υψόμετρο των 1.200m, κυρίως σε ασβεστολίθους και ασβεστούχα εδάφη. Τα δάση της τραχείας πεύκης φαίνεται να είχαν πιο περιορισμένη εξάπλωση στο νησί κατά το παρελθόν. Η σημερινή εκτεταμένη οριζόντια και κάθετη εξάπλωσή τους οφείλεται πιθανώς σε μια μετέπειτα εισβολή του είδους σε περιοχές κατεστραμμένων δασών πλατύφυλλων, τόσο αείφυλλων όσο και φυλλοβόλων, και μακίας βλάστησης (Zohary & Orshan 1966).

6) Κυπαρισσοδάση (*Luzulo nodulosae – Cupressetum sempervirentis*) υπάρχουν σε υψόμετρα μεταξύ 800 και 1.500m στις νότιες πλαγιές των Λευκών Ορέων, του Ψηλορείτη και της Δίκτης.

7) Μια ιδιαιτερότητα της βλάστησης των φαραγγιών είναι τα «δάση των φαραγγιών», όπως τα χαρακτηρίζει ο Greuter (1975b). Πρόκειται για θαμνώνες πλούσιους σε λιάνες, με *Ficus carica*, *Pistacia terebinthus* και τοπικά, σπάνια είδη, όπως *Celtis tournefortii* και *Cotinus coggygria*.

8) Στις όχθες των χειμάρρων και των ποταμών αναπτύσσονται τα παρόχθια δάση ή οι παρόχθιες στοές (αζωνική βλάστηση) με κυρίαρχο είδος τον πλάτανο της ανατολής (*Platanus orientalis*). Άλλα χαρακτηριστικά είδη είναι η πικροδάφνη (*Nerium oleander*), η λυγαριά (*Vitex agnus – castus*) και το αλμυρίκι (*Tamarix parviflora*) (Κλάση *Nerio-Tamaricetea*).

9) Δάση και συστάδες του υποενδημικού φοίνικα του Θεοφράστου (*Phoenix theophrasti*) υπάρχουν σε εννέα παράκτιες θέσεις στην Κρήτη.

Φρύγανα – garigue: Οι τύποι αυτοί της βλάστησης παρουσιάζουν ευρεία εξάπλωση σήμερα στην Κρήτη. Στις περιοχές με garigue κυριαρχούν τα εν δυνάμει δενδρώδη και θαμνώδη είδη των δασών και κατατάσσονται στην τάξη *Pistacio-Rhamnetalia*. Τα φρύγανα και οι θέσεις με τη βλάστηση αρχικών σταδίων του garigue, όπου κυριαρχούν τα χαμαίφυτα, κατατάσσονται στην κλάση *Cisto-Micromerietea*. Στην Κρήτη υπάρχουν διάφοροι τύποι φρυγάνων, αναλόγως με τα κυρίαρχα είδη θάμνων, από τα οποία κυριαρχούν τα *Sarcopoterium spinosum*, *Genista acanthoclada*, *Coridothymus capitatus*, *Satureja thymbra*, *Calicotome villosa* και *Cistus* sp. Χαρακτηριστικό της φρυγανικής βλάστησης είναι η υψηλή ποικιλότητα σε ποώδη είδη που φύονται στο χώρο μεταξύ των θάμνων.

Υπαλπικοί θαμνώνες με προσκεφαλόμορφους αγκαθωτούς θάμνους, στα μεγάλα υψόμετρα των ορεινών όγκων από 1.500 έως 2.400 m και μάλιστα ακόμη και σε θέσεις που παραμένουν για μακρύ χρονικό διάστημα καλυμμένες από χιόνι και είναι εκτεθειμένες στους ανέμους. Πρόκειται για τον τύπο βλάστησης με τα περισσότερα ενδημικά είδη φυτών στην Κρήτη, μετά τα γκρεμνά και τις σχισμές των βράχων.

Αζωνική βλάστηση, εκτός αυτής των παραποτάμιων και παραχειμάρριων περιοχών και υγροτόπων, είναι η βλάστηση των **αμμωδών ακτών** και **βραχωδών ακτών**, με τα χαρακτηριστικά αλόφυτα, και η **χασμοφυτική βλάστηση**, που, λόγω του μεγάλου αριθμού ενδημικών ειδών που περιλαμβάνει, έχει μεγάλη σημασία για τη χλωρίδα της Κρήτης.

Τέλος, πλήθος ανθρωπόφιλων ειδών φυτών αναπτύσσεται στις περιοχές όπου ο άνθρωπος αναπτύσσει τις δραστηριότητές του.

Σύμφωνα με τους Jahn & Schoenfelder (1995), οι ζώνες βλάστησης της Κρήτης, οι οποίες δεν μπορούν να οριοθετηθούν αυστηρά και αλληλεπικαλύπτονται μερικώς, είναι:

- 1) Θεομομεσογειακή ζώνη βλάστησης:** πλησίον των ακτών, σε υψόμετρο 0-300 m. Χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη πολύ θερμόφιλων ειδών, όπως τα *Ceratonia siliqua*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea*, *Juniperus phoenicea*, *Phoenix theophrasti*, *Euphorbia dendroides*, *Prasium majus*, *Stipa capensis*, *Aristida caerulea*.
- 2) Μεσομεσογειακή ζώνη βλάστησης (200-900 m):** η πραγματική μεσογειακή ζώνη με *Quercus coccifera*, *Quercus ilex*, *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Calicotome villosa*, *Phlomis fruticosa*.

- 3) Υπερομεσογειακή ζώνη βλάστησης (800-1.500 m):** δάση κυπαρισσιού, σφανδάμου και πουρναριού, με *Berberis cretica* και τη σπάνια αμπελιτσά *Zelkova abelicea*, όπως και τα *Helichrysum microphyllum* και *Origanum microphyllum*. Πολλά από τα είδη αυτά διεισδύουν βαθύτερα σε φαράγγια με ψυχρό και υγρό τοπικό κλίμα.
- 4) Ορομεσογειακή ζώνη βλάστησης (1.300-1.700 m):** λίγο διακριτή ζώνη βλάστησης, με αγκαθωτούς υπαλπικούς θάμνους, όπως οι *Rhamnus prunifolia*, *Prunus prostrata* και *Astracantha cretica*, αλλά και κάποιων ειδών της επόμενης ζώνης. Αντιστοιχεί στην ορεινή ζώνη οξιάς – ελάτου της κεντρικής Ευρώπης.
- 5) Υψομεσογειακή (υπαλπική) ζώνη βλάστησης (1.500-2.450 m):** υπαλπικοί θαμνώνες με προσκεφαλόμορφους αγκαθωτούς θάμνους.
- Αλπική ζώνη όπου κυριαρχούν τα ποώδη είδη δεν υπάρχει στην Κρήτη.

Η σημερινή εικόνα της βλάστησης των **Κυθίων** είναι αναμφίβολα αποτέλεσμα της ανθρώπινης επίδρασης. Παλαιότερα στο νησί επικρατούσε θαμνώδης βλάστηση (μακία), η οποία καταστράφηκε από τον άνθρωπο για τη δημιουργία καλλιεργήσιμων εδαφών και βοσκοτόπων. Η ύπαρξη υπολειμμάτων της βλάστησης αυτής στα όρια καλλιεργούμενων εκτάσεων μαρτυρεί την πρότερη κυριαρχία της, ιδιαίτερος στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Ο περιορισμός της κτηνοτροφίας και η εγκατάλειψη καλλιεργειών κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες επέτρεψε την ανάκαμψη της θαμνώδους βλάστησης σε αρκετές περιοχές του νησιού. Υπολείμματα δάσους δρυός (*Quercus macrolepis*) υπάρχουν ακόμη στη βόρεια πλευρά του νησιού. Άλλος τύπος θαμνώδους βλάστησης με τη μορφή μικτού δάσους είναι η διάπλαση φοινικικής αρκεύθου *Juniperus phoenicea*. Σε περιοχές με αυξημένη υγρασία αναπτύσσονται υγρόφιλα είδη, όπως ο πλάτανος της ανατολής, η λυγαριά και η μυρτιά. Μεμονωμένα άτομα κυπαρισσιού αλλά και μεγάλες συστάδες υπάρχουν σε όλο το νησί. Φρυγανική βλάστηση έχει αναπτυχθεί σε εγκαταλελειμμένους αγρούς, σε περιοχές με έντονη βόσκηση και σε περιοχές όπου μετά από πυρκαγιά η βόσκηση δεν επέτρεψε τη φυσική ανάκαμψη της βλάστησης (Κομηνός 1995).

Ο κύριος τύπος βλάστησης της **Καρπάθου και των γειτονικών της νησιών** είναι τα φρύγανα, που παρουσιάζουν μεγάλο πλούτο ειδών μονοετών και γεωφύτων. Στην Κάρπαθο υπάρχουν θέσεις με αμιγές δάσος τραχείας πεύκης, το οποίο φαίνεται να είναι σχετικώς πρόσφατος σχηματισμός σε πολλές περιοχές. Αντιθέτως με αυτό που ο Reehinger (1951) αναμένει και ο Browicz (1978) θεωρεί ως δεδομένο, το κυπαρίσσι απουσιάζει από την περιοχή της Καρπάθου, όπως απουσιάζουν και οι φυλλοβόλες βελανιδιές, αλλά και η πλειοψηφία άλλων δενδρωδών ειδών του Αιγαίου. Τα *Quercus ilex*, *Arbutus unedo* και *Styrax officinalis* περιορίζονται σήμερα σε διάσπαρτες, προφυλαγμένες θέσεις, αλλά ενδεχομένως να είχαν ευρύτερη εξάπλωση στο παρελθόν. Αραιοί σχηματισμοί *Juniperus macrocarpa* είναι χαρακτηριστικοί των ακτών. Στο

όρος Καλή Λίμνη, λίγα άτομα του ενδημικού δέντρου *Crataegus monogyna* ssp. *aegeica* και *Acer sempervirens* μπορούν να θεωρηθούν ως υπολείμματα ενός πιο εκτεταμένου ορεινού δάσους φυλλοβόλων. Αλπική ζώνη βλάστησης δεν υπάρχει, καθώς οι υψηλότερες βουνοκορυφές δεν ξεπερνούν το εν δυνάμει δασοόριο, αν και λίγα είδη, όπως το *Arabis alpina*, μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκουν στο φτωχό χλωριδικό στοιχείο των βουνών (Greuter *et al.* 1983).

Στη **Ρόδο**, παρά την εκτεταμένη εκχέρσωση, υπάρχουν ακόμη και σήμερα μεγάλες περιοχές με δάση τραχείας πεύκης και κυπαρισσιού. Η **Χάλκη** και η **Τήλος** έχουν εκχερσωθεί σχεδόν ολοκληρωτικά, ενώ στη **Σύμη** υπάρχουν υπολείμματα προϋπάρχοντος δάσους πεύκου και κυπαρισσιού. Ως αποτέλεσμα της δράσης του ανθρώπου, μόνο τμήματα με δάσος σκληρόφυλλων και φυλλοβόλων διατηρούνται έως σήμερα, κυρίως στους πρόποδες των βουνών, στις κοιλάδες και κατά μήκος των οχθών των ποταμών. Τα δάση της Λικιδάμβραρης *Liquidambar orientalis* στη Ρόδο περιορίζονται σε κοιλάδες, πεδιάδες και άλλες υγρές θέσεις. Στον υποόροφό τους τυπικό είδος είναι η δάφνη *Laurus nobilis* και λιγότερο συχνή η κουτσουπιά *Cercis siliquastrum*, με τις οποίες συνυπάρχουν αρκετά ποώδη είδη. Από τις διαπλάσεις με θαμνώδη είδη, απαντώνται τόσο φρύγανα, όσο και μακία. Η δεύτερη εντοπίζεται στους πρόποδες βουνών, στα κατώτερα σημεία λαγκαδιών και γενικότερα σε περιοχές όπου υπάρχει άφθονο υπόγειο ύδωρ για τα φυτά. Η βλάστηση των γκρεμών της Ρόδου περιλαμβάνει περίπου 63 τάξα. Η υψομετρική ζώνωση του όρους Αττάβυρος θεωρείται αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Μικρές θέσεις μεγάλων σε ηλικία δέντρων *Quercus coccifera* και *Phillyrea latifolia* υπάρχουν στο όρος Αττάβυρος σε υψόμετρο 1.000 m περίπου, σημαντικά ψηλότερα από το σημερινό δασοόριο. Η κορυφή του όρους είναι σημαντικά υποβαθμισμένη, με κυρίαρχα είδη τα *Onopordum bracteatum*, *Picnoman acarna* και *Carlina corymbosa*. Άλλα χαρακτηριστικά είδη των μεγαλύτερων υψομέτρων είναι τα *Quercus coccifera*, *Euphorbia acanthothamnus* και *Origanum onites*, καθώς και ένας σημαντικός αριθμός ποωδών μονοετών. Το μικρό ορεινό χλωριδικό στοιχείο εκπροσωπείται από τα *Arabis alpina* ssp. *brevifolia*, *Anemone blanda*, *Vincetoxicum canescens*, *Scilla longistyla*. Στις αμμώδεις και χαλικώδεις ακτές, που κυριαρχούν στη Ρόδο, αλλά και στις βραχώδεις φυτρώνουν είδη ανθεκτικά στο αλάτι, τα περισσότερα από τα οποία έχουν ευρεία εξάπλωση στις μεσογειακές ή στις μεσογειακές και ατλαντικές ακτές (Carlstroem 1987).

1.3 Παλαιογεωγραφία και παλαιοχλωρίδα

1.3.1 Στοιχεία παλαιογεωγραφίας των νησιών του Τόξου του Νοτίου Αιγαίου

Η ιστορία του **Νοτίου Αιγαϊακού Νησιωτικού Τόξου** ξεκίνησε κατά τα μέσα περίπου του Μειοκαίνου (πριν από 15-11 εκατομμύρια έτη (Myt)), με τη διαμερισματοποίηση και τις πρώτες ταπεινώσεις της ελληνικής ξηράς, που μετέτρεψαν τα νότια τμήματα της **Αιγαΐδας** σε

ξεχωριστά νησιωτικά συστήματα (Le Pichon & Angelier 1979, Δερμιτζάκης & Παπανικολάου 1981). Ταυτόχρονα, κινήσεις προς τα νότια - νοτιοδυτικά της τάφρου που βρίσκεται κατά μήκος του Ιονίου, Λιβυκού και Καρπαθίου πελάγους οδήγησαν στο σχηματισμό της θάλασσας του Αιγαίου (Le Pichon & Angelier 1981). Πιο σύγχρονες εκτιμήσεις της γεωδυναμικής εξέλιξης της περιοχής υποστηρίζουν ότι τέτοιες διαδικασίες ξεκίνησαν πιο νωρίς, προσδιορίζοντας χρονικά την απομόνωση της **Κρήτης** στα 26 Myr πριν από σήμερα (Meulenkamp *et al.* 1988). Μέχρι το τέλος του Μειοκαίνου (πριν από 6,5 Myr) φαίνεται ότι υπήρξαν παροδικές γέφυρες ξηράς που την ένωσαν ξανά με τις περιοχές που σήμερα αποτελούν την Πελοπόννησο και τη Μικρά Ασία, αν και δεν υπάρχει απόλυτη συμφωνία μεταξύ των ερευνητών σχετικά με τη διάρκεια και το εύρος αυτών των συνδέσεων. Σύμφωνα με τον Dermitzakis (1990), κατά το Ανώτερο Μειόκαινο η Νότια Ελλάδα αποτελούνταν από δύο μεγάλες χερσονήσους, μία στα νοτιοδυτικά, που αντιστοιχεί στην περιοχή της σημερινής Πελοποννήσου και της Κρήτης, και μία στα νοτιοανατολικά, που αντιστοιχεί στη σημερινή περιοχή των Κυκλάδων (Dermitzakis 1990). Ο αποχωρισμός των Κυκλάδων από την Κρήτη τοποθετείται χρονικά στο Μέσο έως το Κατώτερο Μειόκαινο (9-11 Myr) και από την Πελοπόννησο στο Κατώτερο Μειόκαινο (7-9 Myr) (Dermitzakis 1990). Με τα γεωλογικά αυτά δεδομένα συμφωνούν και τα αποτελέσματα της μελέτης της μοριακής φυλογένεσης και βιογεωγραφίας της σαύρας *Podarcis erhardii*, που πραγματοποίησαν οι Poulakakis *et al.* (2003).

Διαδοχικές ταπεινώσεις και μετακινήσεις τεκτονικής φύσεως οδήγησαν κατά τις αρχές του Πλειοκαίνου (πριν από 5 Myr) σε ένα μωσαϊκό νησιών, το υψόμετρο των οποίων δεν ξεπερνούσε τα 500 m, και ενδιάμεσων λιμνών στην περιοχή της σημερινής Κρήτης (Meulenkamp *et al.* 1988). Σπασίματα και κάθετες κινήσεις κατά το Πλειόκαινο είχαν ως αποτέλεσμα τη συνολική ανύψωση της Κρήτης, που σε ορισμένα σημεία, όπως είναι ο Ψηλορείτης και η Δίκη, υπερέβη τα 600-700 m (Παπαπέτρου – Ζαμάνη 1966).

Κατά το Πλειο – Πλειστόκαινο, εκτεταμένες ανορθωτικές κινήσεις, που διακόπηκαν από μία μόνο ταπείνωση κατά το τέλος του Πλειοκαίνου, οδήγησαν σε συνολική ανύψωση της Κρήτης της τάξεως των 1.000 m (Meulenkamp *et al.* 1994). Οι κινήσεις αυτές οδήγησαν στο σχηματισμό μιας ενιαίας χερσαίας μάζας από την αρχή του Πλειστοκαίνου και μετά (πριν από 1,5 Myr), ενώ τα πλειοκαινικά νησιά έγιναν τα σύγχρονα βουνά της Κρήτης. Ορισμένοι ερευνητές (Παπαπέτρου – Ζαμάνη 1973, Azzaroli 1977, Lanza & Vanni 1987) υποθέτουν ότι υπήρξε ακόμη μία τελευταία σύνδεση της Κρήτης με την Πελοπόννησο και τις ακτές του Ανατολικού Αιγαίου κατά το Πλειστόκαινο.

Κατά το **Μεσσήνιο** (περίπου 5,5 έως 5 Myr πριν από σήμερα), η περιοδική αποκοπή της σημερινής Μεσογείου θάλασσας από τον Ατλαντικό ωκεανό είχε ως αποτέλεσμα επαναλαμβανόμενους κύκλους εξάτμισης και κατακλυσμού στη Μεσόγειο. Η ύπαρξη

αποθέσεων εβαποριτών* διάφορων ηλικιών σε όλη τη Μεσόγειο δείχνει τις εναλλαγές αυτές. Βάσει υπολογισμών προκύπτει ότι τα στενά του Γιβραλτάρ άνοιξαν και έκλεισαν έως δέκα φορές κατά το Ανώτερο Μειόκαινο. Κατά τις περιόδους της εξάτμισης η Μεσόγειος ίσως να είχε ξηρανθεί ολοκληρωτικά ή τουλάχιστον να είχε περιοριστεί σε ένα σύνολο λιμνών, ευνοώντας έτσι τη διασπορά και τις ανταλλαγές ειδών της χλωρίδας και της πανίδας (Hsue *et al.* 1973, Hsue 1974).

Στο τέλος του Μειοκαίνου, **τα Κύθηρα και τα Αντικύθηρα** ήταν ενωμένα με τη γειτονική τους ηπειρωτική περιοχή (Παπαπέτρου-Ζαμάνη & Ψαριανός 1978, Kotsakis *et al.* 1980). Μεταξύ Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου συνέβη ανάδυση των Κυθήρων και στη συνέχεια, στο τέλος του Κατώτερου Πλειοκαίνου, καταβύθισή τους, με αποτέλεσμα τον αποχωρισμό τους από τα Αντικύθηρα (Παπαπέτρου-Ζαμάνη & Ψαριανός 1978, Αναστασάκης 1988), χωρίς όμως το βόρειο τμήμα τους να αποκοπεί από την Πελοπόννησο (Παπαπέτρου-Ζαμάνη & Ψαριανός 1978) και τον Πάρωνα (Verginis 1976). Στο τέλος του Πλειοκαίνου δημιουργήθηκε θαλάσσια δίοδος ανάμεσα στα Κύθηρα και την Πελοπόννησο (Angelier 1979). Κατά το μέσο Τεταρτογενές, τεκτονικά φαινόμενα προκάλεσαν την καταβύθιση μεγάλου τμήματος της χέρσου ανάμεσα στα Κύθηρα, τα Αντικύθηρα και την Κρήτη (Αναστασάκης 1988, Anastasakis & Dermitzakis 1990). Τα Αντικύθηρα αποτέλεσαν ξεχωριστό νησί στις αρχές του Πλειστοκαίνου και τα Κύθηρα κατά το Μέσο Πλειστόκαινο (Dermitzakis 1990).

Η ποικίλη, «ηπειρωτικού τύπου» απολιθωμένη πανίδα που βρέθηκε στην **Κάρπαθο** καταδεικνύει αποκοπή της από την Ανατολία κάπως αργότερα από την αρχή του Πλειοκαίνου (5 Myr πριν από σήμερα) (Daams & van de Weerd 1980).

Κατά τη διάρκεια του Πλειοκαίνου, η **Ρόδος** αποτελούσε τμήμα μιας μεγάλης περιοχής ιζηματογένεσης (sedimentation area) (Benda *et al.* 1977, Meulenkamp 1985), με ποτάμια που εξέβαλαν σε μια χαμηλού υψομέτρου περιοχή με λίμνες και έλη στα ανατολικά και βορειοανατολικά του σημερινού νησιού. Η «ισορροπημένη» και σύνθετη πανίδα ασιατικού χαρακτήρα της Ρόδου κατά το Πλειόκαινο (Bruijn *et al.* 1970) δείχνει ότι η Ρόδος ήταν πιθανώς ενωμένη με την Ανατολία μέχρι το Ανώτερο Πλειόκαινο – Κατώτερο Πλειστόκαινο (Sondaar 1971, Meulenkamp *et al.* 1972, Daams & van de Weerd 1980). Η υπόθεση αυτή υποστηρίζεται και από γεωλογικά δεδομένα (Meulenkamp 1985).

1.3.2 Παλαιοχλωριδικά στοιχεία

Οι Velitzelos & Gregor (1990) συνοψίζουν τα δεδομένα απολιθωμένων χλωρίδων από 21 περιοχές του ελληνικού χώρου, στις οποίες περιλαμβάνονται μία θέση στην Κρήτη όπου βρέθηκαν για πρώτη φορά καρποφόροι σχηματισμοί σε ιζήματα Τορτονίου – Μεσσηνίου

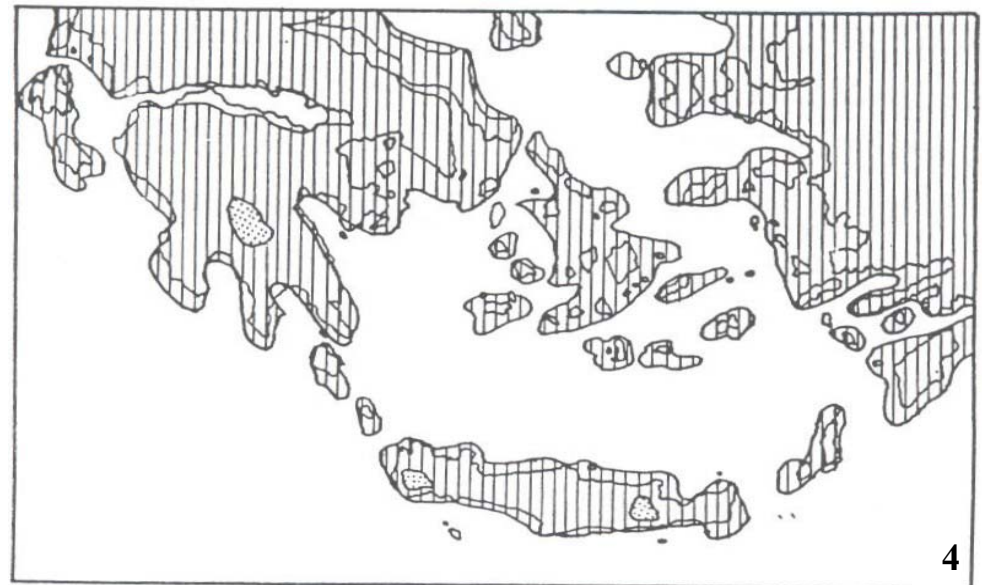
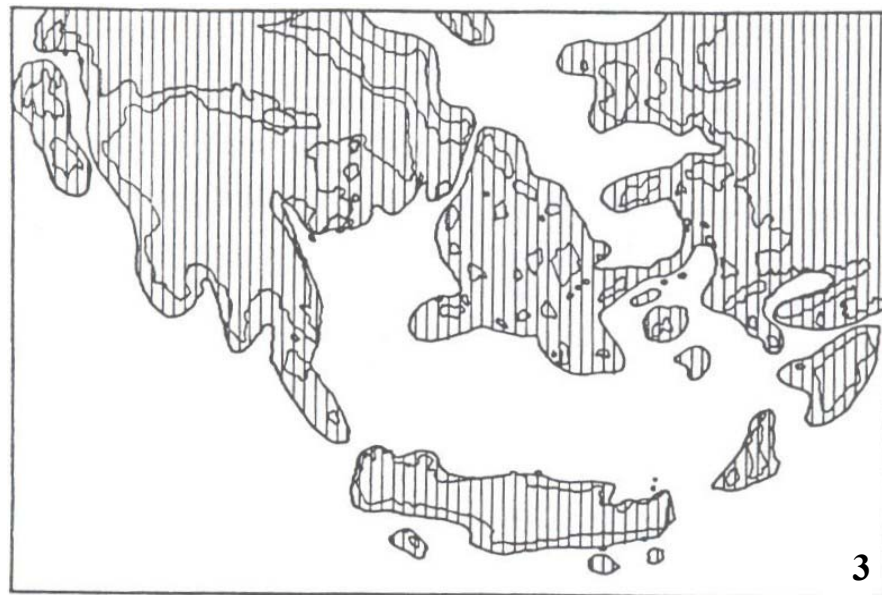
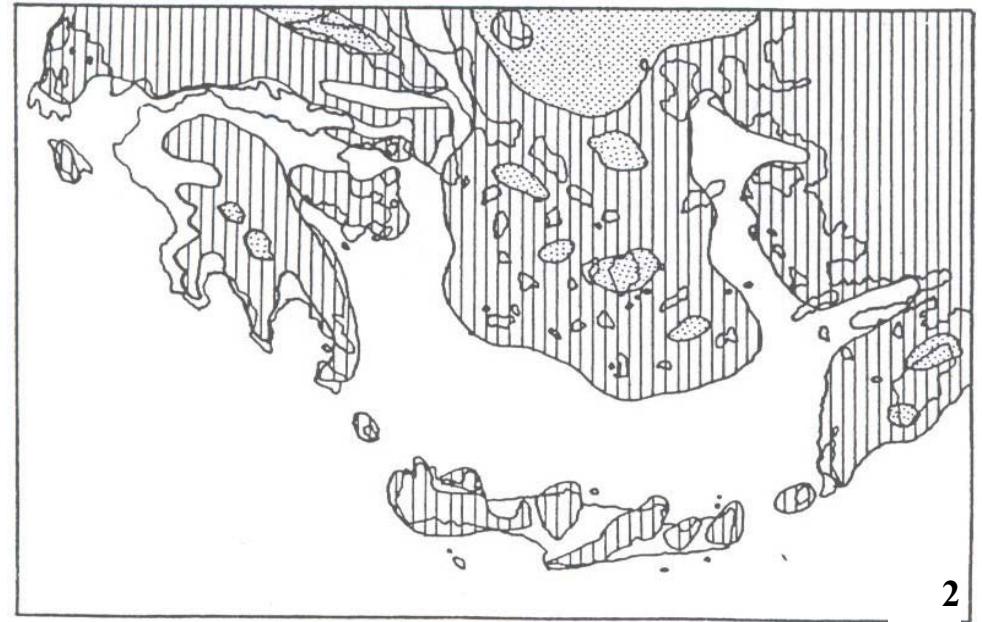
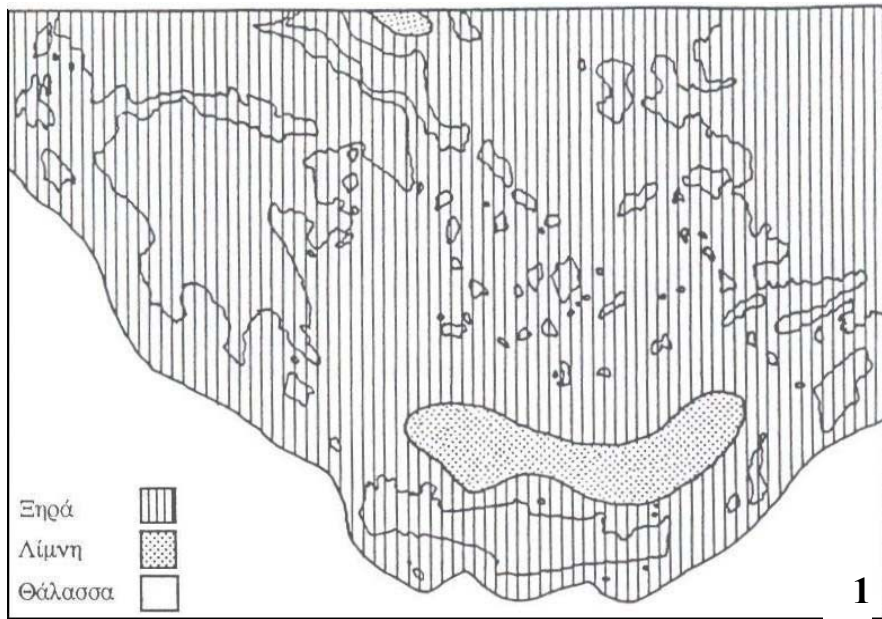
* Εβαπορίτες: ιζηματογενή πετρώματα που αποτελούνται από γύψο, ανυδρίτη και ορυκτό άλας.

(Meulenkaamp 1979), και μία θέση στα Κύθηρα (Goldacker *et al.* 1985). Ένα από τα συμπεράσματα των Velitzelos & Gregor (1990) είναι ότι στον ελληνικό χώρο η βλάστηση κατά το Μειόκαινο ήταν πυκνή, μικτού μεσοφυτικού χαρακτήρα, αντίστοιχη με τη σημερινή βλάστηση στη ΝΑ Ασία.

Ο Greuter (1970) θεωρεί ότι η μεσογειακού τύπου βλάστηση υπήρχε από το Μειόκαινο. Μειοκαινικά απολιθώματα φύλλων από την Κεντρική Ευρώπη, που περιγράφηκαν ως *Liquidambar europaea*, δε φαίνεται να διαφέρουν σημαντικά από το είδος της λικιδάμβραρης που αυτοφύεται σήμερα στη Ρόδο. Ομοίως, απολιθώματα φύλλων που μόλις μπορούν να διακριθούν από πρόσφατα υπολειμματικά είδη, τα οποία αναπτύσσονται σήμερα στην Κρήτη (*Olea europaea*, *Phoenix theophrasti*), βρέθηκαν σε Μειοκαινικά στρώματα βορειότερων περιοχών (Greuter 1979).

Κατά το Μεσίνηιο, τουλάχιστον στις πεδινές περιοχές επικρατούσαν ξηρές έως υπόξηρες συνθήκες (Benda 1973) και η αρκτο-τριτογενής υποτροπική χλωρίδα αντικαταστάθηκε από μια ανατολικής προέλευσης ανθεκτική στην ξηρασία στεπική χλωρίδα (Berger 1953, 1958). Περιοχές που απελευθερώθηκαν από το υγρό στοιχείο πρέπει να αποτέλεσαν διαθέσιμους βιοτόπους ιδανικούς για ανθεκτικά στην ξηρασία είδη. Τα δάση διατηρήθηκαν εξ ολοκλήρου μόνο κατά μήκος των ποταμών συνεχούς ροής καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, και στις υψηλές οροσειρές. Ακόμη και εκεί όμως φαίνεται να απουσίαζε μια συνεχής δασική ζώνη: ανθεκτικά στο ψύχος στεπικά είδη είχαν «ελεύθερη πρόσβαση» μέχρι το επίπεδο των κορυφογραμμών και μπορούσαν να ενσωματωθούν στην οροφυτική χλωρίδα (Greuter 1970). Πολυάριθμα σύγχρονα ορόφυτα του Αιγαίου πιθανώς να ανάγουν την προέλευσή τους στη στεπική χλωρίδα που υπερίσχυε την εποχή αυτή (de Montmollin 1991). Υπολειμματικά στοιχεία της ξηροφυτικής αυτής χλωρίδας υπάρχουν σήμερα στους βραχώδεις βιοτόπους της Κρήτης (de Montmollin 1991).

Παρ' ολ' αυτά, οι Velitzelos & Gregor (1990) υποστηρίζουν ότι τα όμοια χαρακτηριστικά της βλάστησης στην Ελλάδα στις περιόδους πριν από το Μεσίνηιο, κατά τη διάρκειά του και μετά από αυτό, δεν επιτρέπουν να συμπεράνουμε ότι η «κρίση αλμυρότητας» (ή «αλατότητας») του



Εικόνα 1.5: Παλαιογεωγραφικά σκαριφήματα της Νότιας Ελλάδας. 1: Μέσο Μειόκαινο (Verginis 1976), 2: Κατώτερο Πλειόκαινο (Creutzburg 1963), 3: Πλειστόκαινο (800.000 χρόνια πριν από σήμερα) (Dermitzakis 1987) και 4: Πλειστόκαινο (450.000 χρόνια πριν από σήμερα) (Dermitzakis 1987). (Τροποποιημένα από Βαρδινογιάννη 1994).

Μεσηνίου αποτέλεσε πραγματική καταστροφική κρίση: φαίνεται ότι επρόκειτο μόνο για μια σύντομη αλλαγή του κλίματος δευτερεύουσας σημασίας, τουλάχιστον για τη βλάστηση (Velitzelos & Gregor 1990).

Η Ανώτερη Μειοκαινική μακρο- και μικροχλωρίδα της Μακρυλιάς στη ΝΑ Κρήτη, χαρακτηρίζεται ως χλωρίδα φυλλοβόλων, με ένα ποσοστό αειθαλών. Περιέχει μάλιστα ορισμένα ξηροφυτικά στοιχεία, τα οποία απαντώνται και σήμερα στο μεσογειακό χώρο, αλλά το μεγαλύτερο μέρος των τάξων παραπέμπει τουλάχιστον σε συνθήκες μέσου ύψους βροχόπτωσης (μεσόφυτα) (Sachse & Mohr 1996).

Κατά το Πλειόκαινο η βλάστηση ήταν παρόμοια με τη μειοκαινική, αλλά με περισσότερα αρκτο-τριτογενή στοιχεία (Velitzelos & Gregor 1990). Οι Bertoldi *et al.* (1989) αναφέρουν την ύπαρξη μεσογειακού τύπου οικοσυστημάτων από το Κατώτερο Πλειόκαινο.

Μέσα από τη συστηματική μελέτη των ιζημάτων του Τεταρτογενούς (Πλειστόκαινο και Ολόκαινο) σε διάφορες περιοχές του ελλαδικού χώρου, συνδυασμένη με την εγκλεισμένη σε αυτά πανίδα και χλωρίδα, επικρατεί η άποψη ότι στην Ελλάδα δεν υπήρξαν παγετώδεις και μεσοπαγετώδεις εποχές, αλλά εναλλαγές ψυχρών και θερμών περιόδων (Γεωργιάδου – Δικαιούλια *et al.* 1994). Κατά τις εναλλαγές θερμών και ψυχρών περιόδων του τεταρτογενούς (Πλειστόκαινο και Ολόκαινο), ο ελληνικός χώρος αποτέλεσε καταφύγιο για είδη φυτών, των οποίων η εξάπλωση περιορίστηκε σημαντικά σε άλλες περιοχές, λόγω των παγετώνων. Παλυνολογικές μελέτες στη Ρόδο συμπεραίνουν ότι η Πλειο-Πλειστοκαινική χλωρίδα της περιελάμβανε διάφορα είδη, με έναν σχετικά μεγάλο αριθμό κωνοφόρων και το γένος *Pinus* ως το πιο κοινό. Γύρη των τύπων *Taxodiaceae* – *Cupressaceae*, *Juglans*, *Pterocarya*, *Nyssa*, *Castanea* και *Palmae* ήταν επίσης κοινή. Τα στοιχεία αυτά αποδεικνύουν ότι πολυάριθμα είδη της χλωρίδας του Τριτογενούς πρέπει να εξαφανίστηκαν σε περιόδους επικράτησης μη ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου (Carlstroem 1987).

Παλυνολογικές μελέτες στην Κρήτη έδειξαν ότι κατά το πρώτο μέρος του Ολοκαίνου το νησί καλυπτόταν από δάση όπου κυριαρχούσε το πεύκο, ενώ για το μεγαλύτερο μέρος της περιόδου που ακολούθησε το κυρίαρχο είδος ήταν η δρυς και μάλιστα η φυλλοβόλος (Bottema 1980). Σημαντική διαφορά με τη σημερινή βλάστηση του νησιού καταδεικνύει η παντελής απουσία ή η εξαιρετικά μικρή αντιπροσώπευση των μεσογειακών στοιχείων στα δείγματα που εξετάστηκαν (Bottema 1980).

1.4 Η φυτογεωγραφική διαίρεση του Αιγαίου, οι φυτογεωγραφικές σχέσεις και το Νότιο Τόξο

Η φυτογεωγραφική διαίρεση του Αιγαίου, όπως την παρουσίασε ο Rechingner (1943, 1950, 1951) σε μια σειρά σημαντικών δημοσιεύσεων, αποτελεί ακόμη και σήμερα το αναμφισβήτητο θεμέλιο για κάθε συγκριτική χωρολογική θεώρηση της συγκεκριμένης περιοχής (Greuter 1971). Αρκετές βιοσυστηματικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στη συνέχεια για κάποιες ομάδες ειδών φυτών, οι οποίες έχουν το κέντρο της εξάπλωσής τους στην περιοχή αυτή, τείνουν να ενισχύσουν τη φυτογεωγραφική αυτή διαίρεση, για την οποία ο Rechingner (1951) βασίστηκε:

α) Σε δεδομένα των κατανομών των μη ενδημικών ειδών φυτών, που έχουν περιοριστεί σε μεμονωμένα τμήματα της περιοχής.

β) Στον ενδημισμό που παρατηρείται σε επιμέρους τμήματα της περιοχής.

και γ) Στην απουσία ορισμένων ειδών από μεμονωμένα τμήματα της περιοχής, τα οποία όμως παρουσιάζουν ευρεία κατανομή σε άλλα τμήματά της.

Ο Rechingner (1951) χώρισε έτσι το Αιγαίο στις εξής φυτογεωγραφικές περιοχές (Εικόνα 1.6):

1. Δυτικό Αιγαίο, που χαρακτηρίζεται από πολυάριθμα είδη της ηπειρωτικής Ελλάδας, μεταξύ των οποίων εντοπίζονται το ανατολικομεσογειακό, το βαλκανικό και το νοτιοευρωπαϊκό στοιχείο.

2. Βόρειο Αιγαίο, το οποίο αποτελεί μια ζώνη, όπου πολλά τάξα φτάνουν στο νοτιότερο άκρο της εξάπλωσής τους.

3. Βορειοανατολικό Αιγαίο, όπου φτάνουν ορισμένα ανατολικά, κυρίως ανατολιακά, τάξα.

4. Ανατολικό Αιγαίο, που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μεγάλου αριθμού ανατολιακών τάξων.

5. Κεντρικό Αιγαίο, με χαρακτηριστικό στοιχείο την απουσία ενός σχετικά μεγάλου αριθμού ειδών, που όμως εξαπλώνονται σε όλο το υπόλοιπο Αιγαίο.

6. Νησιωτική αλυσίδα του Νοτίου Αιγαίου, η οποία από πολλές απόψεις κατέχει ξεχωριστή θέση στην περιοχή του Αιγαίου. Δεν εκτείνεται μπροστά σε ηπειρωτική περιοχή, αλλά «κλείνει» την νησιωτική περιοχή του Αιγαίου, αποτελώντας τη «γέφυρα» ανάμεσα στην ελληνική και την ανατολιακή ηπειρωτική γη, και περιλαμβάνει το μεγαλύτερο σε έκταση και υψόμετρο νησί του Αιγαίου, την Κρήτη.

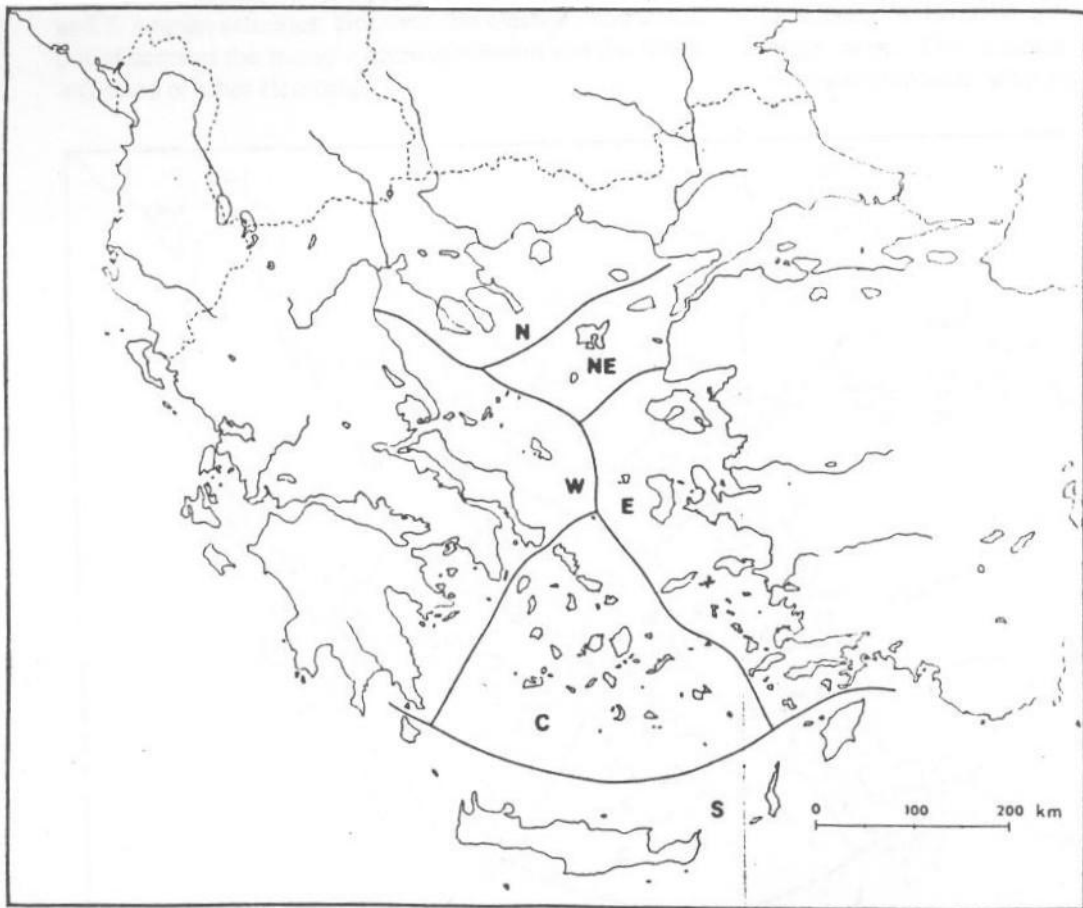
Η χλωρίδα του νησιωτικού αυτού συμπλέγματος περιλαμβάνει (Εικόνα 1.7):

α) **Ανατολικά τάξα** που δε φτάνουν ως την ηπειρωτική Ευρώπη.

β) **Τάξα της ανατολικής Μεσογείου που εξαπλώνονται περαιτέρω**, αλλά όχι προς την ανατολή. Σ' αυτά περιλαμβάνονται και είδη πολύ ευρείας εξάπλωσης, όπως είναι κάποια Πτεριδόφυτα, είδη των ελών και υδρόβια φυτά. Στο Νότιο Αιγαίο, οι τρεις παραπάνω κατηγορίες φυτών συγκεντρώνονται κυρίως στην Κρήτη.

γ) **Νότια τάξα**, τα περισσότερα από τα οποία είναι γνωστά στην ανατολική Μεσόγειο μόνο από το Νότιο Αιγαίο και τη Βόρεια Αφρική, κυρίως την Κυρηναϊκή. Για τα τάξα αυτά, ο Rechinger (1951) αναφέρει ότι αν ήταν βέβαιο ότι δεν έφτασαν στις περιοχές αυτές μέσω ανθρωποχωρίας, αλλά μέσω φυσικής εξάπλωσης, θα μπορούσαν να τεθούν σημαντικά ερωτήματα για την πρότερη σύνδεση της ξηράς μεταξύ των δύο αυτών περιοχών. Η άποψη του Greuter (1971) για το ίδιο θέμα αναφέρεται παρακάτω.

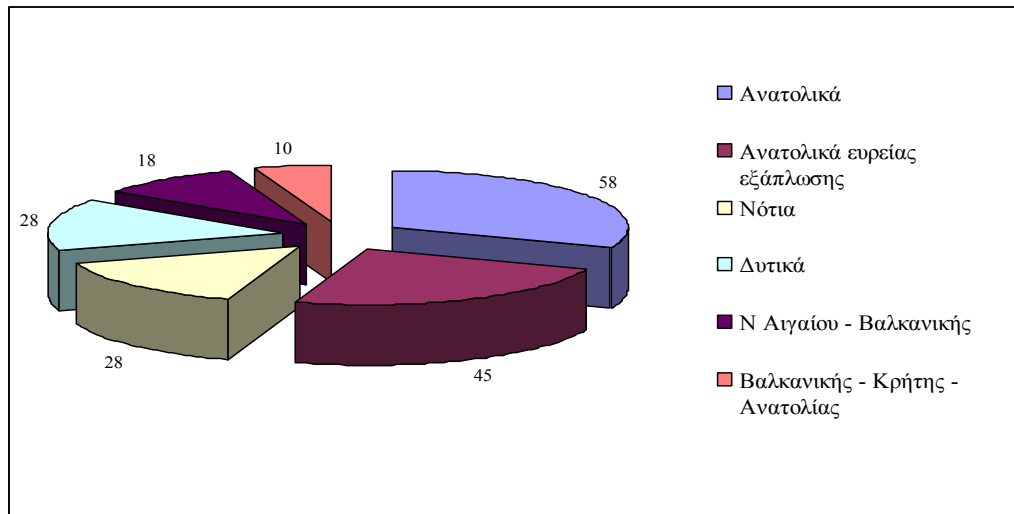
δ) **Τάξα**, τα οποία δηλώνουν τη χλωριδική σχέση του Νοτίου Αιγαίου, και ιδιαίτερος της Κρήτης, με τη Δύση (άλλες επιμέρους περιοχές του Αιγαίου δεν παρουσιάζουν τόσο ουσιαστική σχέση με τη Δύση). Μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται τάξα που έχουν την κύρια περιοχή εξάπλωσής τους δυτικά του Αιγαίου, αλλά και πραγματικά δυτικομεσογειακά τάξα.



Εικόνα 1.6: Φυτογεωγραφική διαίρεση του Αιγαίου σύμφωνα με τον Rechinger (1951). W: Δυτικό, N: Βόρειο Αιγαίο, NE: Βορειοανατολικό, E: Ανατολικό, C: Κεντρικό, S: Νότιο Τόξο.

ε) **Τάξα που εμφανίζουν το πρότυπο εξάπλωσης Νότιο Αιγαίο (κυρίως Κρήτη) – Βαλκανική χερσόνησος (κυρίως Ελλάδα).**

στ) Μικρό αριθμό τάξεων που αποσαφηνίζουν τη θέση της «γέφυρας» που κατέχει το Τόξο του Νοτίου Αιγαίου. Πρόκειται για τάξα που υπάρχουν τόσο στη Βαλκανική χερσόνησο, όσο και στην Κρήτη και στην ηπειρωτική περιοχή της Ανατολίας.



Εικόνα 1.7: Οι έξι βασικές ομάδες μη ενδημικών τάξεων τις οποίες διακρίνει ο Rechingner (1951) στη χλωρίδα του Νοτίου Αιγαίου. Συνολικά αναφέρεται σε 187 τάξα, τα οποία διαιρούνται στις έξι ομάδες όπως φαίνεται στο διάγραμμα.

Ο Rechingner τονίζει επίσης ότι τόσο τα Κύθηρα στα δυτικά, όσο και η Ρόδος στα ανατολικά, κρατούν μια διπλή χλωριδική θέση: αποτελούν τα δύο αντίστοιχα φυτογεωγραφικά άκρα του Τόξου, αλλά εμφανίζουν και στενή φυτογεωγραφική σχέση με τις γειτονικές τους ηπειρωτικές και νησιωτικές περιοχές. Όπως θα αναφερθεί παρακάτω, το γεγονός αυτό παρατήρησαν και αργότερα και άλλοι ερευνητές.

Ο Rechniger πρώτος επισήμανε ακόμη ότι τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου είναι φυτογεωγραφικώς διακριτά από τις Κυκλάδες. Χλωριδικές μελέτες που ακολούθησαν (Flora Europaea, Flora of Turkey and the East Aegean islands), αναγνώρισαν το Ανατολικό Αιγαίο ως το φυτογεωγραφικό όριο ανάμεσα στην Ευρώπη και την Ασία. Ο Strid (1996) πρότεινε την ονομασία «γραμμή του Rechingner» (“Rechingner’s line”), για το νοητό φυτογεωγραφικό όριο μεταξύ Κυκλάδων και Ανατολικού Αιγαίου, κατ’ αναλογία με τη «γραμμή του Wallace», που χωρίζει τη ζωογεωγραφική περιοχή της N-NA Ασίας από αυτήν της Αυστραλίας, εξαιρώντας όμως έτσι φυτογεωγραφικά την ομάδα νησιών της Ρόδου από το Τόξο του Νοτίου Αιγαίου (Strid 1996).

Τα ανατολικομεσογειακά χαρακτηριστικά της χλωρίδας της Κρήτης εκφράζονται έντονα μέσω της κυριαρχίας ειδών αυτής της προέλευσης, κυρίως σε διαπλάσεις με νάνους-θάμνους. Τέτοια είδη είναι τα *Sarcopoterium spinosum*, *Coridothymus capitatus*, *Euphorbia acanthothymnos*, *Salvia triloba*, *Satureja thymbra* κ.ά. Επίσης, υπάρχουν ορισμένα δενδρώδη είδη της ανατολικής Μεσογείου, όπως είναι τα *Pinus brutia*, και *Quercus macrolepis*, και μια σειρά ανατολικομεσογειακών οροφύτων, όπως τα *Berberis cretica* και *Daphne sericea* (Zohary & Orshan 1966). Αν στο ανατολικομεσογειακό

στοιχείο προστεθεί η ομάδα των Μεσογειακών-Ιρανο-Τουρανικών ειδών που υπάρχουν στην Κρήτη, τότε το στοιχείο της χλωρίδας της ΝΔ Ασίας συνολικά αντιπροσωπεύει το 49% της χλωρίδας του νησιού (Zohary & Orshan 1966). Αυτή η φυτογεωγραφική θεώρηση μπορεί να υποστηρίξει το συμπέρασμα ότι το νησί συνδεόταν με την ηπειρωτική περιοχή της ΝΔ Ασίας για μακρύ χρονικό διάστημα, πιθανότατα μέσω της Καρπάθου και της Ρόδου (Zohary & Orshan 1966).

Όμως, οι αμυδρές σχέσεις με το καθαρά Ιρανο-Τουρανικό στοιχείο, που καταδεικνύονται με την ύπαρξη στην Κρήτη των *Pyrus amygdaliformis*, *Salsola aegaea* κ.ά., και η απουσία κάποιων ειδών του στοιχείου αυτού, που απαντώνται προς δυσμάς μέχρι και την Κύπρο, εξαιρούν την Κρήτη από τη «σφαίρα επιρροής» της ημιστεππικής χλωρίδας της ΝΔ Ασίας (Zohary & Orshan 1966).

133 είδη, που αντιστοιχούν στο 11% της χλωρίδας της Ρόδου προέρχονται από τα ανατολικά, μεταξύ των οποίων και η λικιδάμβραρη *Liquidambar orientalis* (Hamamelidaceae), ασιατικό είδος που στην Ελλάδα απαντάται ως αυτοφυές μόνο στο νησί αυτό.

41 είδη της Καρπάθου, ορισμένα από τα οποία δεν υπάρχουν στην Κρήτη, είναι επίσης ανατολικά. Σημαντική εκπροσώπηση ειδών της Ανατολίας παρατηρείται στη χλωρίδα του νησιωτικού συμπλέγματος της Καρπάθου, με πρόσφατα ανακαλυφθέντα παραδείγματα τα *Silene macrodonta*, *Aristolochia parvifolia* και *Isatis lusitanica* (Greuter 1975).

Στα νησιά του Ν Αιγαίου παρατηρείται σταθερή μείωση με κατεύθυνση προς ανατολάς, του αριθμού των ειδών που ανήκουν στο δυτικό στοιχείο, δηλαδή στην ομάδα των ειδών των οποίων η κύρια γεωγραφική κατανομή εντοπίζεται δυτικά του Αιγαίου. Ο μεγαλύτερος αριθμός ειδών δυτικής προέλευσης, περίπου 95, απαντάται στην Κρήτη. Μόλις περίπου 18 είδη της κατηγορίας αυτής υπάρχουν στη Ρόδο (Carlstroem 1987).

Οι βορειοδυτικές περιοχές της Κρήτης παρουσιάζουν μεγάλο αριθμό ενδημικών και μη ειδών, που έχουν συγγενικά είδη στα Βαλκάνια. Είδη της μακκίας βλάστησης, όπως τα *Quercus coccifera* και *Arbutus unedo*, είναι δυτικομεσογειακής προελεύσεως (Zohary & Orshan 1966).

Παρείσδυση του ενδημικού στοιχείου της Πελοποννήσου στο δυτικό άκρο της Κρήτης έχει επίσης παρατηρηθεί. Δύο είδη, τα οποία ανακαλύφθηκαν πρόσφατα στο νησί, η *Asperula taygetea* και η *Cymbalaria microcalyx* ssp. *microcalyx*, ήταν ήδη γνωστά από τα Κύθηρα και το πρώτο επίσης από τα Αντικύθηρα, ενώ το δεύτερο πιθανότατα συμπεριλαμβάνει και τη var. *heterosepala* (Greuter 1975).

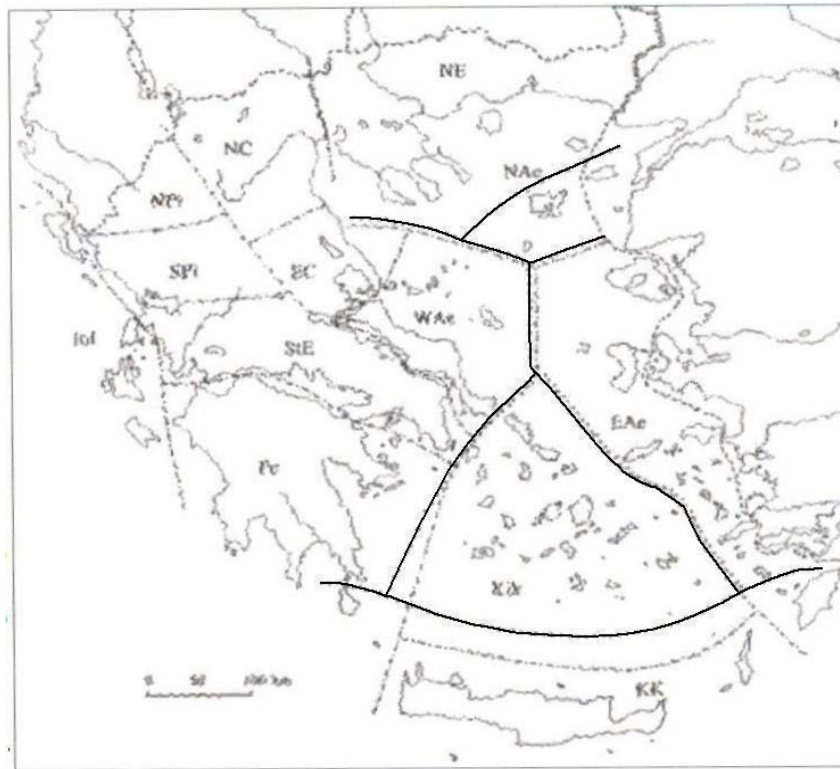
Σύμφωνα με τον Greuter (1971), το στοιχείο της χλωρίδας που συνδέει το Τόξο του Νοτίου Αιγαίου με το Νότο μπορεί να χωριστεί σε δύο ομάδες:

1. Στα πραγματικά μεσογειακά είδη, τα οποία απαντώνται στην περιοχή μελέτης από κοινού με συγκεκριμένες περιοχές της βορείου Αφρικής, και μάλιστα την Κυρηναϊκή. Ο αριθμός των ειδών αυτών είναι περιορισμένος, και είχαν καθοριστεί ήδη από τον Rechinger: τα είδη *Viola*

scorpiuroides, *Sedum creticum*, *Teucrium brevifolium*, *Nepeta scordotis* (incl. *N. visianii*), *Phlomis floccosa*, *Ballota pseudodictamnus* και *Stachys tournefortii* αποτελούν παραδείγματα που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν μία κάποτε υφιστάμενη απευθείας γεωγραφική σύνδεση Κρήτης – Κυρηναϊκής. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, όταν το ίδιο θέμα είχε θίξει και ο Rechinger (1951), τόνισε ότι το ερώτημα θα μπορούσε να τεθεί, εφόσον ήταν σίγουρο ότι τα είδη αυτά δε μεταφέρθηκαν μέσω ανθρωποχωρίας. Ο Greuter (1971) απαντά ότι η *Nepeta scordotis* στο Ν Αιγαίο αναπτύσσεται κατά κύριο λόγο σε χαλάσματα και παλιούς τοίχους και το *Stachys tournefortii* σε παρυφές καλλιεργημένων εκτάσεων, ώστε θα μπορούσαν πιθανώς να είναι είδη που πράγματι έφτασαν εκεί μέσω ανθρωποχωρίας. Ο ίδιος συγγραφέας δεν μπορεί να σχολιάσει (ελλείπει προφανώς των απαραίτητων αποδείξεων), τον ισχυρισμό ότι η *Ballota pseudodictamnus*, σίγουρα είδος της κρητικής χλωρίδας, δεν εισήχθη στην Κυρηναϊκή. Θεωρεί όμως ότι η εξάπλωση του *Phlomis floccosa*, το οποίο περιορίζεται στο σύμπλεγμα της Καρπάθου, δεν μπορεί να έχει προέλθει μέσω φυσικής εξάπλωσης. Οι κατανομές των παραπάνω ειδών αποτελούν ενδείξεις αλλά όχι αποδείξεις πρότερης γεωγραφικής σύνδεσης Κρήτης – Κυρηναϊκής: ενδεχομένως οι κατανομές αυτές να είναι υπολείμματα ευρύτερων εξαπλώσεων, οι οποίες κάλυπταν το σύνολο του ανατολικού άκρου της μεσογειακής περιοχής, φτάνοντας έτσι ως το Ν Αιγαίο. Η πιθανότητα της μετέπειτα διατήρησης υπολειμματικών ειδών από κοινού στις δύο αυτές περιοχές ενισχύεται από τις παρόμοιες κλιματικές συνθήκες και τη σχετική απομόνωσή τους από την υπόλοιπη μεσογειακή περιοχή: του Ν Αιγαίου λόγω της θάλασσας και της Κυρηναϊκής λόγω των ερημικών περιοχών που μεσολαβούν (Greuter 1971).

2. Στους εκπροσώπους ξηρότερων κλιματικών ζωνών, οι οποίοι απαντώνται σε συγκεκριμένες διαπλάσεις, παρόμοιες με αυτές ημιορημικών περιοχών, στο παράκτιο τμήμα κυρίως της νότιας και της ανατολικής Κρήτης. Τέτοιες διαπλάσεις θεωρούνται υπολειμματικές. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν π.χ. οι διαπλάσεις των αμμωδών ακτών και των αμμοθινών, με είδη όπως τα *Juniperus macrocarpa*, *Silene ammorphila*, *Malcolmia africana* και το *Phoenix theophrasti*. Η πλειοψηφία των ειδών των διαπλάσεων αυτών έχουν συγγενικά είδη νοτίως της Κρήτης, κυρίως Σαχάρας – αραβικά (Greuter 1971).

Για τη δημιουργία της «**Flora Hellenica**» υιοθετήθηκε ο **διαχωρισμός της Ελλάδας σε 13 χλωριδικές περιοχές** (Strid 1996). Στο διαχωρισμό αυτό (Εικόνα 1.8), το χαρακτηριστικό στοιχείο είναι ότι οι Κυκλάδες (με τη φυτογεωγραφική έννοια) (Κικ) αναγνωρίζονται ως ομάδα νησιών διακριτή από τις δυτικές, νότιες και ανατολικές περιοχές. Επίσης, το Τόξο του Νοτίου Αιγαίου διαιρείται σε τρεις υποπεριοχές, με τα Κύθηρα και τα Αντικύθηρα να χωρίζονται προς δυσμάς και να ομαδοποιούνται με την Πελοπόννησο (Pe) και την ομάδα των νησιών της Ρόδου να χωρίζεται προς ανατολάς και να αντιστοιχίζεται στο Ανατολικό Αιγαίο (EAe). Η Κρήτη και τα μικρονήσια της, μαζί με την ομάδα της Καρπάθου (KK) συγκροτούν την τρίτη υποπεριοχή.



Εικόνα 1.8: Οι 13 χλωριδικές περιοχές της Ελλάδος που υιοθετήθηκαν για τη δημιουργία της “Flora Hellenica” (εστιγμένες γραμμές). Οι συνεχείς γραμμές δείχνουν το φυτογεωγραφικό διαχωρισμό της περιοχής του Αιγαίου από τον Rechinger (1951), στις οποίες συμπεριλαμβάνεται το Τόξο του Νοτίου Αιγαίου (τροποποιημένο από Strid 1996).

Όσον αφορά στα **Κύθηρα** και στα **Αντικύθηρα**, η νησιωτική τους αλυσίδα, που περιλαμβάνει ακόμα την Ελαφόνησο και κάποιες μικρές, ακατοίκητες νησίδες, αποτελεί μία από τις πιο ενδιαφέρουσες περιοχές της Ελλάδος από χλωριδικής και φυτογεωγραφικής απόψεως (Tzanoudakis *et. al.* 1998). Η στενότερη σχέση των Κυθήρων με την Πελοπόννησο, παρά με την Κρήτη, υποστηρίζεται από τον υπολογισμό του παρακάτω δείκτη, με τη βοήθεια του οποίου μπορούν να συγκριθούν οι χλωρίδες δύο νησιών:

$$i = \frac{C \times 100}{A \times B}$$

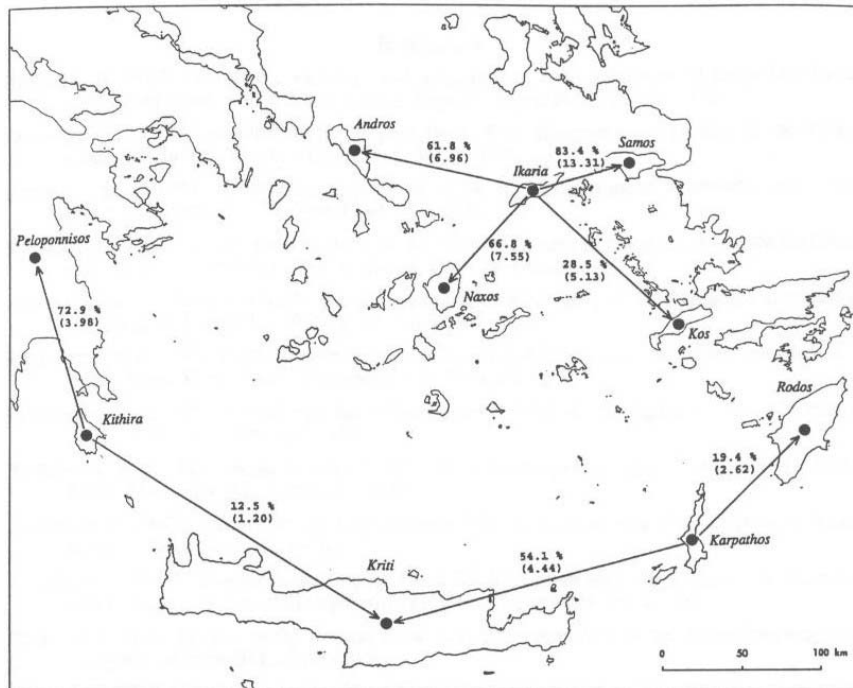
όπου A είναι ο αριθμός των ειδών που υπάρχουν μόνο στο πρώτο από τα δύο νησιά, B είναι ο αριθμός των ειδών που υπάρχει μόνο στο δεύτερο νησί και C είναι ο αριθμός των ειδών που μοιράζονται και τα δύο αυτά νησιά. Ο Strid (1996) θεωρεί ότι για τη σύγκριση αυτή μεταξύ νησιών, ο συγκεκριμένος δείκτης έχει μεγαλύτερη βιολογική σημασία από τους κοινώς χρησιμοποιούμενους δείκτες του Simpson και του Sørensen. Η τιμή του δείκτη *i* για τη σχέση Κυθήρων – Πελοποννήσου είναι 3,98, ενώ για τη σχέση Κυθήρων – Κρήτης είναι 1,20 (Εικόνα 1.9). Ο Rechinger (1967) εξέτασε τη φυτογεωγραφική θέση των Κυθήρων και των Αντικυθήρων βάσει

των ειδών με σχετικώς στενότερη εξάπλωση και διαπίστωσε ότι η χλωρίδα τους χαρακτηρίζεται από είδη κοινά τόσο με την Πελοπόννησο, τα οποία έχουν συγγενικά τους στις δυτικές περιοχές, όσο και από σχεδόν ισάριθμα είδη, που δείχνουν σχέσεις με την Κρήτη αλλά και με ανατολικότερες περιοχές. Δηλαδή, τα Κύθηρα και τα Αντικύθηρα φυτογεωγραφικώς αποτελούν το δυτικό τμήμα της νησιωτικής αλυσίδας του Νοτίου Αιγαίου και μαζί το νότιο τμήμα του δυτικού Αιγαίου: πρόκειται για μια διπλή φυτογεωγραφική θέση, ανάλογη με αυτήν της Ρόδου.

Η φυτογεωγραφική θέση της Καρπάθου εξετάζεται από τον Raus (1991), ο οποίος συμπεραίνει ότι συνδέονται περισσότερο με τη δύση απ' ό,τι με την ανατολή, συνεπώς το σύμπλεγμα των νησιών της ανήκει φυτογεωγραφικώς στην Ευρώπη και όχι στην Ασία. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνουν και οι τιμές του δείκτη *i* (Strid 1996), που είναι 4,44 για τη σύγκριση Καρπάθου – Κρήτης και 2,62 για τη σύγκριση Καρπάθου – Ρόδου (Εικόνα 1.11). Τόσο η Flora Europaea, βασισμένη στα δεδομένα του Rechinger, όσο και νεότερες εμπειριστατωμένες μελέτες, όπως αυτές των Turland *et al.* (1993) και των Jahn & Schoenfelder (1995), αλλά και η Flora Hellenica, αναγνωρίζουν και εξετάζουν την Κρήτη και το σύμπλεγμα νησιών της Καρπάθου ως μια ξεχωριστή φυτογεωγραφική ενότητα. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται με μια σύγκριση των χλωρίδων της Κρήτης, της Καρπάθου και της Ρόδου με τη χρήση στοιχείων από τη βάση δεδομένων της Flora Hellenica: από ένα σύνολο 170 ειδών της Καρπάθου, 92 υπάρχουν στην Κρήτη αλλά όχι στη Ρόδο, 33 μόνο υπάρχουν στη Ρόδο αλλά όχι στην Κρήτη, και τα υπόλοιπα απουσιάζουν και από τα δύο αυτά νησιά.

Άρα, η χρησιμοποίηση του δείκτη *i* επιβεβαιώνει τη μία πλευρά της διπλής χλωριδικής σχέσης που κατέχουν, σύμφωνα με τον Rechinger, τα Κύθηρα και η Ρόδος.

Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων της Flora Hellenica (Strid 1996), η Πελοπόννησος με τα Κύθηρα και τα Αντικύθηρα, οι Κυκλάδες, το σύμπλεγμα Κρήτης – Καρπάθου και τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου (EAe), περιλαμβάνουν συνολικά 3.575 είδη. Από αυτά, 999 είναι είδη «ευρείας εξάπλωσης», υπάρχουν δηλαδή και στις τέσσερις αυτές περιοχές. Τα είδη «στενής εξάπλωσης», δηλαδή αυτά που υπάρχουν μόνο σε μία εκ των τεσσάρων αυτών περιοχών και εξαπλώνονται στις γειτονικές αυτής περιοχές, τα οποία έχουν και μεγαλύτερη φυτογεωγραφική σημασία και αποτελούν μέτρο της «μοναδικότητας» της χλωρίδας της εκάστοτε περιοχής, είναι 1.504 για την περιοχή της Πελοποννήσου (60,1% της συνολικής της χλωρίδας), 521 για τις Κυκλάδες (34,3% της συνολικής της χλωρίδας), 799 για την Κρήτη, την Καρπάθο και τα μικρότερα νησιά του συμπλέγματος (44,4% της συνολικής χλωρίδας τους) και 1.201 για τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου (54,6% της συνολικής χλωρίδας τους).



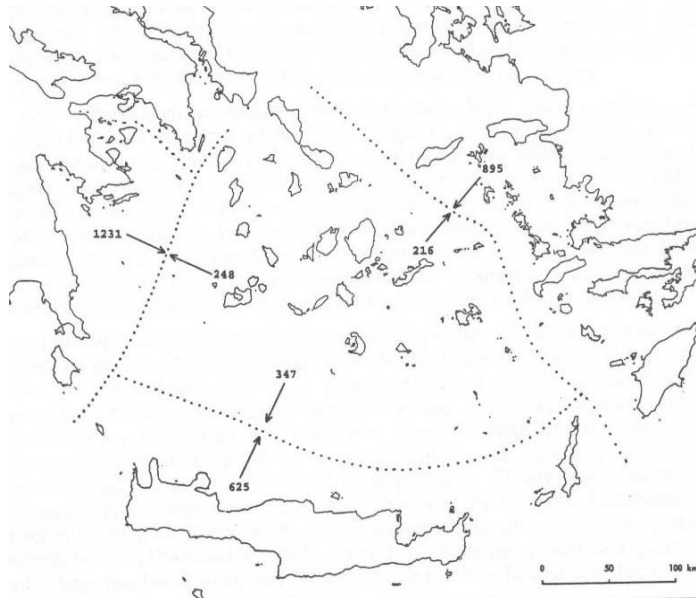
Εικόνα 1.9: Οι τιμές του δείκτη i (αριθμοί μέσα στις παρενθέσεις) (Strid 1996) υποστηρίζουν τη στενότερη σχέση των Κυθήρων με την Πελοπόννησο, παρά με την Κρήτη, και της Καρπάθου με την Κρήτη, παρά με τη Ρόδο. Οι αριθμοί που σημειώνονται επί τοις εκατό δείχνουν το ποσοστό της χλωρίδας των Κυθήρων, το οποίο αποτελούν τα κοινά είδη του νησιού με την Πελοπόννησο και την Κρήτη αντιστοίχως, και, ομοίως, για την Κάρπαθο, το ποσοστό της χλωρίδας της που αποτελούν τα κοινά είδη με την Κρήτη και τη Ρόδο (από Strid 1996).

Το χαμηλό ποσοστό ειδών «στενής εξάπλωσης» που εμφανίζουν οι Κυκλάδες ήταν αναμενόμενο, λόγω της σχετικά φτωχής συνολικής χλωρίδας τους. Παράλληλα όμως, αξιοσημείωτο είναι ότι το σύμπλεγμα Κρήτης – Καρπάθου, μια περιοχή που χαρακτηρίζεται από το σχετικά μεγάλο αριθμό ενδημικών ειδών, δεν εμφανίζει παρά λίγο υψηλότερο ποσοστό ειδών στενής εξάπλωσης από τις Κυκλάδες. Το γεγονός αυτό οφείλεται προφανώς στο αντιστάθμισμα του ενδημικού στοιχείου από μεγάλο αριθμό ειδών ευρείας εξάπλωσης, που απαντώνται στα χαμηλά κυρίως υψόμετρα.

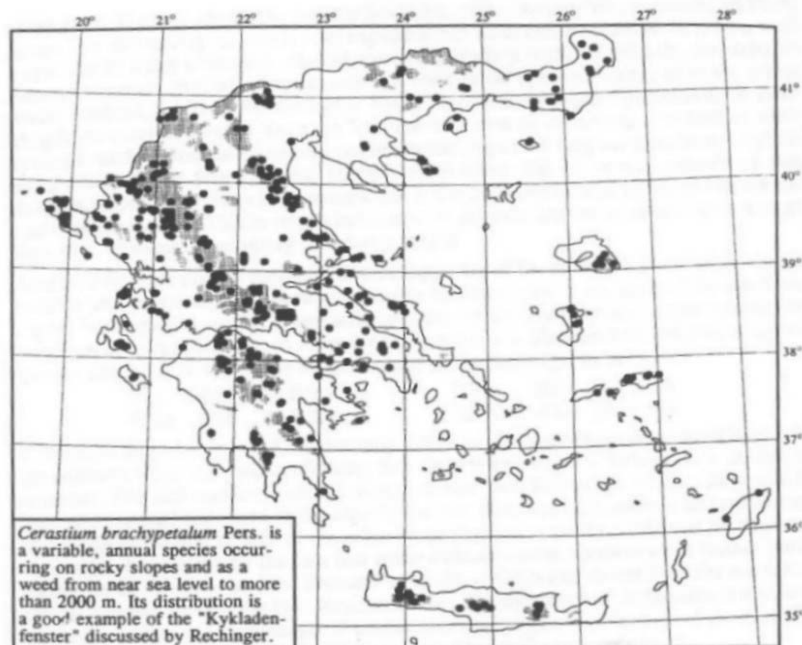
Η Πελοπόννησος εμφανίζει σημαντικά υψηλότερο ποσοστό ειδών «στενής εξάπλωσης». Τα περισσότερα από τα «ηπειρωτικά» της είδη υπάρχουν επίσης πιο βόρεια στην Ελλάδα και τη Βαλκανική χερσόνησο. Δεν εξαπλώνονται όμως στην περιοχή του Αιγαίου, καθώς πολλά από αυτά είναι είδη των ορεινών όγκων ή των δασών.

Όσον αφορά στο **Ανατολικό Αιγαίο**, το υψηλό ποσοστό ειδών «στενής εξάπλωσης» που παρατηρείται, αποδίδεται στην ισχυρή εκπροσώπηση του **ανατολικού στοιχείου**, το οποίο δεν υπερβαίνει τη «γραμμή του Rechinger». Παράλληλα, η ύπαρξη της «γραμμής» αυτής υποστηρίζεται και από το επίσης υψηλό ποσοστό (22,4%) ειδών που υπάρχουν μόνο στο Ανατολικό Αιγαίο και σε καμία άλλη από τις τρεις περιοχές. (Το στοιχείο αυτό αποτελεί επίσης πολύ σημαντικό μέτρο της «μοναδικότητας» της χλωρίδας μιας περιοχής).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ένας σημαντικός αριθμός ειδών που υπάρχουν στην ηπειρωτική Ελλάδα, την Κρήτη και τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου απουσιάζουν από το Κεντρικό Αιγαίο. Το κενό αυτό χαρακτηρίζεται από τον Rechinger ως «παράθυρο των Κυκλάδων» (“Kykladenfenster”). Η αμφίδρομη φυτογεωγραφική σχέση των Κυκλάδων με τις γύρω περιοχές παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.10 και στην Εικόνα 1.11 διακρίνεται το «παράθυρο των Κυκλάδων», στην περίπτωση της γεωγραφικής κατανομής του *Cerastium brachypetalum* Pers. Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν αριθμούς ειδών φυτών και τα βέλη τις δυνητικές κατευθύνσεις εξάπλωσης, που όμως ανακόπτονται. Από τη συνολική χλωρίδα των Κυκλάδων, 248 είδη δεν υπάρχουν στην Πελοπόννησο και τα Κύθηρα, 374 δεν υπάρχουν στην περιοχή Κρήτης – Καρπάθου, και 216 δεν υπάρχουν στο Ανατολικό Αιγαίο. Όσον αφορά τις περιοχές που περιβάλλουν το «παράθυρο», 1.231 από τα είδη φυτών της Πελοποννήσου, 625 είδη του συμπλέγματος Κρήτης – Καρπάθου και 895 είδη των νησιών ανατολικά της «γραμμής του Rechinger» δεν εξαπλώνονται στις Κυκλάδες.



Εικόνα 1.10: Φυτογεωγραφικές σχέσεις των Κυκλάδων με τις γειτονικές περιοχές. Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν αριθμούς ειδών φυτών και τα βέλη τις δυνητικές κατευθύνσεις εξάπλωσης, που όμως ανακόπτονται.



Εικόνα 1.11: Η γεωγραφική κατανομή του *Cerastium brachypetalum Pers.*, που φύεται σε βραχώδεις πλαγιές και ως ζιζάνιο από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι υψόμετρο μεγαλύτερο των 2.000m, δείχνει το κενό του «παραθύρου των Κυκλάδων» στο κεντρικό Αιγαίο.

Ο Runemark (1971) θεωρεί πιθανόν ότι η πτώχευση της χλωρίδας των Κυκλάδων οφείλεται στο γεγονός ότι πολλά είδη των νησιών αυτών εξαφανίστηκαν ή επιβίωσαν σε άλλα συγκεκριμένα καταφύγια κατά τις κλιματικές διακυμάνσεις του Πλειστοκαίνου. Αξιοσημείωτο πάντως είναι ότι, στα πλαίσια διερεύνησης της **κατανομής τύπων βλάστησης και οικολογικών χλωριδικών στοιχείων στην περιοχή του Αιγαίου**, ο ίδιος ερευνητής διαπιστώνει:

α) Όσον αφορά στη χλωρίδα των γκρεμών* (cliff flora): Τα περισσότερα από τα είδη των υποχρεωτικών χασμοφύτων (obligate chasmophytes) του Κεντρικού Αιγαίου υπάρχουν επίσης στην περιοχή του Νοτίου Αιγαίου, και ιδιαίτερος στην Κρήτη, δείχνοντας έτσι φυτογεωγραφική σχέση μεταξύ των δύο αυτών περιοχών (Εικόνα 1.12). Λίγα είδη φτάνουν επίσης ως την περιοχή του Ανατολικού Αιγαίου, και πολύ λίγα φτάνουν ως την ηπειρωτική Ελλάδα. Οι περιοχές της κατανομής τους, ο περιορισμός σε ασβεστολιθικά γκρεμνά των ακτών, η ταξινομική απομόνωση πολλών από αυτά και η παρατηρούμενη τοπική διαφοροποίηση πολλών ειδών, δίνουν την εντύπωση ότι το στοιχείο αυτό είναι το τελευταίο κατάλοιπο της χλωρίδας των ακτών της θάλασσας της Κρήτης κατά το Πλειόκαινο.

* Τα νησιά του Κεντρικού Αιγαίου παρουσιάζουν μεγάλη κατάτμηση στην τοπογραφία τους, με πολλά γκρεμνά, με ύψος λίγων μέτρων αλλά και μεγάλα συστήματα γκρεμών με ύψος 700m στην ανατολική Αμοργό. Στις παρακείμενες φυτογεωγραφικές περιοχές η κατάσταση είναι παρόμοια. Τα μεγαλύτερα συστήματα γκρεμών στο Αιγαίο είναι αυτά της Καρπάθου, που ξεπερνούν σε ύψος τα 1.000m, και τα μεγάλα φαράγγια και γκρεμνά κατά μήκος της ΝΔ ακτής της Κρήτης (Runemark 1971).

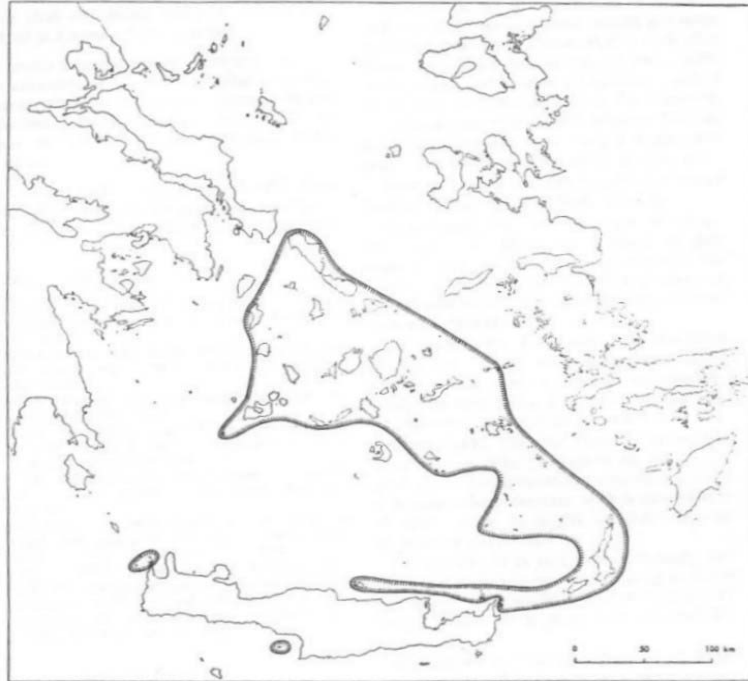


Εικόνα 1.12: Η κατανομή του χλωριδικού στοιχείου των γκρεμινών στο Αιγαίο. Διαγραμμισμένες είναι οι πολύ πλούσιες σε χασμόφυτα περιοχές.

β) Όσον αφορά στην υπερπαράκτια χλωρίδα^{*}: Στη βλάστηση των βραχιδών ακτών μπορούν να διακριθούν δύο ζώνες, μια παράκτια, που συντίθεται από πραγματικά αλόφυτα, και μία υπερπαράκτια, η οποία δε βρέχεται από τη θάλασσα, ακόμη και κατά τη διάρκεια θυελλών. Τα αλόφυτα της παράκτιας ζώνης είναι κυρίως μεσογειακά είδη ευρείας εξάπλωσης, που απαντώνται σε όλες τις βραχώδεις ακτές του Αιγαίου, όπως τα *Silene sedoides*, *Lotus creticus* και *Frankenia hirsuta*. Η υπερπαράκτια ζώνη κανονικά καταλαμβάνεται από φρυγανική βλάστηση, φτωχή σε είδη. Σε ορισμένα όμως μικρά νησιά, απαντάται μια ιδιαίτερη χλωρίδα στην υπερπαράκτια ζώνη: κάποια από τα είδη της περιορίζονται μόνο στα νησιά αυτά και άλλα είδη βρίσκονται κυρίως σε τέτοια νησιά, αλλά έχουν βρεθεί να φύονται ευκαιριακά και στις ακτές μεγαλύτερων νησιών. Οι περιοχές κατανομής του υπερπαράκτιου στοιχείου συνολικά, η μεμονωμένη εμφάνιση δυτικομεσογειακών ειδών και η ισχυρή τοπική διαφοροποίηση πολλών ειδών δίνουν την εντύπωση ότι τα μικρά νησιά αποτέλεσαν καταφύγια για τα τελευταία υπολείμματα της χλωρίδας της περιοχής γύρω από την Κρήτη κατά το Πλειόκαινο, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη σημερινή παρατηρούμενη φυτογεωγραφική σύνδεση (Εικόνα 1.13). Όσον αφορά στη χλωρίδα των αμμωδών ακτών, αυτή αποτελείται σχεδόν μόνο από είδη που εμφανίζουν ευρεία εξάπλωση στη Μεσόγειο και ορισμένες φορές στη δυτική Ευρώπη. Εξαίρεση αποτελεί η *Silene sartorii*, ενδημικό είδος του Αιγαίου. Από τα

^{*} Χρησιμοποιούμε τον όρο αυτόν για την απόδοση του «sublittoral flora», που χρησιμοποιεί ο συγγραφέας, διότι «υποπαράκτια» είναι η νηριτική ζώνη της θάλασσας, που αναπτύσσεται μετά την παράκτια ζώνη και καλύπτει τα continental shelves από το βάθος λίγων μέτρων έως και τα 200m (Brown & Gibson 1983). Είναι προφανές ότι ο συγγραφέας αναφέρεται στην υπερπαράκτια ζώνη.

λίγα είδη της νοτίου Μεσογείου που υπάρχουν στην Κρήτη, μόνο το *Hyoseris lucida* φτάνει ως το κεντρικό Αιγαίο.

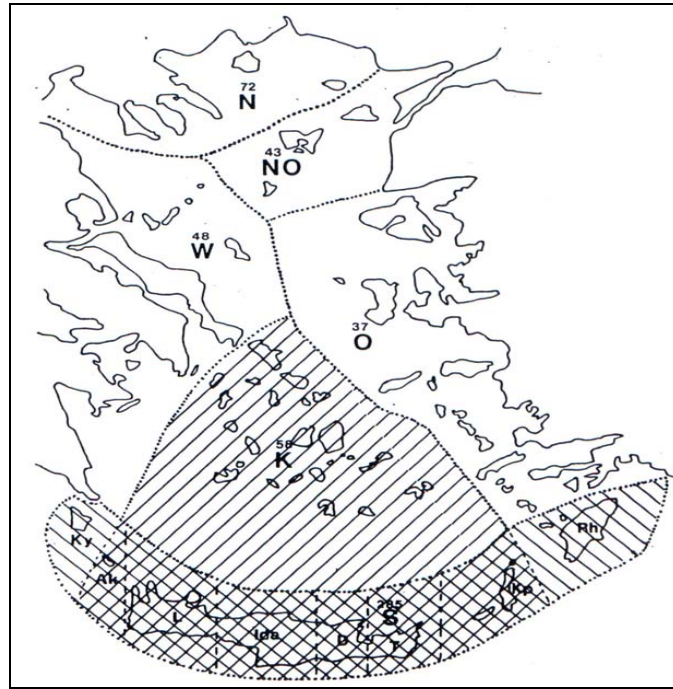


Εικόνα 1.13: Το υπερπαρακτίο στοιχείο της χλωρίδας συνδέει φυτογεωγραφικά το Κεντρικό και το Νότιο Αιγαίο (Runemark 1971).

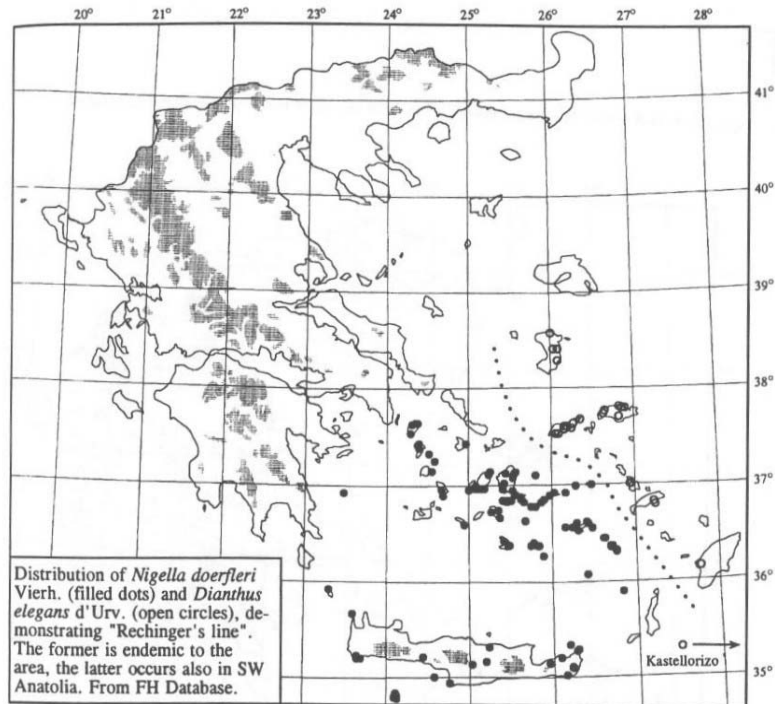
Στη φυτογεωγραφική του μελέτη για το Νότιο Αιγαίο, ο Greuter (1971) επισημαίνει ότι και το κεντρικό τμήμα του Τόξου, δηλαδή το σύμπλεγμα της Καρπάθου, η Κρήτη και τα Αντικύθηρα έχουν διπλό χλωριδικό / φυτογεωγραφικό ρόλο, όπως τα Κύθηρα και η Ρόδος. Συγκεκριμένα, ανήκουν στο Τόξο, αλλά παράλληλα ομαδοποιούνται με τις Κυκλάδες και μαζί ανήκουν στην περιοχή του Αιγαίου που θεωρείται απομακρυσμένη από τη χέρσο. Έτσι, τα Αντικύθηρα, η Κρήτη, η Κάσος, η Κάρπαθος, η Σαρία, και οι Κυκλάδες ονομάζονται από τον Greuter (1971) «**Καρδιά του Αιγαίου**» (γερμανικά «Kardaegaeis», αγγλικά «Cardaegean») (Εικόνα 1.14), για να διακρίνεται από το «Κεντρικό Αιγαίο», με το οποίο νοούνται οι Κυκλάδες. Τα Αντικύθηρα συμπεριλήφθησαν στην «Καρδιά του Αιγαίου» κυρίως βάσει της γεωγραφικής κατανομής της *Nigella doerfleri* Vierh. (Εικόνα 1.15). Η περιοχή της «Καρδιάς του Αιγαίου» χαρακτηρίζεται κυρίως από την απουσία ειδών που εξαπλώθηκαν κατά το Πλειστόκαινο, από μικρούς αριθμούς ειδών και από μεγάλο ποσοστό ανθρωπόχωρων ειδών, παράλληλα με το εξίσου σημαντικό υπολειμματικό στοιχείο (Greuter *et al.* 1983).

Στη συνέχεια, ο ίδιος ο Greuter (1971) χώρισε την «Καρδιά του Αιγαίου» σε φυτογεωγραφικές υποπεριοχές (Εικόνα 1.15), βασιζόμενος στις χλωριδικές σχέσεις μεταξύ των νησιών των επιμέρους συμπλεγμάτων. Στην Κρήτη μόνο διέκρινε τέσσερις υποπεριοχές – φυτογεωγραφικές ενότητες, που αντιστοιχούν στους βασικούς όγκους του νησιού, κάτι που ήδη είχαν προτείνει οι Rikli & Ruebel (1923):

τη δυτική, με τα Λευκά Όρη (L), την κεντρική, με την Ίδη και πολυάριθμους άλλους χαμηλότερους ορεινούς όγκους (Ida), την περιοχή της Δίκτης (D) και τη χερσόνησο της Σητείας (S). Είναι προφανές ότι οι Κυκλάδες (Κ) αποτελούν μια ξεχωριστή υποπεριοχή. Δύο ξεχωριστές περιοχές είναι και οι ομάδες Ρόδου – Χάλκης – Σύμης – Τήλου (Rh) και Καρπάθου – Κάσου – Σαρίας (Kp). Όσον αφορά τα Κύθηρα (Ky) και τα Αντικύθηρα (Ak), είναι καλύτερο να θεωρούνται ως ξεχωριστές υποπεριοχές.



Εικόνα 1.14: Το Τόξο του Νοτίου Αιγαίου, η «Καρδιά του Αιγαίου» και η χωρική αλληλεπικάλυψή τους. Οι αριθμοί δείχνουν τον αριθμό των ενδημικών ειδών φυτών σε κάθε περιοχή του Αιγαίου (από Heiselmayr 1988).



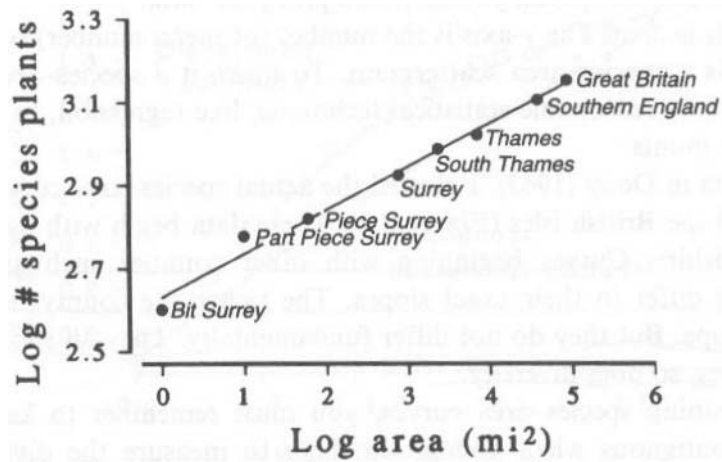
Εικόνα 1.15: Η γεωγραφική κατανομή της *Nigella doerfleri* Vierh. (μαύροι κύκλοι), που είναι ενδημικό είδος της περιοχής, και του *Dianthus elegans* d'Urv. (λευκοί κύκλοι), που φύεται και στη ΝΔ Ανατολία. Οι κατανομές των ειδών αυτών δείχνουν χαρακτηριστικά τη «γραμμή του Rechinger», που αποτελεί το φυτογεωγραφικό σύνορο ανάμεσα στην Ευρώπη και την Ασία.

1.5 Σχέση έκτασης – αριθμού ειδών

1.5.1 Μαθηματικές εκφράσεις της σχέσης

Η διαπίστωση ότι μεγαλύτερες εκτάσεις (με βλάστηση) περιλαμβάνουν γενικώς περισσότερα είδη από τις μικρότερες μπορεί να γίνει δεκτή ως αξίωμα (Gleason 1925). Οι οικολόγοι αντιλήφθηκαν την ισχύ του αξιώματος αυτού πολύ νωρίτερα από αυτήν άλλων προτύπων βιοποικιλότητας.

Δεν είναι ξεκάθαρο πότε και από ποιον έγινε η ανακάλυψη του κανόνα αυτού. Ο Dony (1963), ο Williams (1964), και οι Bramson *et al.* (1998) την αποδίδουν στον H.C. Watson, οι δύο πρώτοι το 1859, ενώ οι ομάδα των Bramson *et al.* νωρίτερα, το 1835. Σύμφωνα με τον Rosenzweig (1995), υπάρχουν αναφορές για την πρωτοδιατύπωση του κανόνα αυτού από τον De Candolle (1855). Ο Quamen (1996) αποδίδει την ανακάλυψη του κανόνα αυτού στον Johann Rheinhold Forster (1772), το φυσιογνώστη που συμμετείχε στο δεύτερο ταξίδι του Captain James Cook στο βόρειο Ειρηνικό. Το πρώτο πάντως εμπειρικό παράδειγμα του προτύπου αυτού, προέρχεται από τον Watson (1859) και αφορά τα είδη των φυτών της Αγγλίας (Εικόνα 1.16).



Εικόνα 1.16: Το πρώτο εμπειρικό παράδειγμα του προτύπου «μεγαλύτερη έκταση συνεπάγεται περισσότερα είδη» αφορά στα είδη φυτών της Αγγλίας και δόθηκε από τον Watson (1859) (από Rosenzweig 1995).

Ο βοτανικός Olaf Arrhenius (1921) ήταν ο πρώτος που μαθηματικοποίησε τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών, με τη δυναμική εξίσωση (power function):

$$S = c A^z \quad (1)$$

Όπου S: ο αριθμός των ειδών

A: η έκταση του νησιού

c: παράμετρος

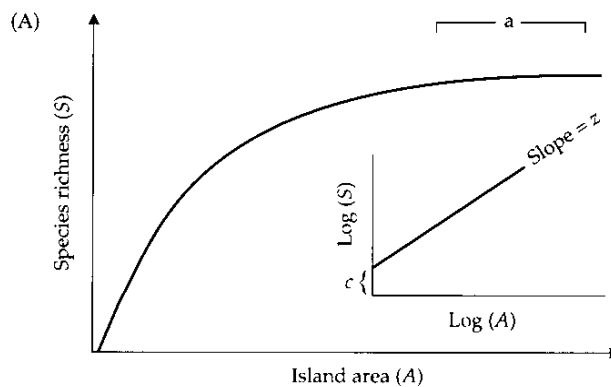
z: παράμετρος

Αργότερα και ο Preston (1962) συμφώνησε ότι η εξίσωση (1) εκφράζει καλύτερα τη σχέση επιφάνειας - αριθμού ειδών.

Λογαριθμίζοντας τα μέλη της εξίσωσης (1), προκύπτει:

$$\log S = \log c + z \log A \quad (2)$$

Η εξίσωση (2) παριστάνει ευθεία και η παράμετρος z είναι η κλίση της, ενώ ο δεκαδικός λογάριθμος του c είναι σταθερά (Εικόνα 1.17).



Εικόνα 1.17: Η σχέση έκτασης νησιού – αριθμού ειδών (από Rosenzweig 1995).

Ακόμη δύο διαφορετικές μαθηματικές εκφράσεις της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών έχουν δημοσιευτεί, εκτός από την εξίσωση του Arrhenius. Η πρώτη προέρχεται από τον Gleason (1922) και εκφράζεται με την ημιλογαριθμική εξίσωση:

$$S = c + z \log A$$

Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιήθηκε κυρίως από φυτοβιογεωγράφους, καθώς προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα για μερικές φυτοκοινωνίες (Kilburn 1966, Connor & McCoy 1979, Bond 1983, Rydin & Borgegard 1988, Rejmanek & Rosen 1992, Keeley 2003, Keeley & Fotheringham 2003).

Η δεύτερη, που διατυπώθηκε το από τον Archibald το 1949, δεν αποτέλεσε ποτέ αντικείμενο ιδιαίτερης μελέτης (Τριάντης 2002).

Οι Connor & McCoy (1979), μελέτησαν εκατό διαφορετικές ομάδες δεδομένων, συγκρίνοντας τις εξισώσεις $S-A$, $\log S - \log A$, $S - \log A$, $\log S - A$, και συμπέραναν ότι από τα παραπάνω πρότυπα κανένα δεν μπορεί *a priori* να θεωρηθεί ως το βέλτιστο. Παρ' όλ' αυτά, τόνισαν ότι το δυναμικό μοντέλο εμφάνισε καλύτερη προσαρμογή από το εκθετικό μοντέλο, αλλά το εκθετικό μοντέλο έδειξε καλύτερη προσαρμογή στις μικρές εκτάσεις.

1.5.1.1 Η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών στη Φυτογεωγραφία

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών ουσιαστικά αναδείχθηκε και προτάθηκε μέσα από βοτανικές παρατηρήσεις: το πρότυπο «μεγαλύτερη έκταση συνεπάγεται περισσότερα είδη» εφαρμόστηκε από τον Watson (1859) για τα φυτά της Αγγλίας, και ακόμη νωρίτερα, το 1778, ο Johann Reinhold Forster, κατά τη διάρκεια του περιήλου της γης με τον Captain James Cook, παρατήρησε μεταξύ άλλων ότι ο αριθμός των φυτών που υπάρχουν στα νησιά αυξάνεται με την έκταση (Lomolino 2001). Αργότερα, περί τα 1800, ο Augustin de Candolle (1820) επιβεβαίωσε τις παρατηρήσεις του Forster για τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών στην περίπτωση των νησιωτικών χλωρίδων και πρόσθεσε ότι αν και ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει τις χλωρίδες αυτές είναι η έκταση των νησιών, άλλοι παράγοντες, όπως είναι η απομόνωση, η ηλικία του νησιού, το κλίμα και η ηφαιστειότητα, επίσης επηρεάζουν την ποικιλότητα των νησιωτικών φυτοκοινωνιών (Lomolino 2001).

Ο ίδιος ο Arrhenius (1921) ήταν βοτανικός.

Η κλασική εργασία των McArthur & Wilson ενέπνευσε πολλούς ερευνητές, οι μελέτες των οποίων επιχειρούν να φωτίσουν διάφορες «σκοτεινές πλευρές» των νησιωτικών χλωρίδων, όπως είναι η εναλλαγή των ειδών (species turnover) (ενδεικτικά Heatwole & Levins 1973, Abbott 1977, Nilsson & Nilsson 1982, Flood & Heatwole 1986, Hoener & Greuter 1988) και οι παράγοντες που

καθορίζουν τον αριθμό των ειδών (ενδεικτικά Nilsson & Nilsson 1978, Rydin & Borregaard 1988, Heatwole 1991, Kohn & Walsh 1994, Rosenzweig 1995, Moody 2000).

Η σχέση ανάμεσα στον πλούτο των ειδών και την έκταση έχει εδώ και πολύ καιρό προσελκύσει το ενδιαφέρον των φυτοκοινωνιολόγων, όπως φαίνεται από τις εργασίες των Gleason (1922), Braun-Blanquet (1932) και Cain (1938) (Shmida & Wilson 1985).

Παρ' όλ' αυτά, αν και οι βοτανικοί υπήρξαν ουσιαστικά πρωτοπόροι στο χώρο της βιογεωγραφίας, από τις ανασκοπήσεις του Simberloff (1974), των Connor & McCoy (1979) και του Gilbert (1980), φαίνεται ότι οι εμπειρικές μελέτες για την εξέταση της θεωρίας των McArthur & Wilson στράφηκαν κυρίως προς τους ζωικούς οργανισμούς, ενώ ορισμένες μελέτες νησιωτικών χλωρίδων ήταν μεθοδολογικά λανθασμένες (Abbott 1983, Nilsson & Nilsson 1983). Επίσης, όπως δείχνει ο αριθμός των μελετών νησιωτικής οικολογίας και βιογεωγραφίας ανά τάξον στο χρονικό διάστημα από το 1933 έως το 1993, δόθηκε έμφαση στα σπονδυλωτά, για τα οποία οι μελέτες παρουσίασαν σταθερή αύξηση (Baldi & McCollin 2003). Ακολουθούν σε αριθμό μελετών τα ασπόνδυλα, τα οποία προσέλκυαν το ενδιαφέρον των ερευνητών πολύ αργότερα, τη δεκαετία του 1960. Οι μελέτες για τα φυτά των νησιών αυξήθηκαν γρήγορα στην αρχή, έπειτα όμως ο ρυθμός αύξησης ελαττώθηκε. Από τη δεκαετία του 1960 μέχρι το 1993 ο αριθμός τέτοιων μελετών για τα φυτά είναι μικρότερος του αντίστοιχου αριθμού για τα σπονδυλωτά και τα ασπόνδυλα (Baldi & McCollin 2003).

Η θεωρία της βιογεωγραφίας των νήσων έχει τα τελευταία χρόνια πλήθος πρακτικών εφαρμογών στη μελέτη των επιπτώσεων του κατακερματισμού των οικοσυστημάτων στη βιοποικιλότητα και γενικώς στην ανάπτυξη της βιολογίας της διατήρησης (Wu & Vankat 1995). Ενέπνευσε επίσης αρκετές έρευνες στο χώρο της δυναμικής των πληθυσμών και της οικολογίας του τοπίου, ενώ χρησιμοποιήθηκε στην ερμηνεία μαζικών εξαφανίσεων κάποιων ειδών στο γεωλογικό χρόνο (Wu & Vankat 1995).

1.5.2 Απόδοση βιολογικής σημασίας στην παράμετρο z

Η παράμετρος z στη λογαριθμική εξίσωση των Arrhenius (1921) και Preston (1962) εκφράζει, όπως προαναφέρθηκε, την κλίση της ευθείας που παριστάνεται από την εξίσωση. Ο υπολογισμός μιας θεωρητικής ή μέσης τιμής του z και του εύρους τιμών μέσα στο οποίο κυμαίνεται, αλλά και η απόδοση βιολογικής σημασίας σε αυτό και η αιτιολόγηση και ερμηνεία της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών αποτέλεσαν και συνεχίζουν να αποτελούν αντικείμενο διερεύνησης. Προσπάθειες ερμηνείας του τρόπου συσχέτισης έκτασης – αριθμού ειδών και θεωρητικοί υπολογισμοί της

παραμέτρου z έγιναν από τους Preston (1962), MacArthur & Wilson (1967), May (1975), Connor & McCoy (1979), Sugihara (1980), Coleman (1981), May (1984), Harte *et al.* (1997,1999) και May & Stumpf (2000).

Ο May (1975) υποστήριξε ότι εφόσον το z αποτελεί μαθηματική ιδιότητα της log-normal κατανομής και δεν περιγράφει μια συγκεκριμένη διαδικασία των βιοκοινωνιών, δεν μπορεί να έχει βιολογική σημασία. Οι Connor & McCoy (1979) επίσης δεν είναι βέβαιοι ότι μπορεί να αποδοθεί βιολογική σημασία τόσο στο z , όσο και στη σταθερά c , κάτι που στηρίζουν και οι He & Legendre (1996).

Σύμφωνα με τους MacArthur & Wilson (1967), η τιμή της παραμέτρου z έχει βιολογική σημασία για «ομοιόμορφα» νησιωτικά συγκροτήματα. Αυτό σημαίνει ότι τα νησιά ενός νησιωτικού συγκροτήματος πρέπει να φέρουν ενιαία βασικά χαρακτηριστικά, αναλόγως με τη μελετούμενη ταξινομική ομάδα (Τριάντης 2002). Πάντως, με τη διάκριση των νησιών σε οικολογικά ηπειρωτικών περιοχών για $z < 0,15$, ηπειρωτικά για $0,25 < z < 0,35$ και ωκεάνια για $z > 0,35$ οι MacArthur & Wilson (1967) απέδωσαν φυσική και βιολογική έννοια στο z . Σύμφωνα με τους ίδιους, το z έχει σχέση με την **απομόνωση** αλλά και με την **περιβαλλοντική ετερογένεια** και τη **β-ποικιλότητα**. Η β-ποικιλότητα αντανακλά το ποσοστό της μεταβολής της σύνθεσης των ειδών μεταξύ των ενδιαίτημάτων (habitats). Υψηλή β-ποικιλότητα για μια περιοχή θα συνεπαγόταν μεγάλο πλούτο ειδών, ακόμα και αν κάθε ξεχωριστό ενδιαίτημα δεν ήταν ιδιαίτερος πλούσιος σε είδη (Parizeau 1997). Με άλλα λόγια, η β-ποικιλότητα εκφράζει τη διαφορά του αριθμού των ειδών ανάμεσα σε δύο ενδιαίτηματα του ίδιου τύπου.

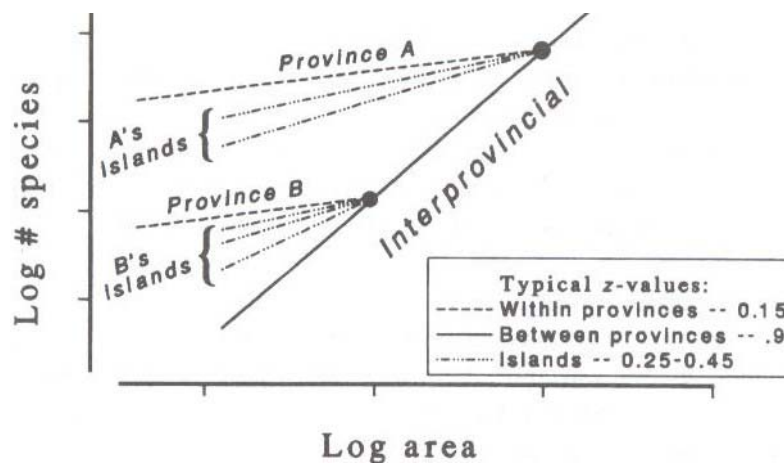
Ο Preston (1962) θεωρεί ότι το z αντιπροσωπεύει τη **βιοποικιλότητα**.

Σύμφωνα με το Martin (1981) το z έχει σχέση με το γεωγραφικό πλάτος, την περιβαλλοντική ποικιλότητα, το μέγεθος της περιοχής που αποτελεί πηγή ειδών για το νησί και την παρουσία ή την απουσία ενδιάμεσων σταθμών (νησιά «stepping stones»). Συχνά στη βιογεωγραφία, χαμηλές τιμές του z αποδίδονται: στην πρόσφατη απομόνωση του νησιωτικού συγκροτήματος από ηπειρωτική περιοχή, στη μικρή του απόσταση από τις κοντινές περιοχές, στη μεγάλη ικανότητα διασποράς των ειδών της μελετούμενης ταξινομικής ομάδας και στην παρουσία ενδιάμεσων σταθμών (MacArthur & Wilson 1967, Connor & McCoy 1979, Μυλωνάς 1982, Μπότσαρης 1996, Brown & Lomolino 1998, Τριάντης 2002).

Όσον αφορά στην απομόνωση, σύμφωνα με τους Connor & McCoy (1979), κλίσεις της ευθείας μεταξύ 0,20 και 0,35 δείχνουν μέτρια απομονωμένες περιοχές ή ηπειρωτικά, μέτρια απομονωμένα νησιά, μεγαλύτερες του 0,35 ισχυρά απομονωμένα νησιά, ενώ κλίσεις μικρότερες από την τιμή 0,20 δείχνουν μη απομονωμένες περιοχές, δηλαδή είτε νησιά στενά συνδεδεμένα με ηπειρωτικές περιοχές, είτε οικολογικά νησιά.

Ο Rosenzweig (1995) και αργότερα οι Brown and Lomolino (1998) καθόρισαν τρεις διαφορετικές κατηγορίες στην σχέση αριθμού ειδών και έκτασης: Μεταξύ βιογεωγραφικών

περιοχών (0,5-1), μεταξύ περιοχών μέσα σε μια βιογεωγραφική περιοχή (0,10 - 0,20) και μεταξύ νησιών ή απομονωμένων περιοχών (habitat islands) (0,20 - 0,50).



Εικόνα 1.18: Σχηματική απεικόνιση των ευθειών $\log A - \log S$ ανάμεσα σε νησιά, μεταξύ βιογεωγραφικών περιοχών και μεταξύ περιοχών μέσα σε μια βιογεωγραφική περιοχή και οι τυπικές τιμές της κλίσης z (από Rosenzweig 1995).

Οι Collins *et al.* (2002) επισημαίνουν ότι το z εξαρτάται από την αλληλεπικάλυψη στη σύνθεση των ειδών των περιοχών που εισάγονται στην εξίσωση. Στις καμπύλες που προκύπτουν από περιοχές οι οποίες ανήκουν στην ίδια βιογεωγραφική επαρχία, (ενδοεπαρχιακές καμπύλες, *intra-provincial curves*), επειδή υπάρχει αλληλεπικάλυψη στη σύνθεση των ειδών, δηλαδή υπάρχουν πολλά κοινά είδη μεταξύ των περιοχών αυτών, παρατηρείται «αργή» αύξηση του αριθμού των ειδών με την έκταση, οπότε το z είναι σχετικά χαμηλό. Αντιθέτως, όταν οι εξεταζόμενες περιοχές μοιράζονται μόνο λίγα κοινά είδη, υπάρχει μια «γρηγορότερη» αύξηση του αριθμού των ειδών με την αύξηση της έκτασης, οπότε το z είναι σχετικά υψηλό. Αυτό παρατηρείται σε καμπύλες που προκύπτουν από περιοχές διαφορετικών βιογεωγραφικών επαρχιών (διαεπαρχιακές καμπύλες, *inter-provincial curves*). Σύμφωνα με τον Rosenzweig (1995), έχουμε αρκετά δεδομένα για να δείξουμε ότι οι κλίσεις είναι πιο απότομες στην περίπτωση των διαεπαρχιακών ευθειών.

Αρχιπελάγη με μικρά νησιά τείνουν να έχουν πιο έντονες κλίσεις από αρχιπελάγη με μεγάλα νησιά (Hamilton & Armstrong 1965, Schoener 1976, Connor & McCoy 1979, Williamson 1981).

Επίσης, στα νησιωτικά συγκροτήματα όπου υπάρχει μεγάλη διαφορά έκτασης ανάμεσα στα μεγαλύτερα και τα μικρότερα νησιά, παρατηρείται αύξηση της τιμής του z . Για παράδειγμα, στη μελέτη των χερσαίων μαλακίων των νησιών του Αργοσαρωνικού από τον Μπότσαρη (1996), όπου ο λόγος «μεγαλύτερο νησί / μικρότερο νησί» είναι 100.000, το z ισούται με 0,15 για τα μεγάλα και μεσαία νησιά, ενώ αυξάνεται σε 0,19 με την προσθήκη των μικρών νησιών.

1.5.3 Απόδοση βιολογικής ερμηνείας στην παράμετρο c

Οι μελέτες για την παράμετρο c είναι συγκριτικά πολύ λίγες και υπάρχουν προβλήματα στη βιολογική ερμηνεία της. Σύμφωνα με τους MacArthur & Wilson (1967), το c θεωρείται ότι έχει σχέση με τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες, το μελετούμενο τάξον και την **α -ποικιλότητα** και ελαττώνεται με την αύξηση της απομόνωσης, αλλά και σε «φτωχά» περιβάλλοντα. Παράλληλα όμως, οι ίδιοι οι MacArthur & Wilson (1967) τονίζουν πως δεν υπήρχε η δυνατότητα διατύπωσης κάποιας θεωρίας για την εκτίμηση και την ερμηνεία του c .

Άλλοι συγγραφείς θεωρούν ότι το c ποικίλει ανάλογα με την απομόνωση, την απόσταση από μια πλούσια πηγή, τον αριθμό των ειδών στα τάξα και την κλίμακα στην οποία μετράται η έκταση. Σημαντικό στη μελέτη της σταθεράς αυτής είναι ότι η τιμή της εξαρτάται τόσο από τις μονάδες μέτρησης (Connor & McCoy 1979), όσο και από την τιμή του z (Gould 1979, Rosenzweig 1995).

Ένα από τα λάθη στη χρησιμοποίηση του c είναι ότι μερικοί θεωρούν δεδομένο ότι αυτό, ως τιμή του S για $A=1$ και $\log A=0$, πρέπει να αντιπροσωπεύει τον αριθμό των ειδών στη μονάδα της έκτασης. Όμως, αν τα πραγματικά δεδομένα της έκτασης απέχουν πολύ από την τιμή του $A=1$, τότε η προβλεψιμότητα του c για τον αριθμό των ειδών είναι περιορισμένη σε πολύ μικρά νησιά (Βαρδινογιάννη 1994). Χαρακτηριστικό είναι επίσης το λάθος να θεωρείται η τιμή του c απλώς ως το σημείο τομής της ευθείας και του άξονα των τετμημένων στη γραφική παράσταση $\log A - \log S$. Είναι όμως δεδομένο ότι το c μαζί με το z καθορίζουν την κλίση της αλλομετρικής σχέσης, και όχι μόνο το z (Τριάντης 2002).

Οι Connor & McCoy, (1979) καταλήγουν εκφράζοντας το σκεπτικισμό τους για το αν μπορεί να αποδοθεί βιολογική σημασία στις σταθερές c και z , κάτι που στηρίζεται και από τους He & Legendre (1996).

1.5.4 Το φαινόμενο των μικρών νησιών (small island effect)

Από την πρώτη κιόλας στιγμή της εμφάνισης της νησιωτικής βιογεωγραφίας, επισημάνθηκαν τα προβλήματα που παρουσιάζουν τα πολύ μικρά νησιά. Τέτοιου είδους προβλήματα έχουν σχέση με τη διαφορετική «συμπεριφορά» νησιών με έκταση μικρότερη του 1 km². Επίσης, η σύνθεση και ο αριθμός των βιοτόπων είναι καθοριστικά σε τέτοιου είδους νησιά (Μπότσαρης 1996).

Τόσο οι ίδιοι οι MacArthur & Wilson (1967), όσο και άλλοι συγγραφείς παρατήρησαν ότι ο πλούτος των ειδών μπορεί να μη σχετίζεται με την έκταση στην περίπτωση των σχετικώς μικρών

νησιών. Πιο συγκεκριμένα, με την αύξηση της επιφάνειας των μικρών νησιών δεν παρατηρείται αύξηση του αριθμού των ειδών ή, με άλλα λόγια, ο αριθμός των ειδών έχει την τάση να παραμένει χαμηλός και ανεξάρτητος της έκτασης. Το γεγονός αυτό είναι γνωστό ως **φαινόμενο των μικρών νησιών** (small island effect).

Ο Lomolino (2000) δέχεται ότι το φαινόμενο αυτό δεν καταγράφεται συχνά στη βιβλιογραφία. Ωστόσο, σύμφωνα με τον ίδιο, ο μικρός αριθμός μελετών που αναφέρουν το φαινόμενο αυτό μπορεί να αποδοθεί, τουλάχιστον μερικώς, σε μεροληπτικές δειγματοληψίες, οι οποίες είναι συνυφασμένες με τις περισσότερες βιογεωγραφικές μελέτες. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει τάση σχεδιασμού βιογεωγραφικών παρατηρήσεων, επικεντρωμένων σε νησιά με μεγάλη ποικιλότητα ειδών. Έπειτα, για την εξαγωγή ενός γενικού προτύπου, εφαρμόζεται το δυναμικό μοντέλο. Έτσι, είτε περιλαμβάνονται πολύ λίγα μικρά νησιά στο προς μελέτη δείγμα, όπου τα μεγάλα είναι περισσότερα σε αριθμό, είτε αγνοείται η τάση των μικρών νησιών να αποκλίνουν από το γενικό πρότυπο (Lomolino 2000, Lomolino & Weiser 2001).

Σε μικρά νησιά, άλλοι παράγοντες, όπως τα χαρακτηριστικά των ενδιαιτημάτων, περιστασιακές διαταραχές, η απομόνωση και οι ενδοειδικές αλληλεπιδράσεις είναι πιθανόν να καθορίζουν πόσα και ποια είδη έχουν την ικανότητα να υποστηρίξουν πληθυσμούς (Lomolino 2000). Στους καθοριστικούς αυτούς παράγοντες αναφέρονται θεωρίες και υποθέσεις που επιχειρούν να ερμηνεύσουν τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών. Στη συνέχεια παρατίθενται συνοπτικά διάφορες τέτοιες θεωρίες και υποθέσεις που έχουν διατυπωθεί μέχρι σήμερα και αφορούν τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών στα μικρά νησιά σε σύγκριση με τα μεγάλα, εκτός από τη θεωρία της βιογεωγραφίας των νήσων των MacArthur & Wilson (1967), όπως τις παρουσιάζει ο Μπότσαρης (1996). (Συνολικά υπάρχουν περί τις πενήντα πρωτότυπες εργασίες, στις οποίες έχουν διατυπωθεί θεωρητικές υποθέσεις για την ερμηνεία της σχέσης επιφάνειας – αριθμού ειδών):

- 1. Υπόθεση της ποικιλίας των βιοτόπων:** Οι μεγαλύτερες εκτάσεις έχουν μεγαλύτερη ποικιλία βιοτόπων και ως εκ τούτου και μεγαλύτερο αριθμό ειδών.
 - 2. Επιτυχής εγκατάσταση:** Τα μεγάλα νησιά έχουν περισσότερα στάδια επιτυχών εγκαταστάσεων.
 - 3. Ενεργειακή διαθεσιμότητα:** Η αφθονία των ειδών περιορίζεται από τη διαθεσιμότητα της υπάρχουσας τροφής στην περιοχή.
- 1. Θεωρία του στόχου:** Οι μεγαλύτερες εκτάσεις έχουν τη δυνατότητα να συγκρατήσουν μεγαλύτερο αριθμό ειδών.
 - 2. Θεωρία της πρόσπτωσης:** Μερικά μόνο είδη είναι ικανά να υπάρξουν στα μικρά νησιά.
 - 3. Υπόθεση των ενδιαιτημάτων στα μικρά νησιά:** τα ενδιαιτήματα στα μεγάλα νησιά είναι πιο ευνοϊκά απ' ό,τι στα μικρά.

Στις παραπάνω θεωρίες και υποθέσεις τονίζεται η «πτώχευση» των μικρών νησιών σε σχέση με τα μεγάλα, ως προς όλους εκείνους τους παράγοντες που υποστηρίζουν τα είδη, αυξάνοντας την ποικιλότητα.

Παραδείγματα του φαινομένου των μικρών νησιών υπάρχουν σε εργασίες που αφορούν μικρά νησιά νησιωτικών συμπλεγμάτων παγκοσμίως, αλλά και σε μικρά νησιά του Αιγαίου. Το ίδιο φαινόμενο έχει παρατηρηθεί και σε οικολογικά νησιά. Επίσης, το φαινόμενο των μικρών νησιών παρατηρήθηκε για διάφορες ταξινομικές ομάδες που υπάρχουν σε μικρά νησιά:

1. Στην απόλη Kapingamarangi της Μικρονησίας το φαινόμενο παρατηρήθηκε για τα ανώτερα φυτά στα νησιά με έκταση μικρότερη των 0,014 km² περίπου (~3,5 acres) (Niering 1963, Lomolino 2000).
2. Στις Μολλούκες νήσους και στη Μελανησία καταγράφηκε για τα ponerine ants σε νησιά έκτασης μικρότερης των 5.000 τετραγωνικών μιλίων περίπου (Lomolino 2000).
3. Ο Μπότσαρης (1996), στη μελέτη του για τη βιογεωγραφία των χερσαίων μαλακίων του Σαρωνικού κόλπου, συμπεραίνει ότι υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των ειδών και της έκτασης των νησιών, εκτός για τα μικρού μεγέθους νησιά της περιοχής, για τα οποία δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ αυτών των δύο μεταβλητών σε στατιστικά ικανοποιητικό επίπεδο σημαντικότητας. Τα μικρά αυτά νησιά βρίσκονται κάτω από την επίδραση στοχαστικών «τυχαίων» παραγόντων, που διαμορφώνουν κάθε φορά την πανίδα τους.

Ποσοστό 38% από τα είδη που κατέγραψε υπήρχε στα μικρά νησιά. Η βιοκοινότητα των χερσαίων μαλακίων των μικρών νησιών αποτελείται από είδη με μεγάλη ικανότητα διασποράς, ευρύοικα, χωρίς ιδιαίτερες οικολογικές απαιτήσεις. Το 1/3 της μαλακοπανίδας των μικρών νησιών είναι σταθερά είδη (πυρήνας), που βρίσκονται και στις περιβάλλουσες ηπειρωτικές περιοχές και δεν έχουν ιδιαίτερες οικολογικές απαιτήσεις, και τα οποία περιβάλλονται από βοηθητικά είδη. Τα υπόλοιπα 2/3 της μαλακοπανίδας αποτελούνται από τυχαία είδη (ευκαιριακή πανίδα). Πρόκειται για είδη που έχουν εντοπισμένη εξάπλωση και πιθανόν να αποτελούν τα είδη τα οποία έρχονται τελευταία στην εποίκιση των νησιών και πρώτα στην εξαφάνιση ειδών από τα νησιά αυτά.

Για να διερευνήσει τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών ο Μπότσαρης (1996) εξέτασε τη συμμετοχή και άλλων παραμέτρων, οι οποίες ήταν: η απόσταση από την πλησιέστερη ηπειρωτική περιοχή, η απόσταση από το πλησιέστερο μεγάλο νησί, η περίμετρος του νησιού, το μέγιστο υψόμετρο του νησιού, η έκταση και το εμβαδόν κάθε νησιού. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα τοπογραφικά στοιχεία κάθε νησιού δύνανται να επηρεάσουν τον αριθμό των ειδών που αυτό αποκτά.

Για να εξακριβώσει την πιθανή συμβολή του ιστορικού παράγοντα στη διαμόρφωση του αριθμού των ειδών κάθε νησιού, εξέτασε τη συσχέτιση που μπορεί να υπάρχει μεταξύ του αριθμού των ειδών και της μέγιστης ισοβαθούς απομόνωσης.

1. Ο Σφενδουράκης (1994) στη μελέτη των χερσαίων ισοπόδων των νησιών του κεντρικού Αιγαίου συμπεριέλαβε 20 νησίδες με έκταση μικρότερη των 10 km².

Αρχικά, υπολογίζοντας τους λόγους των ταξινομικών βαθμίδων (είδη / γένη, γένη / οικογένειες, είδη / οικογένειες), γράφει ότι οι βραχονησίδες έχουν μικρή ποικιλότητα (οι λόγοι είναι περίπου ίσοι με τη μονάδα), πράγμα αναμενόμενο, εφόσον είναι ομοιόμορφες και αφιλόξενες για τα χερσαία ισοπόδα. Το φαινόμενο των μικρών νησιών παρατηρείται στην περίπτωση αυτή για τις πολύ μικρές νησίδες έκτασης έως 1 km² περίπου. Ο αριθμός των ειδών προβλέπεται καλύτερα από την ετερογένεια των ενδιαιτημάτων, ενώ η έκταση των νησιών, η έκταση των ασβεστολίθων, το μέγιστο υψόμετρο και η απόσταση από το κοντινότερο μεγάλο νησί δεν αποτελούν καν στατιστικώς σημαντικές παραμέτρους.

2. Στη μελέτη της χλωρίδας και της βλάστησης νησίδων του Α Αιγαίου, η Πανίτσα (1997) διαπιστώνει ότι η αύξηση της επιφάνειας δε συνεπάγεται απαραίτητα αύξηση του αριθμού των φυτικών ειδών. Αναζητώντας τους παράγοντες, οι οποίοι πιθανώς να έπαιξαν κάποιο ρόλο στην ποσοτική και ποιοτική διακύμανση της σύνθεσης της χλωρίδας καθεμιάς από τις βραχονησίδες της περιοχής μελέτης, καθώς και στην ποικιλότητα που παρατηρήθηκε από νησί σε νησί, η συγγραφέας αναφέρεται σε τυχαίους παράγοντες, ανθρωπογενείς επεμβάσεις, όπως είναι η βόσκηση και η φωτιά, και μικροοικολογικές διαφορές. Για παράδειγμα, εάν σπέρματα ενός φυτικού είδους εισάγονται κατά τακτά διαστήματα σε σημαντικές ποσότητες, μία επιτυχής εγκαθίδρυση μπορεί να συμβεί. Στις βραχονησίδες, έντονες καταγίδες ή κάλυψη της ξηράς από κύματα, δίνουν έμμεσα της ευκαιρία μετανάστευσης σε σπέρματα φυτικών ειδών που μεταφέρονται με τη θάλασσα. Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις δίνουν τη δυνατότητα σε νέα είδη να εγκατασταθούν σε βιοτόπους που πριν τη διαταραχή ήταν κατελημμένοι από άλλα.

Βιογεωγραφική ανάλυση των χερσαίων μαλακίων του νησιωτικού συγκροτήματος του Καστελορίζου πραγματοποιήθηκε από τον Πουλακάκη (1997). Η περιοχή μελέτης περιελάμβανε συνολικά 7 νησιά, με έκταση από 0,01 km² ως 9,78 km². Ως έκταση των νησιών θεωρήθηκε το εμβαδόν της κάτοψης καθενός από αυτά και όχι η πραγματική τους επιφάνεια. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι στο νησιωτικό αυτό συγκρότημα ο αριθμός των ειδών των χερσαίων μαλακίων και η έκταση των νησιών έχουν πολύ καλή συσχέτιση, **ισχύει δηλαδή η σχέση έκτασης νησιών – αριθμού ειδών**. Κάποια από τα μικρά νησιά χαρακτηρίζονται ως υπερκορεσμένα, λόγω του ότι ο πραγματικός αριθμός των ειδών χερσαίων μαλακίων είναι μεγαλύτερος από τον αναμενόμενο, ενώ για τα ακόρεστα η ύπαρξη μικρότερου αριθμού ειδών από τον αναμενόμενο αποδίδεται κυρίως στον παράγοντα της δράσης του ανθρώπου.

1.6 Η έννοια του ενδιαιτήματος και το πρότυπο «Χώρος» (Choros model)

1.6.1 Η έννοια του ενδιαιτήματος

Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι συχνά στη βιβλιογραφία, στον ορισμό της έννοιας του ενδιαιτήματος –του “habitat” δηλαδή- εμπεριέχονται και φράσεις που δηλώνουν την έλλειψη ακριβολογίας, όπως είναι το «περισσότερο ή λιγότερο» ή το «σε γενικές γραμμές». Σε άλλες περιπτώσεις τονίζεται πως “το ενδιαίτημα είναι δύσκολο να οριστεί” (Kohn & Walsh 1994).

Αν και αποτελεί όρο – κλειδί στην οικολογία, το ενδιαίτημα ανήκει στην ομάδα των οικολογικών προτύπων, που σύμφωνα με τον Rosensweig (1995) πολλές φορές θεωρούνται ως δεδομένα και σαφή, ενώ η πραγματική τους κατάσταση περιγράφεται μάλλον με αντίστροφους όρους. Έτσι, ως ενδιαίτημα νοείται «το μέρος όπου ένα είδος (μικροοργανισμού, φυτού ή ζώου) ζει». Μια πρώτη ανάγνωση της συντομότητας αυτής περιγραφής δημιουργεί ένα ερώτημα και ένα συμπέρασμα. Το ερώτημα είναι «ποιοι παράγοντες ορίζουν επακριβώς το «μέρος»» και το συμπέρασμα είναι ότι το ενδιαίτημα διαφέρει για κάθε τάξον. Οι Nilsson *et al.* (1988) συμπεραίνουν πως “είναι δύσκολο να αποφασίσει κανείς εκ των προτέρων για το τι θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ενδιαίτημα για ένα κολεόπτερο ή ένα χερσαίο σαλιγκάρι”. Πάντως, το “habitat” από τα λατινικά στα ελληνικά αποδίδεται ως «αυτός κατοικεί». Με αυτήν την έννοια χρησιμοποίησε ο Linnaeus (1753) τον όρο στο *Species plantarum*, για να δείξει τη γεωγραφική προέλευση των ειδών. Ο De Candolle (1813) χρησιμοποιεί τον όρο “habitatio” για να δείξει τη θέση όπου βρίσκεται ή ίσταται ένας οργανισμός. Αυτή όμως η αρχική σημασία του όρου αργότερα υπέστη μεταβολές (Wagenitz 1996).

Η ασάφεια στον ορισμό του ενδιαιτήματος έχει βεβαίως και το αντίστοιχο αντίκτυπο στην εξέταση των υποθέσεων *area per se* και *habitat diversity* στη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών. Ο Newmark (1986) τονίζει πως ένα από τα προβλήματα της μελέτης της σχετικής ισχύος των υποθέσεων αυτών είναι η έλλειψη ενός ξεκάθαρα και κοινά αποδεκτού ορισμού της έννοιας του ενδιαιτήματος.

Στην οικολογική υπάρχουν τουλάχιστον πέντε διαφορετικές προσεγγίσεις της έννοιας του ενδιαιτήματος (Πίνακας 1.2). Ο πρώτος ορισμός (H1) ορίζει το ενδιαίτημα ως τη θέση όπου ένας οργανισμός ή ένα είδος ίσταται ή ζει (*standing place or living place of an organism or a species*) (Hanson 1962, Odum 1971, McNaughton & Wolf 1973, Whittaker *et al.* 1973, Barbour *et al.* 1980, Krebs 1988, 1994). Αναφέρεται συνεπώς στο **πραγματικό ενδιαίτημα** του είδους.

Ο δεύτερος ορισμός (H2) του ενδιαίτηματος αναφέρεται στα περιβάλλοντα* που ικανοποιούν τις οικολογικές απαιτήσεις και τα οικολογικά όρια ενός είδους (Odum 1971, Whittaker *et al.* 1973, Whittaker 1975, Andrewartha & Birch 1984), χωρίς να διασαφηνίζει εάν το είδος ήδη ζει σε αυτά ή εάν τα συγκεκριμένα περιβάλλοντα είναι θεωρητικώς στη διάθεση του είδους. Πρόκειται για το **εν δυνάμει ενδιαίτημα** του είδους, άρα ο ορισμός H1 αποτελεί ουσιαστικά υποσύνολο του H2. Παράλληλα, ο ορισμός H2 επιτρέπει την ερμηνεία της απουσίας ειδών από περιοχές στις οποίες υπάρχει το κατάλληλο ενδιαίτημα, ως αποτέλεσμα άλλων οικολογικών παραγόντων, όπως είναι η απομόνωση.

Ο τρίτος (H3) ορισμός του ενδιαίτηματος σχετίζεται με το περιβάλλον στο οποίο πολλά είδη έχουν τη δυνατότητα να ζήσουν. Ο ορισμός αυτός προσεγγίζει τα περιβάλλοντα εκείνα στα οποία το είδος δυνητικά θα μπορούσε να ζει, χωρίς όμως αυτό να συμβαίνει στην πραγματικότητα. Πρόκειται για το πρότυπο της κατοικήσιμης θέσεως ή του κατάλληλου περιβάλλοντος (*habitable place or suitable environment*) (Daubenmire 1968, Whittaker *et al.* 1973, Begon & Mortimer 1981).

Ο τέταρτος ορισμός (H4) προσεγγίζει το ενδιαίτημα ως το περιβάλλον μιας βιοκοινωνίας (*environment of a community*) (Hanson 1962, Whittaker *et al.* 1973, Krebs 1988, 1994, Begon & Mortimer 1981). Οι Frey & Loesch (1998) χρησιμοποιούν τον όρο "Habitat", τον οποίο μεταφράζουν ως «θέση όπου ένα είδος φυτού ίσταται», και με την ευρύτερη έννοια, ως «χαρακτηριστική θέση όπου ζει ή κατοικεί μια φυτοκοινωνία».

Τέλος, ο πέμπτος ορισμός (H5) προέρχεται από τον Ricklefs (1979) και ορίζει το ενδιαίτημα ως τον τύπο βλάστησης μιας περιοχής (*the vegetative cover of an environment*). Ο ορισμός αυτός που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως τμήμα του H4, είναι αυτός που χρησιμοποιείται ευρύτερα στις οικολογικές και βιογεωγραφικές μελέτες επειδή ακριβώς προσφέρει τη δυνατότητα της εύκολης προσέγγισης των ενδιαιτημάτων μέσω του προσδιορισμού των τύπων βλάστησης μιας περιοχής (Τριάντης 2002). Είναι προφανές όμως ότι ο ίδιος ορισμός δεν μπορεί να υιοθετηθεί για το σύνολο των τάξεων και σίγουρα όχι για την πλειοψηφία των φυτικών ειδών, αφού τα ίδια συστήνουν τους τύπους βλάστησης ενώ αντιθέτως για τα ζώα ο τύπος βλάστησης αποτελεί σημαντικότερο τμήμα του «φυσικού υποδοχέα».

* Ως «περιβάλλον» νοείται εδώ το σύνολο των βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν μια συγκεκριμένη περιοχή, αν και σύμφωνα με τον Looijen (1995, 1998), ακόμα και για αυτόν τον όρο δεν υπάρχει ένας ξεκάθαρος ορισμός...

H1: τα περιβάλλοντα στα οποία ένα είδος ζει.

H2: τα περιβάλλοντα που ικανοποιούν τις οικολογικές απαιτήσεις και τα οικολογικά όρια είδους.

H3: το περιβάλλον στο οποίο ένα είδος θα μπορούσε να ζήσει.

H4: το περιβάλλον μιας βιοκοινωνίας.

H5: ο τύπος βλάστησης μιας περιοχής.

Πίνακας 1.2: Οι ορισμοί του όρου ενδιαίτημα που συναντώνται στην οικολογική βιβλιογραφία (Looijen 1995, 1998).

Η βασική διαφορά ανάμεσα στους ορισμούς H1 και H2 από τη μία πλευρά και στους H3, H4 και H5 από την άλλη, είναι ότι οι δυο πρώτοι αναφέρονται στο είδος, ενώ οι τρεις άλλοι στη βιοκοινωνία. Έτσι, σύμφωνα με τους ορισμούς H1 και H2, το ενδιαίτημα δεν μπορεί να οριστεί ανεξάρτητα από ένα συγκεκριμένο είδος, ενώ στην περίπτωση των ορισμών H3, H4 και H5 κάτι τέτοιο είναι δυνατό. Επιπλέον, οι ορισμοί H3, H4 και H5, δέχονται ότι περισσότερα του ενός είδους βρίσκονται στο ίδιο ενδιαίτημα, ενώ οι ορισμοί H1 και H2 προϋποθέτουν ότι κάθε είδος διαθέτει το δικό του ξεχωριστό ενδιαίτημα, χωρίς βέβαια να αποκλείεται το ενδεχόμενο της επικάλυψης των ενδιαιτημάτων.

1.6.2 Η έννοια του βιοτόπου και η σύγχυσή του με το ενδιαίτημα

Ο «βιότοπος» είναι άλλος ένας όρος της οικολογίας που παραμένει αδιευκρίνιστος και η ασάφεια που τον περιβάλλει σχετίζεται άμεσα και με την έννοια του ενδιαιτήματος.

Το «ενδιαίτημα» (habitat) χρησιμοποιείται κυρίως από τους Άγγλους επιστήμονες, ενώ ο βιότοπος από τους υπόλοιπους Ευρωπαίους επιστήμονες. Δεν είναι σπάνιο οι δύο αυτοί όροι να αντιμετωπίζονται ως συνώνυμοι (Πίνακας 1.3). Στα αγγλικά, με τον όρο «βιότοπος» νοείται το περιβάλλον μιας βιοκοινωνίας (B1 = H4), ενώ στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές γλώσσες ο ίδιος όρος αναφέρεται κυρίως στα περιβάλλοντα που είναι κατάλληλα για ένα συγκεκριμένο είδος (B2 = H2). Παράλληλα, ορισμένες φορές ορίζεται και ως “η τοπογραφική μονάδα που χαρακτηρίζεται τόσο από ενιαία φυσικά χαρακτηριστικά όσο και από ενιαία χλωρίδα και πανίδα” (a topographic unit characterized by both uniform physical conditions and uniform plant and animal life) (B3 = H3) (Hanson 1962).

B1/H4, H5: το περιβάλλον μιας βιοκοινωνίας.

B2/H2: τα περιβάλλοντα που ικανοποιούν τις οικολογικές απαιτήσεις και τα οικολογικά όρια ενός είδους.

B3/H3: το περιβάλλον στο οποίο ένα είδος θα μπορούσε να ζήσει.

H1: τα περιβάλλοντα στα οποία ένα είδος ζει.

Πίνακας 1.3: Οι διαφορετικοί ορισμοί των όρων «ενδιαίτημα» (H) και «βιότοπος» (B) στην οικολογική βιβλιογραφία (Looijen 1995, 1998).

Καθένας από τους διαφορετικούς ορισμούς του βιοτόπου αντιστοιχεί επομένως σε κάποιον από τους ορισμούς του ενδιαιτήματος. Ο Looijen (1995, 1998, 1999) πιστεύει ότι το πρόβλημα της σύγχυσης μπορεί να ξεπεραστεί, εάν ο ένας όρος χρησιμοποιείται στο επίπεδο της βιοκοινωνίας και ο άλλος στο επίπεδο του είδους. Ο ίδιος ο Looijen (1995, 1998) θεωρεί ότι το ενδιαίτημα θα πρέπει να χρησιμοποιείται για να περιγράψει το μέρος ή τα μέρη (περιβάλλοντα) στα οποία ένα είδος ζει (πραγματικό ενδιαίτημα), ή το μέρος το οποίο φέρει τα χαρακτηριστικά εκείνα που απαιτούνται για να ζήσει το είδος αυτό, δηλαδή ικανοποιεί τις οικολογικές απαιτήσεις (εν δυνάμει ενδιαίτημα). Ο Τριάντης (2002) πιστεύει ότι ο συγκεκριμένος ορισμός προσφέρει λύση και στο πρόβλημα του ορισμού ενός και μόνου ενδιαιτήματος για κάθε είδος, αφού επιτρέπει την περιγραφή περισσότερων του ενός περιβαλλόντων για κάθε είδος. Είναι γνωστό άλλωστε στην Οικολογία, πως υπάρχουν είδη εξειδικευμένα σε ένα συγκεκριμένο ενδιαίτημα (specialists) αλλά και είδη που συναντώνται σε περισσότερα του ενός (generalists).

Όσον αφορά το βιότοπο, ο Looijen (1995, 1998) τον ορίζει ως την «περιοχή (τοπογραφική μονάδα), που χαρακτηρίζεται από ομοιόμορφα βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά».

1.6.3 Τα ενδιαιτήματα των φυτών

Σύμφωνα με τον Yapp (1922), με τον όρο «ενδιαίτημα» νοείται το μέρος όπου ένα είδος φυτού ή μια φυτοκοινωνία κατοικεί, συμπεριλαμβανομένων όλων των λειτουργικών παραγόντων που επηρεάζουν τα φυτά, εκτός του ανταγωνισμού. Η ακριβής θέση όπου απαντάται ένα φυτό ονομάζεται «τοποθεσία» (locality) ή «σταθμός» (station). Μια δεδομένη φυτοκοινωνία μπορεί να απαντάται σε πολλές τοποθεσίες (γεωγραφική αναφορά), όμως συνήθως υπάρχει σε ένα ορισμένο και οικολογικώς χαρακτηριστικό ενδιαίτημα.

Ήδη όμως από το “Plant Sociology” (Braun-Blanquet 1932) τονίζεται ιδιαίτερος το πρόβλημα του αδρού ορισμού της έννοιας του ενδιαιτήματος και στη μελέτη των φυτών και των κοινωνιών

τους. “Όσο περισσότερο επιχειρήσαμε να περιορίσουμε το πρόβλημα της έννοιας του ενδιαιτήματος, τόσο πιο περίπλοκος έγινε ο ορισμός του. Οι λειτουργικοί εξωγενείς παράγοντες είναι τόσο πολυάριθμοι και ποικίλοι, οι πιθανοί συνδυασμοί τους τόσο πολλαπλοί και οι αλληλεπικαλύψεις τόσο συχνές, ώστε ένας ξεκάθαρος και αναμφίβολος ορισμός των ενδιαιτημάτων σύμφωνα με τους εξωγενείς παράγοντες φαίνεται σχεδόν ακατόρθωτος”. Στη συνέχεια, ο συγγραφέας δέχεται ότι οι **μετρήσιμοι λειτουργικοί παράγοντες του ενδιαιτήματος** αποτελούν ένα από τα τρία συμπλέγματα παραγόντων που πρέπει να εξεταστούν για την επαρκή κατανόηση των φυτοκοινωνιών*.

Οι λειτουργικοί παράγοντες του ενδιαιτήματος, απαραίτητοι για την οικολογική περιγραφή των κοινωνιών συνοψίζονται ως εξής:

1. Κλιματικοί ή ατμοσφαιρικοί παράγοντες.
2. Εδαφικοί παράγοντες.
3. Ορογραφικοί ή τοπογραφικοί παράγοντες.
4. Βιοτικοί παράγοντες ή η επίδραση του «ζώντος περιβάλλοντος» (living environment).

Ως ενδιαίτημα των φυτικών οργανισμών γενικώς χαρακτηρίζονται οι οικολογικές συνθήκες στη θέση όπου αναπτύσσεται κάθε φυτό. Στον ορισμό αυτό δεν προσδίδεται γεωγραφική διάσταση και στις οικολογικές συνθήκες περιλαμβάνονται το κλίμα, το έδαφος και βιοτικοί παράγοντες, όπως είναι τα φυτά και τα ζώα που συνυπάρχουν, οι μικροοργανισμοί, ακόμα και ο άνθρωπος (Wagenitz 1996, Frey & Loesch 1998).

Ένας τρόπος προσέγγισης των ενδιαιτημάτων είναι μέσω των τιμών των συστημάτων των οικολογικών δεικτών για τα φυτά, που βασίζονται στη μέτρηση αβιοτικών παραμέτρων του περιβάλλοντος των φυτών και τα κατατάσσουν σε κατηγορίες αναλόγως με τις τιμές των παραμέτρων αυτών, οι οποίες εκφράζουν τις απαιτήσεις των ειδών για τους συγκεκριμένους παράγοντες. Το πρώτο τέτοιο ποσοτικό σύστημα για φυτά – δείκτες αναπτύχθηκε από τον Ellenberg το 1948. Οι δείκτες του περιβάλλοντος των φυτών, τους οποίους χρησιμοποίησε είναι το φως, η θερμοκρασία, η «ηπειρωτικότητα», η υγρασία του εδάφους, ο βαθμός απόκρισης στην περιεκτικότητα του εδάφους σε ασβέστιο, ο βαθμός της παρουσίας αζώτου και η αντοχή στο αλάτι. Η διαβάθμιση των τιμών των χαρακτηριστικών αυτών είναι από 1 έως 9 ή 1 έως 12. Τα είδη με τον ίδιο συνδυασμό των χαρακτηριστικών αυτών αποτελούν μια **οικολογική ομάδα**. Ένα τέτοιο σύστημα τιμών δεικτών προτείνεται για πρώτη φορά για τη μεσογειακή χλωρίδα και μάλιστα για το νησί της Νάξου, από τον Boehling (1995).

* Τα υπόλοιπα δύο συμπλέγματα παραγόντων είναι αυτό των ιστορικών παραγόντων, οι οποίοι κατέστησαν δυνατούς τους συνδυασμούς συνύπαρξης ειδών, γενών και οικογενειών των φυτών, και αυτό του ανταγωνισμού.

Εύκολα μπορεί να γίνει αντιληπτό ότι στην προσπάθεια προσδιορισμού του ενδιαιτήματος ενός είδους φυτού, εκτός των στενόοικων ομάδων, όπως είναι τα υδροχαρή φυτά, τα αλόφυτα και τα γνήσια χασμόφυτα* ή ακόμη και τα ορόφυτα, ο ερευνητής μπορεί ουσιαστικά να εμβαθύνει και να εξειδικεύσει τον ορισμό του ενδιαιτήματος για κάθε είδος φυτού.

Σε διάφορες δημοσιεύσεις συχνά αναφέρεται ο τύπος βλάστησης ως τύπος ενδιαιτήματος. Αυτό όμως δεν μπορεί να γίνει δεκτό, παρά μόνο ίσως για τα είδη που δεν αποτελούν χαρακτηριστικά και δομικά στοιχεία της σύνθεσης της συγκεκριμένης φυτοκοινωνίας ή διάπλασης, αλλά ουσιαστικά συνυπάρχουν με αυτά ή, όπως συμβαίνει σε αρκετές περιπτώσεις, εξαρτώνται από αυτά για να επιβιώσουν, όπως η ενδημική της Κρήτης *Campanula spatulata* ssp. *filicaulis*, που συχνά αναπτύσσεται υπό την προστασία αγκαθωτών θάμνων των φρυγάνων. Οι Kohn & Walsh (1994) υπογραμμίζουν τη δυσκολία στον ορισμό του ενδιαιτήματος των φυτών και επισημαίνουν ότι όταν τα μελετούμενα είδη είναι δικοτυλήδονα, πρέπει να αποφεύγεται η «κυκλική» αναφορά σε χαρακτηριστικά δικοτυλήδονα είδη. Οι ίδιοι διαφοροποιούν τους τύπους των ενδιαιτημάτων βάσει σημαντικών για τα φυτά φυσικών χαρακτηριστικών των νησιών, αναφέροντας απλώς περιγραφικά των τύπο της φυτοκάλυψης, χωρίς να κάνουν αναφορά στα κυρίαρχα είδη. Οι Deshayes & Morisset (1988) εύστοχα όρισαν τα ενδιαιτήματα των φυτών προσδιορίζοντας τους διαφορετικούς συνδυασμούς ανάμεσα σε πέντε προεπιλεγμένους αβιοτικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες: το υπόστρωμα, το υδατικό ισοζύγιο, την κλίση, την έκθεση και τη δυνητική κάλυψη από χιόνι. Αρχικά έγινε η διάκριση των υποστρωμάτων και στη συνέχεια εξετάστηκαν οι υπόλοιποι παράγοντες, οι οποίοι χωρίστηκαν με τη σειρά τους σε συγκεκριμένες διαβαθμίσεις – υποκλάσεις των τιμών.

* Γνήσια χασμόφυτα είναι τα αποκλειστικά χασμόφυτα, που έχουν καταγραφεί αποκλειστικά πάνω στα γκρεμνά, με παντελή απουσία ή ευκαιριακή παρουσία σε άλλους βιοτόπους, όπου όμως δεν καρποφορούν, και τα κυρίως χασόφυτα, τα οποία έχουν καταγραφεί με εμφανώς μεγαλύτερη συχνότητα στα γκρεμνά απ' ό,τι σε άλλους βιοτόπους. Οι δύο αυτές κατηγορίες θεωρείται ότι έχουν καλύτερη προσαρμογή στα γκρεμνά (Κυπριωτάκης 1995).

1.6.4 Το πρότυπο «χώρος» (Choros model)

Δύο βασικές υποθέσεις στη βιογεωγραφία επιχειρούν να ερμηνεύσουν την αύξηση του αριθμού των ειδών σε μεγαλύτερες επιφάνειες: η υπόθεση “*area per se*” (Preston 1960, 1962a, 1962b, MacArthur & Wilson 1963, 1967) και η υπόθεση των ενδιαιτημάτων “*habitat hypothesis*” (Williams 1964). Η πρώτη αναφέρεται στην αύξηση της έκτασης αυτής καθ’ αυτής και η δεύτερη στην αύξηση της περιβαλλοντικής ετερογένειας, η οποία εκφράζεται με την αύξηση των ενδιαιτημάτων.

Πολλοί ερευνητές επιχειρηματολογούν και διαφωνούν για το ποια από τις δυο αυτές υποθέσεις είναι ιδανικότερη για την ερμηνεία του προτύπου της αύξησης των ειδών (Williams (1964), MacArthur & Wilson (1967), Simberloff (1976), Maly & Doolittle (1977), Connor & McCoy (1979), Gilbert (1980), Kitchener *et al.* (1980a, 1980b, 1982), Williamson (1981, 1988), Tonn & Magnuson (1982), Boeclen & Gotelli (1984), Rafe *et al.* (1985), Boeclen (1986), Gibson (1986), Rydin & Borgegard (1988), Kohn & Walsh (1994), Μπότσαρης (1996), Σφενδουράκης (1994), Ricklefs & Lovette (1999), Davidar, Yoganand & Ganesh (2001), Fox & Fox (2001)).

Εν τούτοις, πολλές έρευνες απέδειξαν ότι οι παραπάνω υποθέσεις αλληλοσυμπληρώνονται, περιγράφοντας καλύτερα το πρότυπο της αύξησης των ειδών (ως “αριθμός των ειδών”, χάριν συνομίας και απλούστευσης, εννοείται παρακάτω ο αριθμός των ειδών της εκάστοτε ταξινομικής ομάδας, με την οποία ασχολείται κάθε εργασία και όχι στο σύνολο των ειδών όλων των ταξινομικών ομάδων ενός νησιού ή μιας περιοχής):

- Οι Harner & Harper (1976) μελέτησαν δασικά οικοσυστήματα στη νότιο Γιούτα των Η.Π.Α. και στο νότιο Μεξικό και έδειξαν ότι εκτός από την έκταση, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και τα ενδιαιτήματα, ενώ τόνισαν πως η έκταση και η περιβαλλοντική ετερογένεια αλληλοεπηρεάζονται και αλληλοσυμπληρώνονται σε μεγάλο βαθμό. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ο ένας παράγοντας μπορεί να «υποκαθιστά» τον άλλο.
- Οι Boström & Nilsson (1983) στην ανάλυσή τους κράτησαν σταθερό τον αριθμό των ενδιαιτημάτων, ενώ μετέβαλλαν την έκταση, αποδεικνύοντας ότι αγνοώντας τα ενδιαιτήματα, η έκταση δεν ήταν επαρκής για την ερμηνεία της παρατηρούμενης μεταβολής του αριθμού των ειδών.
- Ο Gibson (1986) συμπέρανε ότι άμεση επίδραση της έκτασης ήταν φανερή μόνο σε εκτάσεις μικρότερες του 0,1 ha και ότι σε μεγαλύτερες εκτάσεις η διάκριση των επιπτώσεων των ενδιαιτημάτων από αυτές της έκτασης καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη.
- Οι Rafe *et al.* (1985) κατέληξαν στο συμπέρασμα πως οι δυο παράγοντες συνδέονται ισχυρά μεταξύ τους και καθορίζουν από κοινού τον αριθμό των ειδών.

- Ο Newmark (1986), δεν αποκλείει την αλληλοσυσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων έκτασης και ενδιαιτημάτων, παρά το γεγονός ότι από τα αποτελέσματα της εργασίας του δεν προκύπτει μεταξύ τους σχέση.
- Ο Rosenzweig (1995), χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της Haila (1983) και των Haila *et al.* (1983), κατέληξε σε μια σημαντική γραμμική συσχέτιση ανάμεσα στον αριθμό των ειδών και των ενδιαιτημάτων και υπογράμμισε ότι η ποικιλία των ενδιαιτημάτων έχει καθοριστικότερο ρόλο από την έκταση στη διαμόρφωση του συγκεκριμένου προτύπου.
- Οι Kohn & Walsh (1994) κατέληξαν στο συμπέρασμα πως και οι δυο παράγοντες συμμετέχουν στον καθορισμό του αριθμού των ειδών στα νησιωτικά συστήματα.
- Οι Ricklefs & Lovette (1999) συμπέραναν ότι η έκταση και τα ενδιαιτήματα συνδέονται έντονα και αποτελούν τα βασικά στοιχεία καθορισμού του αριθμού των ειδών.

Από τα παραπάνω είναι σαφής η αναγνώριση από τους ερευνητές του ρόλου των ενδιαιτημάτων ως ενός εκ των θεμελιωδών παραγόντων καθορισμού του αριθμού των ειδών, πέραν της έκτασης, σε διάφορα νησιωτικά συγκροτήματα. Παρ' όλ' αυτά, τρεις βασικές δυσκολίες, που έχουν ήδη αναφερθεί, αποτέλεσαν τροχοπέδη στη «στροφή» των βιογεωγραφικών και οικολογικών μελετών προς την εξέταση της ποικιλίας των ενδιαιτημάτων. Η πρώτη δυσκολία οφείλεται στη γενικότερη ασάφεια που παρατηρείται στους ορισμούς πολλών θεωρητικών οικολογικών εννοιών. Η δεύτερη δυσκολία είναι ακριβώς η δυστοκία που παρατηρείται στον ορισμό των τύπων των ενδιαιτημάτων κάθε ταξινομικής ομάδας, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατές οι συγκρίσεις σε παγκόσμιο επίπεδο. Αντιθέτως, έναντι των ασαφώς ορισμένων ενδιαιτημάτων, η έκταση είναι μια μετρήσιμη έννοια με ξεκάθαρη και αναμφισβήτητη φυσική παρουσία και υπόσταση. Τέλος, ως σήμερα δεν υπήρξε ένα μαθηματικό μοντέλο που να συσχετίζει τον αριθμό των ειδών με την έκταση και με τα ενδιαιτήματα. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί η εξίσωση που πρότεινε ο Buckley (1982), η οποία όμως δε χρησιμοποιήθηκε από κανένα μετέπειτα ερευνητή, εξαιτίας της πολυπλοκότητάς της (Τριάντης 2002).

Προκειμένου να καλυφθεί το κενό της απουσίας ενός μοντέλου ικανού και αποτελεσματικού για τη συσχέτιση του αριθμού των ειδών, της έκτασης και των ενδιαιτημάτων, οι Triantis *et al.* (2003) πρότειναν μια εξίσωση, η οποία θεωρούν ότι συνδυάζει τις υποθέσεις «area *per se*» και «habitat hypothesis». Έτσι, εισήγαγαν μια νέα έννοια, που εκφράζει την ικανότητα ενός νησιωτικού ή ηπειρωτικού συστήματος να διατηρήσει ένα συγκεκριμένο αριθμό ειδών μιας ταξινομικής ομάδας και την ονόμασαν «Χώρος» (*Choros, K*). Ουσιαστικά, η παράμετρος αυτή δίνει τη συνολική επίδραση της έκτασης και των ενδιαιτημάτων στον καθορισμό του αριθμού των ειδών σε μια περιοχή. Ο Χώρος (*Choros, K*), εκφράζεται μαθηματικά ως το γινόμενο της έκτασης μίας περιοχής επί του αριθμού των ενδιαιτημάτων που υπάρχουν σε αυτή:

$$K = H * A$$

όπου H είναι ο αριθμός των ενδιαιτημάτων και A η έκταση της περιοχής.

Ο αριθμός των ειδών S της περιοχής εκφράζεται έπειτα μέσω της εμπειρικής εκθετικής σχέσης:

$$S = cK^z \quad (2)$$

Η σχέση αυτή προφανώς είναι ανάλογη με αυτήν που προτάθηκε από τον Arrhenius (1921), ($S = cA^z$), με αντικατάσταση της έκτασης (A) από το Χώρο (K).

Για την απόδειξη της ισχύος και της λειτουργικότητας του προτεινόμενου μοντέλου, οι Triantis *et al.* (2003) χρησιμοποίησαν 24 διαφορετικά σύνολα δεδομένων, που προήλθαν από 19 διαφορετικές εργασίες (Kitchener *et al.* (1980a, 1980b, 1982), Reed (1981), Haila *et al.* (1983), Newmark (1986), Deshayes & Morisset (1988), Rydin & Borgegard (1988), Kohn & Walsh (1994), Sfenthourakis (1994, 1996), Μπότσαρης (1996), Nilsson *et al.* (1998), Lawesson *et al.* (1998), Ricklefs & Lovette (1999), Kotze *et al.* (2000), Davidar *et al.* (2001), Granados *et al.* (2001)).

Η σύγκριση των σχέσεων έκτασης – αριθμού ειδών και της εξίσωσης (2), τόσο με βάση τις τιμές του R² όσο και με την χρήση του Akaike's Information Criterion (AIC) (Sakamoto *et al.* 1986) έδειξε ότι:

α) Σε 22 από τα 24 σύνολα δεδομένων, το πρότυπο Χώρος περιέγραφε αποτελεσματικότερα τη διακύμανση των ειδών. Επιπλέον, σε 19 από τις 22 παραπάνω περιπτώσεις, η βελτίωση που προσφέρει το μοντέλο Χώρος είναι και στατιστικά σημαντική.

β) Σχεδόν στο σύνολο των σετ δεδομένων που μελετήθηκαν, οι τιμές των παραμέτρων c και z που προέκυψαν ήταν μικρότερες από αυτές που προέκυψαν από τη χρήση της κλασσικής σχέσης. Στατιστικά σημαντική ήταν η διαφορά των τιμών, όσον αφορά στη παράμετρο z στις περιπτώσεις των Haila (1983), Deshayes & Morisset (1988), Sfenthourakis (1994, 1996) και Kohn & Walsh (1994).

Με εξαίρεση τα σκαθάρια-καραβίδες (carabid beetles) και τα χερσαία μαλάκια στην εργασία των Nilsson *et al.* (1988), στην πλειοψηφία των παραπάνω περιπτώσεων ο αριθμός ειδών σε κάθε περιοχή περιγράφεται αποτελεσματικότερα από το πρότυπο Χώρος. Οι Nilsson *et al.* (1988) εξέτασαν τις υποθέσεις *area per se* και της ποικιλίας των ενδιαιτημάτων για τις δύο παραπάνω ομάδες και για τα ξυλώδη φυτά σε 17 νησιά μιας λίμνης στη Σουηδία. Τονίζουν ότι ο αριθμός των φυτικών ειδών δεν μπορεί εκ των προτέρων να θεωρηθεί ως μέτρο της ποικιλίας των ενδιαιτημάτων για πολλούς οργανισμούς. Παρ' όλα αυτά, ορίζουν τους διαφορετικούς τύπους ενδιαιτημάτων βάσει ενός μαθηματικού αλγορίθμου, που στηρίζεται στους τύπους βλάστησης της μελετούμενης περιοχής, με τις περισσότερες μεταβλητές να αποτελούν απευθείας μετρήσεις της δομής της δασικής βλάστησης. Όμως, αντικειμενικά, οι τύποι των ενδιαιτημάτων που καθορίζουν με τη μέθοδο αυτή, δεν μπορούν να θεωρηθούν ως τα πραγματικά ενδιαιτήματα των

κολεοπτέρων και των χερσαίων μαλακίων. Επίσης, ακόμη και αν επιτυγχάνεται προσέγγιση κάποιων ενδιαιτημάτων, υπάρχει μεγάλη απώλεια πληροφορίας και δεν περιγράφεται το σύνολο αυτών. Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να θεωρηθεί καταλληλότερη για την περίπτωση των ξυλωδών φυτών, όπου το μοντέλο Χώρος ήταν αποτελεσματικότερο.

Σύμφωνα με τον Rosenzweig (1995), επειδή η έκταση και τα ενδιαιτήματα είναι στενά συνδεδεμένα στη φύση, καθεμιά από τις δύο παραμέτρους αυτές μπορεί να υποκαταστήσει την άλλη σε μια σχέση με τον αριθμό των ειδών μιας περιοχής, καλύπτοντας ουσιαστικά την επίδραση της άλλης παραμέτρου.

Σε τρεις τουλάχιστον εργασίες (Kohn & Walsh 1994, Ricklefs & Lovette 1999, Fox & Fox 2000) μελετήθηκαν ποσοτικά η επίδραση της έκτασης και των ενδιαιτημάτων στον αριθμό των ειδών και ο βαθμός της αλληλεπίδρασής τους. Οι Kohn & Walsh (1994) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι και οι δυο αυτοί παράγοντες συμμετέχουν στον καθορισμό του αριθμού των ειδών φυτών μιας περιοχής, προτείνοντας ότι οι υποθέσεις *area per se* και ποικιλίας ενδιαιτημάτων δεν είναι αλληλοαποκλειόμενες αλλά αλληλοσυμπληρούμενες. Το ίδιο υποστηρίζεται από τους Newmark (1986), Rozenzweig (1995), Ricklefs & Lovette (1999) και Fox & Fox (2000). Επίσης, οι Kohn & Walsh (1994) θεωρούν ότι ένα πρότυπο περιγραφής του αριθμού των ειδών σε μια περιοχή θα πρέπει να περιλαμβάνει τόσο την έκταση, όσο και τον αριθμό των ενδιαιτημάτων. Οι Triantis *et al.* (2003) θεωρούν ότι επιτυγχάνουν τη ζητούμενη αυτή αλληλοσυμπλήρωση μέσω του παράγοντα Χώρος, ο οποίος μπορεί να αποδώσει την επίδραση της έκτασης και των ενδιαιτημάτων αλλά και την αλληλεπίδρασή τους για τη διαμόρφωση του αριθμού των ειδών.

Με τη χρήση του μοντέλου Χώρος, οι τιμές της παραμέτρου z μειώθηκαν σε όλες τις εργασίες που μελετήθηκαν από τους Triantis *et al.* (2003). Όμως, και σε εκείνες εργασίες που η μείωση ήταν και στατιστικά σημαντική, η τιμή του z παρέμεινε μέσα στα όρια που έχουν προταθεί για κάθε βιογεωγραφική κατηγορία περιοχών (Rosenzweig (1995), Brown & Lomolino (1998)). Μοναδική εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση της εργασίας των Deshayes & Morisset (1988), όπου η ιδιαίτερα υψηλή τιμή για νησιωτικό συγκρότημα, μειώθηκε σε τιμή εντός των ορίων της συγκεκριμένης κατηγορίας. Όσον αφορά τη σταθερά c , και με δεδομένη την ανάγκη ουσιαστικότερης μελέτης της βιολογικής σημασίας της, οι Triantis *et al.* (2003) προτείνουν ότι η τιμή της θα μπορούσε να αποτελεί ένδειξη της χωρητικότητας μιας περιοχής όσον αφορά μια συγκεκριμένη ταξινομική ομάδα, λαμβάνοντας υπ' όψιν και την επίδραση της ετερογένειας των ενδιαιτημάτων.

Όσο για τα μικρά νησιά, το μοντέλο των Triantis *et al.* (2003) μπορεί σε πολλές περιπτώσεις να περιγράψει τη συμπεριφορά του αριθμού των ειδών σε αυτά, τουλάχιστον αποτελεσματικότερα από την σχέση του Arrhenius (1921). Χαρακτηριστικά αναφέρονται δύο εργασίες:

- Ο Reed (1981) μελετά την ορνιθοπανίδα των βρετανικών νησίδων Coquet και Hibre, οι οποίες έχουν την ίδια έκταση (0,065 Km²), και η απόστασή τους από την ηπειρωτική περιοχή είναι σχεδόν ίση, 1,3 και 1,9 km αντιστοίχως. Η νησίδα Coquet έχει 8 είδη και 7 ενδαιτηήματα, ενώ η νησίδα Hibre έχει 10 είδη και 12 ενδαιτηήματα. Η κλασική σχέση αριθμού ειδών και έκτασης προβλέπει τον ίδιο αριθμό ειδών για τις δυο νησίδες, περίπου 8,5 είδη, ενώ το μοντέλο Χώρος, προβλέπει 8 και 9 είδη αντιστοίχως.
- Ο Μπότσαρης (1996), που μελετά τη μαλακοπανίδα των νησιών του Αργοσαρωνικού, καταγράφει 4 είδη χερσαίων μαλακίων και έναν τύπο ενδαιτηήματος στη νησίδα Υδρούσα και 6 είδη χερσαίων μαλακίων σε δύο τύπους ενδαιτημάτων στη νησίδα Μάρκελος. Οι δύο αυτές νησίδες έχουν την ίδια έκταση (0,0025 km²) και η απόστασή τους από την πλησιέστερη ακτή είναι 1,2 και 0,6 km αντιστοίχως. Με τη σχέση του Arrhenius προβλέπονται 5,5 είδη για κάθε νησί, ενώ με το μοντέλο Χώρος 5 είδη για την Υδρούσα και 6 για τη νησίδα Μάρκελος.

Στα παραπάνω παραδείγματα, το σημαντικό στοιχείο δεν είναι το γεγονός της στατιστικά σημαντικής ή όχι περιγραφής του αριθμού των ειδών στις νησίδες, αλλά το γεγονός πως με τη συνεκτίμηση του αριθμού των ενδαιτημάτων μπορεί να προβλεφθεί ποια από τις νησίδες θα φέρει μεγαλύτερο αριθμό ειδών, καθώς με βάση την κλασική σχέση θα έφεραν τον ίδιο αριθμό ειδών (Τριάντης (2002), Triantis *et al.* (2003)).

Τα πιο πάνω παραδείγματα, υποδηλώνουν πως στις περιπτώσεις των μικρών νησιών, που η ετερογένεια των ενδαιτημάτων αποτελεί έναν από τους σημαντικούς παράγοντες καθορισμού του αριθμού των ειδών που παρατηρείται, το μοντέλο Χώρος έχει την ικανότητα να προσεγγίζει και να περιγράφει αποτελεσματικότερα το φαινόμενο του μικρού νησιού συγκρινόμενο με την κλασική σχέση αριθμού ειδών και έκτασης. Είναι βέβαια δεδομένο πως σε περιπτώσεις μικρών νησιών, που τυχαία γεγονότα καθορίζουν τη σύνθεση και το μέγεθος της μελετούμενης πανίδας του, δεν μπορούν να προσεγγιστούν μέσα από γενικά μοντέλα (Τριάντης (2002), Triantis *et al.* (2003)).



Υλικά &

Μέθοδοι

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Χλωριδικές μελέτες στα νησιά του Τόξου

Επειδή το ενδιαφέρον της παρούσας διατριβής εστιάζεται στο σύνολο των τάξεων των ανώτερων φυτών που υπάρχουν στα νησιά του Τόξου, γίνεται αναφορά σε εργασίες που εξετάζουν συνολικά τις χλωρίδες των νησιών αυτών, και όχι συγκεκριμένες οικογένειες, γένη, είδη ή ομάδες ειδών.

Ένα βασικό ερώτημα που τίθεται, είναι πόσο καλά μελετημένες είναι οι χλωρίδες των νησιών του Αιγαίου και μάλιστα των μεγάλων και των μικρών νησιών του Τόξου*. Όσον αφορά στα ελληνικά νησιά γενικά, ο Greuter (1995) υποστηρίζει ότι σύμφωνα με την αποτίμηση εκτεταμένων συλλογών, δημοσιευμένων τοπικών χλωρίδων και χλωριδικών μελετών εν εξελίξει, αποτίμηση που ο ίδιος είχε κάνει στα μέσα της δεκαετίας του 1970 (Greuter 1975a), τα ελληνικά νησιά είναι σε γενικές γραμμές καλύτερα μελετημένα από την ηπειρωτική Ελλάδα. Παράλληλα, οι Tzanoudakis & Panitsa (1995) στηριζόμενοι σε συγκεντρωτικές αναφορές των εργασιών για τη χλωρίδα των νησιών (Greuter 1975a, Phitos 1975, Economidou 1976) που συντάχθηκαν τη δεκαετία του 1970, θεωρούν ότι οι μέχρι σήμερα χλωριδικές δημοσιεύσεις μοιράζονται σχεδόν εξίσου ανάμεσα στην ηπειρωτική και τη νησιωτική Ελλάδα.

Δεδομένου ότι για τα περισσότερα από τα νησιά του Τόξου υπάρχουν παλαιότερες και πιο πρόσφατες εργασίες (διαδακτορικές διατριβές, βιβλία, δημοσιεύσεις σε περιοδικά και μελέτες στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων) οι οποίες εξετάζουν συνολικά τη χλωρίδα τους, μπορεί να θεωρηθεί ότι, όσον αφορά στα φυτά, τα εν λόγω νησιά είναι καλά μελετημένα.

2.1.1 Χλωριδικές μελέτες στα μεγάλα νησιά

Η χλωρίδα των Κυθήρων θεωρείται ως καλά γνωστή, λόγω των εργασιών των Greuter & Rechinger (1967) και τη διδακτορική διατριβή του Γιαννίτσαρου (1969) (Tzanoudakis & Panitsa 1995).

* Για τη διάκριση σε «μεγάλα» και «μικρά» νησιά γίνεται αναφορά παρακάτω.

Αργότερα, το 1998, ο Yannitsaros πρόσθεσε 110 τάξα στη χλωρίδα των Κυθήρων, αναφέροντας και κάποια ως καλλιεργούμενα στο νησί.

Για την Κρήτη και την Κάρπαθο, την Κάσο και τη Σαρία, που χαρακτηρίζονται από υψηλό ποσοστό ενδημισμού και ονομάζονται «περιοχή της Κρήτης» (Cretan area), υπάρχουν δύο σχετικά πρόσφατες ολοκληρωμένες εργασίες, αυτές των Turland *et al.* (1993) και των Jahn & Schoenfelder (1995).

Η μελέτη της Carlstroem (1987), που παρέχει βασικά χλωριδικά και χωρολογικά δεδομένα για την περιοχή της Ρόδου, Χάλκης, Σύμης και Τήλου (αλλά και της Μαρμαρίδας από την πλευρά της τουρκικής ηπειρωτικής γης) ήρθε να καλύψει το κενό γνώσεων που υπήρχε για τις παραμελημένες χλωρίδες των νησιών αυτών. Χαρακτηριστικό μάλιστα είναι ότι μεγάλο μέρος των χλωριδικών δημοσιεύσεων για τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου γενικότερα έχει γίνει πολύ πρόσφατα (Tzanoudakis & Panitsa 1995).

2.1.2 Χλωριδικές μελέτες στα μικρά νησιά

Σύμφωνα με τον Greuter (1995), το Αμμούι (ή Αμμούδι), ένα μικρονήσι της Καρπάθου, το οποίο συμπεριλαμβάνεται στην παρούσα μελέτη, αποτέλεσε το πρώτο μικρονήσι της Μεσογείου για το οποίο δημοσιεύτηκε μια ξεχωριστή καταγραφή χλωρίδας από τους Major & Barbey το 1895.

Στο χρονικό διάστημα μεταξύ των δύο παγκοσμίων πολέμων ο Rechingger μελέτησε τη χλωρίδα πολλών μικρών νησιών του Αιγαίου, μεταξύ των οποίων και ορισμένα του Τόξου. Στοιχεία για τις χλωρίδες αυτές έχει συμπεριλάβει στη *Phytogeographia Aegaea* (1951).

Ο ίδιος ο Greuter (1995) επισημαίνει ότι μέχρι προσφάτως, οι μελέτες των χλωρίδων των μικρών νησιών της Μεσογείου θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως ελλιπείς, διότι οι μελετητές πραγματοποιούσαν μόνο μία ή λίγες επισκέψεις σε συγκεκριμένη εποχή του έτους. Παρ' όλ' αυτά, οι χλωρίδες των μικρών νησιών προσέλκυσαν το ενδιαφέρον, ίσως λόγω της ανακάλυψης κάποιων ειδών ενδημικών σε μία και μόνο από τις νησίδες αυτές (single – islet endemics), γεγονός που, όπως έχει αναφερθεί στο 1^ο Κεφάλαιο, παρατηρείται στο Τόξο. Ακόμη μεγαλύτερο ενδιαφέρον είχε η ανακάλυψη των τάξων που είναι εξειδικευμένα των μικρών νησιών και φύονται αποκλειστικά σε αυτά, χωρίς να είναι ενδημικά ενός και μόνο τέτοιου νησιού (islet specialists).

Σήμερα υπάρχουν δημοσιεύσεις χλωριδικών μελετών για αρκετά από τα μικρονήσια του Τόξου (Raus 1989, Christodoulakis *et al.* 1991, Bergmeier *et al.* 1997, Bergmeier *et al.* 2001, Bergmeier & Dimopoulos 2001), οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες της φυτογεωγραφικής αυτής προσέγγισης. Τα περισσότερα από αυτά για τα οποία δε βρέθηκαν δημοσιευμένα στοιχεία μέχρι σήμερα που γράφονται αυτές οι γραμμές, έχουν ήδη δεχτεί επισκέψεις σύγχρονων Ελλήνων βοτανικών και αναμένεται συντόμως η δημοσίευση των χλωρίδων τους. Στα νησιά που, λόγω

ελλιπών χλωριδικών στοιχείων, εξαιρέθηκαν από τη μελέτη αυτή, γίνεται πιο αναλυτική αναφορά παρακάτω.

2.2 Συγκέντρωση δεδομένων

Με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα από εργασίες για τη χλωρίδα (πτεριδόφυτα, γυμνόσπερμα, αγγειόσπερμα) και τη βλάστηση των νησιών του Νοτίου Αιγαίου, δημιουργήθηκε μία ηλεκτρονική βάση δεδομένων με χρήση του λογισμικού Microsoft Access®. Η βάση αυτή βρίσκεται στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης και σε 10.100 εγγραφές περιλαμβάνει δεδομένα χλωρίδας και βλάστησης για **37 νησιά του Νοτίου Αιγαίου, συμπεριλαμβανομένης της Σύμης και της Τήλου**. Θεωρήθηκε σκόπιμο τα δύο τελευταία νησιά* να συμπεριληφθούν στην εργασία αυτή, διότι, αν και βρίσκονται βορείως της νοητής γραμμής που οριοθετεί το Τόξο, γειτνιάζουν με τη Ρόδο και απομονώνονται από το υπόλοιπο ανατολικό Αιγαίο από τη χερσόνησο της Μαρμαρίδας (Τουρκία) (Χάρτης 2.9). Η χλωρίδα και η βλάστησή τους μελετώνται μαζί με αυτές της Ρόδου. Επίσης, τα δύο νησιά αυτά προστίθενται στο συνολικό αριθμό των σχετικά μεγάλης έκτασης νησιών του Τόξου, τα οποία είναι πολύ λιγότερα από τα μικρά νησιά και τις βραχονησίδες.

Για κάθε νησί έχει δημιουργηθεί ένας πίνακας με τον ανάλογο αριθμό στηλών, έτσι ώστε να καταχωρείται όλη η δυνατή πληροφορία που προσφέρεται από τον εκάστοτε συγγραφέα, όπως είναι η γεωγραφική εξάπλωση του είδους, ο τύπος του εδάφους όπου φύεται κ.λ.π., ώστε η βάση να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες μελέτες. Στη στήλη με τα είδη καταγράφονται και τα συνώνυμα, ενώ σημειώνεται εάν πρόκειται για είδος του οποίου η ύπαρξη αμφισβητείται από το συγγραφέα, κάτι που σημαίνει ότι δε συμπεριλαμβάνεται σε πρόσφατες καταγραφές ή δεν έχει παρατηρηθεί από τον ίδιο το συγγραφέα και μπορεί να πρόκειται για εσφαλμένο προσδιορισμό, σύγχυση δεδομένων ερμπαρίου ή ακόμα και εξαφάνιση του είδους. Στην περίπτωση της Τήλου το ποσοστό αυτό είναι εξαιρετικά υψηλό: η ύπαρξη του 21% των τάξεων που συμπεριλαμβάνονται σε παλαιότερες συλλογές αμφισβητείται από την Carlstroem (1987).

Σε ξεχωριστή στήλη σημειώνεται εάν πρόκειται για είδος που έχει εισαχθεί στο νησί και εάν είναι είδος καλλιεργούμενο που δεν αυτοφύεται: ορισμένα από αυτά τα είδη καταγράφονται από τους συγγραφείς.

Βεβαίως, οι εργασίες αυτές είναι εξαιρετικά «ετερογενείς», όσον αφορά στα στοιχεία που προσφέρουν. Συγκριτικά, πληρέστερη είναι αυτή των Jahn & Schoenfelder (1995) για την Κρήτη, η οποία δίνει ακόμα και φαινολογικά στοιχεία για τα είδη του νησιού. Η εργασία αυτή επελέγη έναντι της “*Flora of the Cretan area. Annotated Checklist and Atlas*” των Turland *et al.* (1993), ως πιο πρόσφατη, που έχει λάβει υπόψη τα δεδομένα των Turland *et al.*, καθώς και τα δεδομένα των Med-Checklist και Med-

* Τόσο η Σύμη όσο και η Χάλκη κατοικούνται. Σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής του 1991, η πρώτη έχει 2.332 κατοίκους και η δεύτερη 279.

Checklist Notulae. Για τα περισσότερα νησιά όμως υπάρχουν μόνο μία ή ελάχιστες πρόσφατες εργασίες του τύπου «χλωρίδα και βλάστηση». Για ορισμένα μικρονήσια δίνεται κατάλογος των ειδών των φυτών και γίνεται μόνο γενική περιγραφή των βιοτόπων και ενδιαιτημάτων τους.

Επιπροσθέτως, στην εφαρμογή της σχέσης έκτασης-αριθμού ειδών περιλαμβάνονται και 11 μικρονήσια της Καρπάθου («Καρπαθονήσια») (Χάρτης 2.7), για τα οποία οι Hoener & Greuter (1988) στη μελέτη της εναλλαγής (species turnover) και των πληθυσμών των ειδών φυτών στα νησιά αυτά για μία επταετία, δίνουν και τη σχέση έκτασης - αριθμού ειδών, χωρίς να αναφέρουν όλα τα είδη της χλωρίδας. Πρόκειται για τη μοναδική εργασία για τα φυτά νησιών του Τόξου, όπου γίνεται μία τέτοια φυτογεωγραφική ανάλυση. Σε μεταγενέστερη εργασία του, ο Greuter (1995), αναφερόμενος στη μελέτη αυτή των Καρπαθονησιών, αλλά και σε δύο άλλες (Pleger 1981, Hoener 1991), γράφει ότι ίσως έτσι να έχει ήδη ξεκινήσει μία νέα εποχή για τη Νησιωτική Βιογεωγραφία της Μεσογείου.

Σε μια άλλη εργασία του, ο Greuter (1991) εφαρμόζει τη σχέση έκτασης - αριθμού φυτικών ειδών στη διπλή λογαριθμική της μορφή ($\log A - \log S$) για νησιωτικές και ηπειρωτικές περιοχές της Μεσογείου και διαπιστώνει ότι η ευθεία της απλής παλινδρόμησης προσαρμόζεται πολύ καλά στα δεδομένα. Θεωρεί ότι αυτό καταδεικνύει ότι η «πτώχευση» των νησιωτικών χλωρίδων είναι μύθος.

Οι ομάδες στις οποίες μπορούν να διακριθούν τα μελετούμενα νησιά είναι:

- η Κρήτη με τα 12 δορυφορικά νησιά της (ομάδα Κρήτης),
- η Κάρπαθος με τα 11 δορυφορικά μικρονήσια της,
- η Κάσος με τα 16 δορυφορικά μικρονήσια της,
- μια μεγαλύτερη ομάδα, που θα περιλαμβάνει όλα τα νησιά του συμπλέγματος της Καρπάθου, δηλαδή την Κάρπαθο, την Κάσο, τη Σαρία και τα 27 μικρονήσια τους (16 Κασονήσια και 11 Καρπαθονήσια) (ομάδα Καρπάθου),
- τη Ρόδο με τη Χάλκη, τη Σύμη και την Τήλο (ομάδα Ρόδου),
- την ομάδα της Καρπάθου με την ομάδα της Ρόδου και
- την ομάδα της Κρήτης με την ομάδα της Καρπάθου.

Η έκταση των νησιών ποικίλει από 0,0004 km² έως 8.264,62 km² και το υψόμετρό τους από 7 m έως 2.456 m. Από το σύνολο των 48 νησιών 33 έχουν έκταση μικρότερη του 1 km² και τα υπόλοιπα 15 έχουν έκταση από 2,01 km² και πάνω, δε συμπεριλαμβάνεται δηλαδή κανένα νησί με έκταση μεταξύ 1 και 2 km². Στον Πίνακα 2.1 δίνονται η έκταση, το μέγιστο υψόμετρο, ο συνολικός αριθμός των τάξων των φυτών (είδη, υποείδη, ποικιλίες μαζί με αμφισβητούμενα και καλλιεργούμενα μη αυτοφυή), που περιλαμβάνεται στη βάση δεδομένων και η βιβλιογραφική αναφορά που χρησιμοποιήθηκε.

2.2.1 Νησιά με ελλιπή χλωριδικά στοιχεία

Ελλιπή χλωριδικά στοιχεία για ορισμένα νησιά του Νοτίου Τόξου επέβαλαν τον αποκλεισμό τους από την παρούσα μελέτη. Τα σημαντικότερα από τα νησιά που εξαιρέθηκαν είναι τα Αντικύθηρα, η Γαυδοπούλα, η Δία, η Αλιμνιά και τα γειτονικά μικρονήσια της Ρόδου.

218 είδη της χλωρίδας των **Αντικυθήρων** καταγράφουν οι Greuter & Rechinger το 1967, παράλληλα με τη μελέτη τους για τη χλωρίδα των Κυθήρων. Όμως, οι καταγραφές αυτές πραγματοποιήθηκαν κατά την ίδια εποχή (πρώτο δεκαπενθήμερο του Μαΐου του έτους 1964 και μόνο) σε πολύ περιορισμένη έκταση του νησιού. Ο ίδιος ο Rechinger (1967) επισημαίνει ότι λόγω της εσπευσμένης ολοκλήρωσης του έργου "*Flora Aegaea*" το 1943, εξαιτίας των γεγονότων του πολέμου, η βοτανική έρευνα πολλών επιμέρους περιοχών του Αιγαίου, μεταξύ των οποίων η Εύβοια, τα Κύθηρα και τα Αντικύθηρα δεν προχώρησε. Οι Tzanoudakis *et al.* (1998) επισκέφθηκαν το νησί το 1996 και το 1997 και δημοσιεύουν 10 από τα σημαντικότερα νέα για το νησί είδη που κατέγραψαν. Στην ίδια εργασία αναφέρουν ότι κατέγραψαν συνολικά 84 τάξα φυτών σε 9 νησίδες δορυφορικές των Κυθήρων και των Αντικυθήρων (Χάρτης 4.2).

Οι Bergmeier *et al.* (1997), κατά τη μελέτη της χλωρίδας και της βλάστησης της Γαύδου από το 1994 έως το 1997, καιρού μη επιτρεπόντος δεν μπόρεσαν να επισκεφτούν τη **Γαυδοπούλα**, 8 km βορειοδυτικά της Γαύδου. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι προφανώς το νησί δεν έχει επισκεφτεί βοτανικός μετά τον Prospero Alpinì, ο οποίος τα επισκέφτηκε κατά την επιστροφή του από την Αίγυπτο στην Πάδουα. Κάποια από τα είδη της **Δίας** και της **Γαυδοπούλας** έχουν καταγραφεί στα πλαίσια της υποψηφιότητάς τους για ένταξη στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο NATURA 2000. Επίσης, ορισμένα είδη των δύο αυτών νησιών αναφέρονται και από τους Jahn & Schoenfelder (1995), πλην όμως μέχρι σήμερα δεν έχει δημοσιευτεί πλήρης χλωριδικός κατάλογος.

Όσον αφορά στα μικρονήσια της Κρήτης **Θεοδωρού** (ΒΔ πλευρά), **Ελάσσα** (ΒΑ πλευρά) και **Παξιμάδια** (Ν πλευρά), αλλά και το **Ποντικονήσι**, που βρίσκεται δυτικά των Γραμβουσών, μεταξύ Κρήτης και Αντικυθήρων, τα χλωριδικά δεδομένα είναι επίσης προς δημοσίευση (Tzanoudakis & Panitsa, 1995, Tzanoudakis & Kypriotakis, 1993).

Για την **Αλιμνιά** και τα μικρονήσια της, που βρίσκονται δυτικά της Ρόδου και βορειοανατολικά της Χάλκης δε βρέθηκαν βιβλιογραφικά δεδομένα σχετικά με τη χλωρίδα και τη βλάστηση.

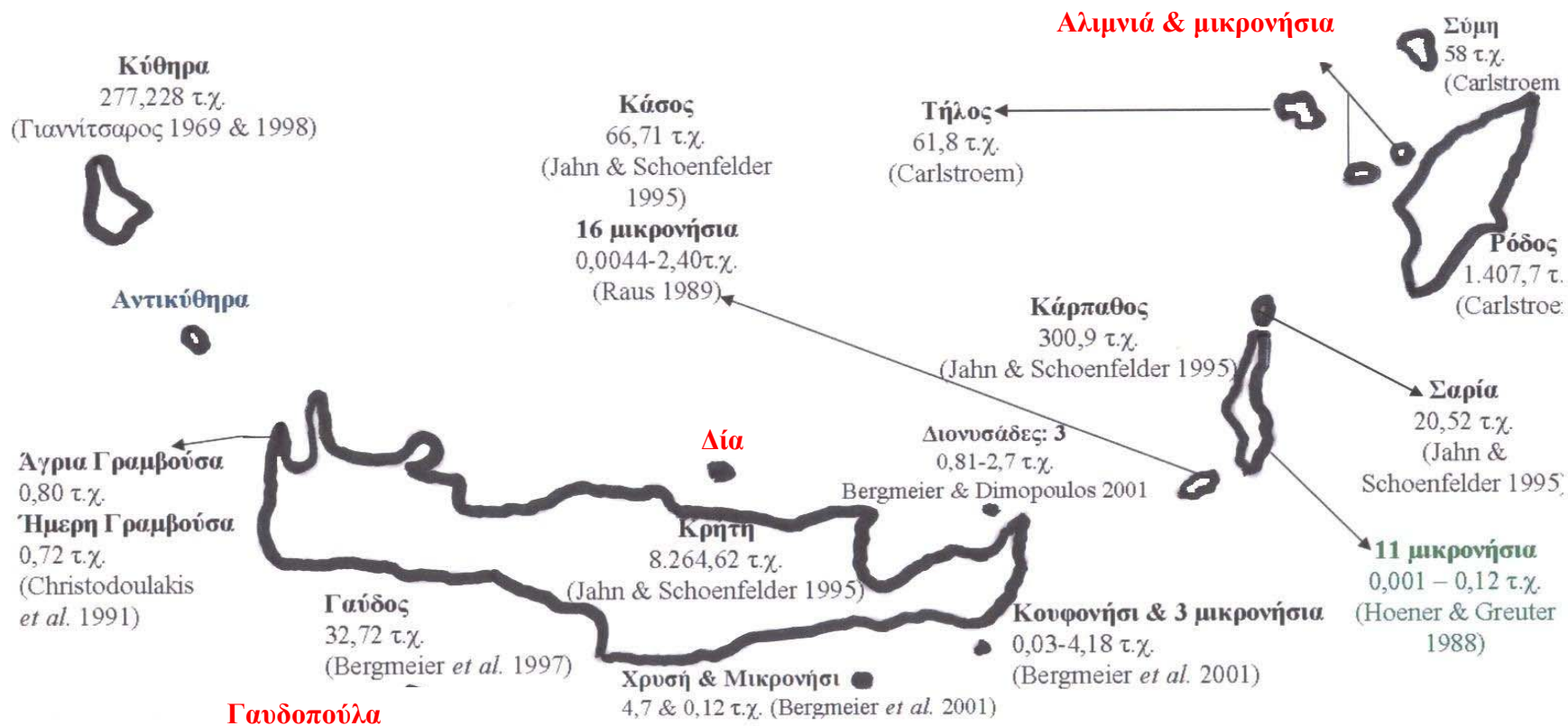
Στο Χάρτη 2.1 απεικονίζεται το Νότιο Τόξο και σημειώνονται τα νησιά μελέτης, αλλά και αυτά που εξαιρέθηκαν. Στους Χάρτες 2.2 – 2.9, που ακολουθούν, φαίνονται οι επιμέρους ομάδες νησιών του Τόξου από τη δυτική προς την ανατολική πλευρά.

Νησί	Έκταση (km ²)	Μέγιστο υψόμετρο (m)	Αριθμός τάξων φυτών	Βιβλιογραφική αναφορά	
Κύθηρα	277,23	506	805	Γιαννίτσαρος (1969) Yannitsaros (1998)	
Άγρια Γραμβούσα	0,80	100	94	Christodoulakis <i>et al.</i> (1991)	
Ήμερη Γραμβούσα	0,72	116	112		
Γαύδος	32,72	345	483	Bergmeier <i>et al.</i> (1997)	
Κρήτη	8.264,62	2.456	2.160	Jahn & Schoenfelder (1995)	
Κάσος	66,71	601	464		
Κάρπαθος	300,91	1.215	958		
Σαρία	20,52	629	224		
Μ Ι Κ Ρ Ο Ν Η Σ Ι Α Κ Α Σ Ο Υ	Αρμάθια	2,40	111	Raus (1989)	
	Καροφυλλάς (Καρόφυλλο, Καροφυλλονήσι, Κόσκινο)	0,0023	15		20
	Μακρό (Μακρονήσι, Μακρά)	0,24	31		65
	Ποριώνη (Κουτσουμπού, Ποριό, Ποριονήσι)	0,013	13		15
	Μικρό Ποντικονήσι (Ανατολικά Πλατονήσια, Ανατολικά Ποντικονήσια)	0,031	22		22
	Μεγάλο Ποντικονήσι (Δυτικά Πλατονήσια, Δυτικά Ποντικονήσια)	0,067	25		27
	Λύτρα	0,026	34		20
	Πλάτη	0,135	31		26
	Άνω Κουρικό (Βόρειες νήσοι Κουρέκια ή Κουρούκια)	0,021	28		24
	Κάτω Κουρικό (Νότιες νήσοι Κουρέκια ή Κουρούκια)	0,023	38		17
	Νότιος Χοχλακιάς	0,012	20		30
	Φύρα	0,0009	<20		13
	Τρεις Πέτρες	0,0004	<20		4
	Στρογγυλό (Στρογγυλή Κάσου)	0,022	38		14
Σέλλα	0,002	<20	1		
Ανώνυμο	0,001	<20	20		
Κ	Χρυσή (Γαϊδουρονήσι)	4,73	27	298	
	Μικρονήσι	0,12	16	71	

P H T H	Κουφονήσι	4,18	64	300	Bergmeier <i>et al.</i> (2001)
	Στρογγυλή Κρήτης	0,0255	19	108	
	Μακρουλή	0,066	7	114	
	Τράχηλος	0,14	43	96	

	Νησί	Έκταση (km ²)	Μέγιστο υψόμετρο (m)	Αριθμός τάξων φυτών	Βιβλιογραφική αναφορά
Δ Ι Ο Ν	Παξιμάδα	0,31	136	70	Bergmeier & Dimopoulos (2001)
	Δραγονάδα	2,87	125	242	
	Γιανισάδα	2,11	150	214	
	Ρόδος	1.407,68	1.215	1.347	Carlstroem (1987)
	Χάλκη	27,20	650	404	
	Τήλος	61,83	651	388	
	Σύμη	58,00	615	429	

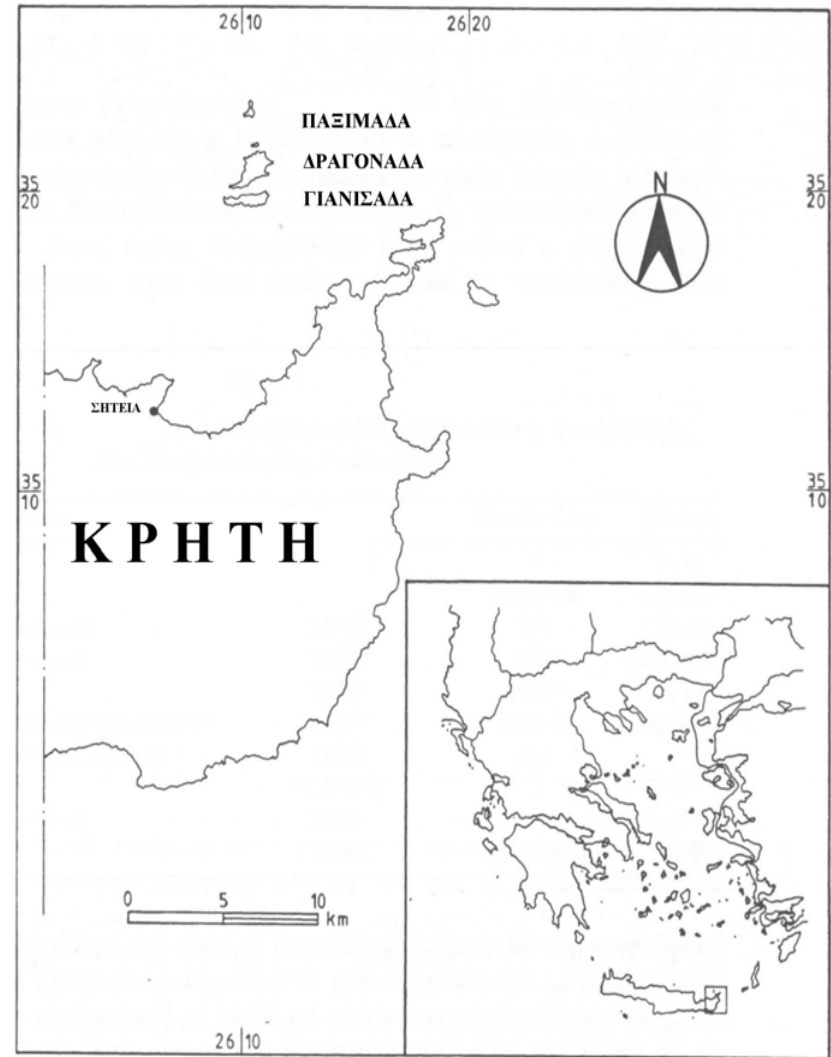
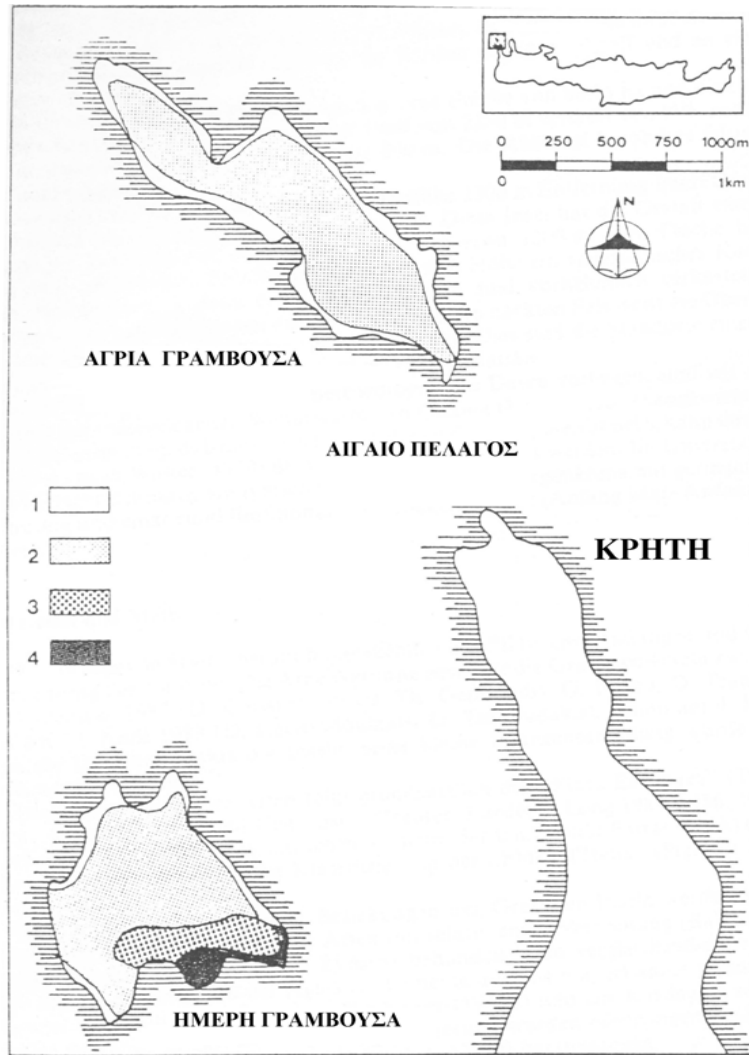
Πίνακας 2.1: Για τα 37 αυτά νησιά και για 11 μικρονήσια της Καρπάθου εφαρμόστηκε η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών. Στη στήλη «αριθμός τάξων φυτών» δίνεται το σύνολο των ειδών, υποειδών και ποικιλιών, συμπεριλαμβανομένων των αμφισβητούμενων και των καλλιεργούμενων, όπως καταγράφονται στην αντίστοιχη βιβλιογραφική αναφορά.



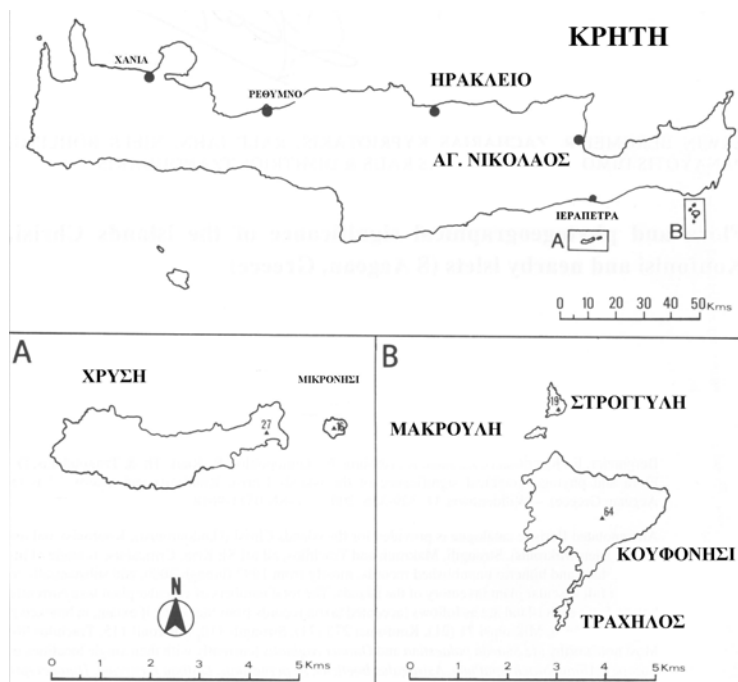
Χάρτης 2.1: Τα μελετούμενα νησιά και αυτά που εξαιρούνται λόγω έλλειψης στοιχείων (Γαυδοπούλα, Δία, Αλιμνιά και τα μικρονήσια της). Τα δεδομένα για τα Αντικύθηρα δεν είναι πλήρη. Για τα 11 μικρονήσια της Καρπάθου έχει εφαρμοστεί η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών από τους Hoener & Greuter (1988).



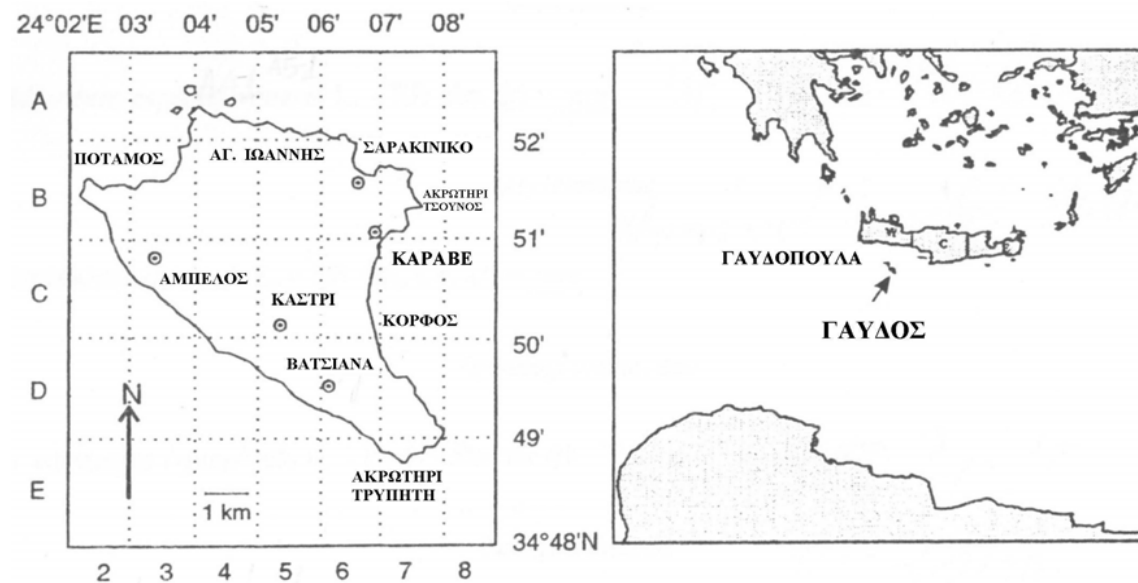
Χάρτης 2.2: Από τα δύο μεγάλα και τα πολυάριθμα μικρά νησιά του δυτικού τμήματος του Τόξου μόνο τα για Κύθηρα υπάρχουν τα χλωριδικά στοιχεία για την εφαρμογή της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών (τροποποιημένο από Tzanoudakis et al. 1998).



Χάρτης 2.3: Οι Γραμβούσες βρίσκονται στο ΒΔ άκρο της Κρήτης. **Χάρτης 2.4:** Οι Διονυσάδες (Παξιμάδα, Δραγονάδα, Γιανισάδα) βρίσκονται στο ΒΑ άκρο της Κρήτης (τροποποιημένο από Bergmeier & Dimopoulos 2001).
 Οι τύποι βλάστησης που υπάρχουν σε αυτές είναι :
 1: αλόφυτα των βράχων, 2: φρύγανα, 3: φρύγανα με Agave και 4: ψαμμόφυτα (από Christodoulakis et al. 1991).



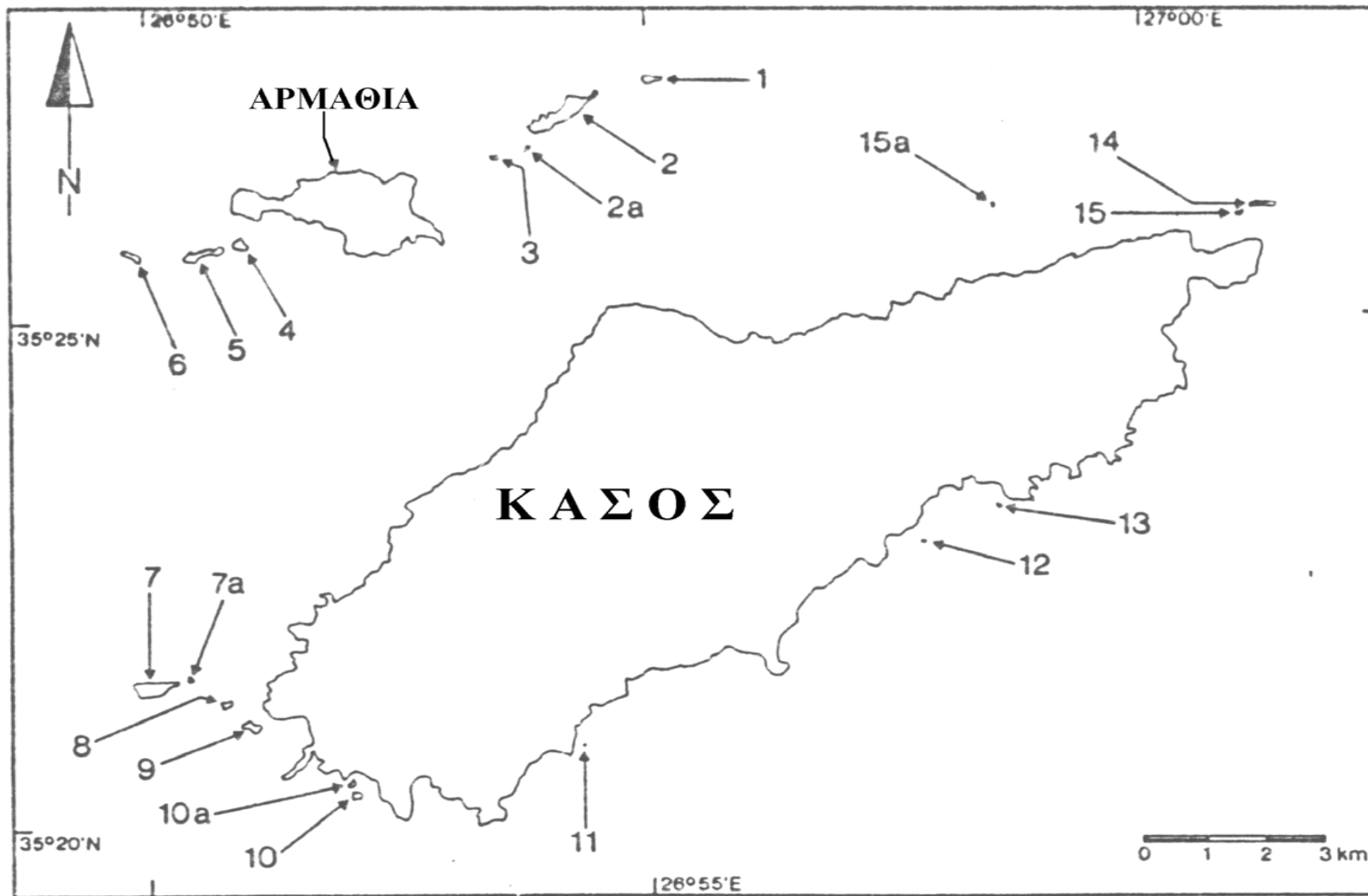
Χάρτης 2.5: Δύο ομάδες μικρών νησιών βρίσκονται στο Λιβυκό πέλαγος, στη ΝΑ πλευρά της Κρήτης (τροποποιημένο από Bergmeier et al. 2001).



Χάρτης 2.6: Η Γαύδος είναι το νοτιότερο άκρο της Ευρώπης. Για τη Γαυδοπούλα, που βρίσκεται βορειότερα, δεν υπάρχουν πλήρη και πρόσφατα χλωριδικά στοιχεία (τροποποιημένο από Bergmeier et al. 1997).



Χάρτης 2.7: Οι Hoener & Greuter (1988) δίνουν τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών για 11 μικρονήσια της Καρπάθου (ΚΘ1-ΚΘ11). Γνωστή είναι η ονομασία μόνο για έξι από αυτά. Η έκτασή τους κυμαίνεται από 0,001 km² περίπου για το ΚΘ10, έως 0,12 km² περίπου για το Σόκαστρο (ΚΘ3). Ο αριθμός των ειδών των φυτών τους κυμαίνεται από 6 έως 100 (τροποποιημένο από Hoener & Greuter 1988).



Χάρτης 2.8: Τα «Κασονήσια» μελετώνται από τον Raus (1989). Το μεγαλύτερο είναι η Αρμάθια και το μικρότερο οι Τρεις Πέτρες. **1:** Καροφυλλάς, **2:** Μακρό, **3:** Ποριώνη, **4:** Μικρό Ποντικονήσι, **5:** Μεγάλο Ποντικονήσι, **6:** Λύτρα, **7:** Πλάτη, **8:** Άνω Κουρικό, **9:** Κάτω Κουρικό, **10:** Νότιος Χοχλακιάς, **11:** ανώνυμο, **12:** Φύρα, **13:** Τρεις Πέτρες, **14:** Στρογγυλό, **15:** Σέλλα. Για τα 7a (Νησί της Πλάτης) και 15a (Κολοφώνος) δεν αναφέρεται κανένα είδος, ενώ για τα 2a (Κουτσουμπή) και 10a (Βόρειος Χοχλακιάς) ο αριθμός των ειδών είναι άγνωστος (τροποποιημένο από Raus 1989).



Χάρτης 2.9: Η Ρόδος αποτελεί το ανατολικό όριο του Τόξου. Η Σύμη και η Τήλος, αν και βρίσκονται βορείως της νοητής γραμμής που οριοθετεί το Τόξο, γειτνιάζουν με τη Ρόδο και απομονώνονται από το υπόλοιπο ανατολικό Αιγαίο από τη χερσόνησο της Μαρμαριάδας (Τουρκία). Η χλωρίδα και η βλάστησή τους μελετώνται μαζί με αυτές της Ρόδου και της Χάλκης από την Carlstroem (1987) (απ' όπου και οι χάρτες, τροποποιημένοι). Για τη χλωρίδα και τη βλάστηση της Αλιμνιάς (Αλιμιάς) και των υπόλοιπων μικρονησιών της Ρόδου δε βρέθηκε βιβλιογραφία.

2.3 Επεξεργασία των δεδομένων

Ο αριθμός των ειδών χρησιμοποιείται ως κοινό μέτρο έκφρασης της ποικιλότητας σε βιογεωγραφικές μελέτες (Ricklefs & Schuller 1993). Στη βιογεωγραφία των νήσων, μια κοινή μεθοδολογική προσέγγιση είναι να μετράται ο αριθμός των ειδών σε μια ομάδα νησιών διαφορετικών εκτάσεων και στη συνέχεια να συσχετίζεται αυτός με γεωγραφικά χαρακτηριστικά (π.χ. έκταση, απομόνωση) ή φυσικά χαρακτηριστικά (π.χ. ποικιλότητα ενδιαιτημάτων) των νησιών (Baldi & McCollin 2003). Τόσο η εξίσωση του Arrhenius (1921), όσο και το μοντέλο των McArthur & Wilson (1967) αναφέρονται σε αριθμό ειδών και όχι σε αριθμό άλλων ταξονομικών επιπέδων, ανώτερων (γέννη, οικογένειες) ή κατώτερων (υποείδη, ποικιλίες) του είδους*. Στην πλειοψηφία των εργασιών που πραγματεύονται τη σχέση του Arrhenius χρησιμοποιούνται οι αριθμοί των ειδών και ελάχιστες είναι εκείνες που συσχετίζουν την έκταση με άλλες ταξονομικές ομάδες, όπως για παράδειγμα ο Μυλωνάς (1982), που εφαρμόζει σχέσεις έκτασης – αριθμού ειδών και έκτασης – αριθμού ειδών και υποειδών χερσαίων μαλακίων, οι Barry Cox & Moore (1994), που εφαρμόζουν σχέση έκτασης – αριθμού γενών φυτών.

Για την εφαρμογή της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών στην παρούσα εργασία, από τους πίνακες της αρχικής βάσης δεδομένων υπολογίστηκε ο «αμιγής αριθμός ειδών φυτών» για κάθε νησί, ως εξής:

1. Όλα τα υποείδη και οι ποικιλίες έχουν αναχθεί στο είδος τους. Π.χ. το *Dianthus juniperinus* Sm. (Caryophyllaceae), ενδημικό της Κρήτης, έχει έξι υποείδη, επίσης ενδημικά, τα οποία δεν υπολογίστηκαν.
2. Δεν υπολογίστηκαν τα είδη που έχουν καταγραφεί ως καλλιεργούμενα και δεν αυτοφύονται, όπως π.χ. η *Malus domestica* Borkh. (Rosaceae) για την Κρήτη.
3. Δεν υπολογίστηκαν τα είδη των οποίων η παρουσία αμφισβητείται, όπως π.χ. το *Lathyrus angulatus* L. (Fabaceae) για την Κρήτη.

Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται τα 37 νησιά της βάσης δεδομένων κατά σειρά έκτασης, με τον αριθμό ειδών φυτών που προέκυψε μετά την παραπάνω επεξεργασία. Δίδεται επίσης το % ποσοστό μείωσης που επήλθε στον αρχικό συνολικό αριθμό των τάξεων. Για περισσότερα μικρά νησιά, όπως είναι αναμενόμενο, δεν επέρχεται μεταβολή, διότι σε αυτά δεν υπάρχουν καλλιεργούμενα είδη, η μικρή έκτασή τους και ο μικρός αριθμός ειδών δεν επιτρέπουν την αμφισβήτηση της παρουσίας κάποιου είδους, αλλά και σπάνια απαντώνται δύο ή περισσότερα υποείδη του ίδιου είδους, όπως συμβαίνει στα μεγάλα νησιά. Το μεγάλο ποσοστό των αμφισβητούμενων για την Τήλο, που, όπως

* Βεβαίως, κάποιος θα μπορούσε να ανάγει τα προβλήματα της ταξονομίας και στη βιογεωγραφία, θέτοντας ακόμη και το ερώτημα για το «τι είναι τελικά το είδος»...

Νησί	Έκταση (km ²)	Αριθμός ειδών φυτών	Μείωση σε σχέση με συνολικό αριθμό τάξων
Τρεις Πέτρες	0,0004	4	0 %
Φύρα	0,0009	13	0 %
Ανώνυμο	0,0010	20	0 %
Σέλλα	0,0020	1	0 %
Καροφυλλάς	0,0023	20	0 %
Νότιος Χοχλακιάς	0,0120	30	0 %
Ποριώνη	0,0130	15	0 %
Άνω Κουρικό	0,0210	24	0 %
Στρογγυλό	0,0220	14	0 %
Κάτω Κουρικό	0,0230	17	0 %
Στρογγυλή	0,0255	108	0 %
Λύτρα	0,0260	20	0 %
Μικρό Ποντικονήσι	0,0310	22	0 %
Μακρουλή	0,0660	114	0 %
Μεγάλο Ποντικονήσι	0,0670	27	0 %
Μικρονήσι	0,1200	70	~ 1 %
Πλάτη	0,1350	26	0 %
Τράχηλος	0,1400	96	0 %
Μακρό	0,2400	65	0 %
Παξιμάδα	0,3100	68	~ 3 %
Ήμερη Γραμβούσα	0,7200	112	0 %
Άγρια Γραμβούσα	0,8000	94	0 %
Γιανισάδα	2,1100	212	~ 1 %
Αρμάθια	2,4000	175	0 %
Δραγονάδα	2,8700	230	~ 5 %
Κουφονήσι	4,1800	272	~ 9 %
Χρυσή	4,7300	275	~ 8 %
Σαρία	20,5200	215	~ 4 %
Χάλκη	27,2000	367	~ 9 %
Γαύδος	32,7200	471	~ 2 %
Σύμη	58,0000	405	~ 6 %
Τήλος	61,8300	302	~ 22 %
Κάσος	66,7100	446	~ 4 %
Κύθηρα	277,2300	741	~ 8 %
Κάρπαθος	309,9100	922	~ 4 %
Ρόδος	1.407,6800	1.105	~ 18 %
Κρήτη	8.264,6200	1.795	~ 17 %

Πίνακας 2.2: Ο αριθμός των φυτικών ειδών στα 37 νησιά που περιλαμβάνει η βάση δεδομένων (κατά σειρά έκτασης) και το ποσοστό % κατά το οποίο μειώθηκε με την επεξεργασία ο αρχικός συνολικός αριθμός των τάξων. Τα νησιά με μπλε χαρακτήρες είναι τα Κασονήσια, ενώ με πράσινους χαρακτήρες είναι τα δορυφορικά νησιά της Κρήτης.

προαναφέρθηκε φτάνει στο 21% των παλαιότερων καταγραφών, αυξάνεται και ξεπερνά το 22% με την «κατάργηση» των υποειδών και των καλλιεργούμενων που δεν αυτοφύονται. Το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης από τα υπόλοιπα νησιά παρουσιάζουν τα δύο μεγαλύτερα, η Ρόδος και η Κρήτη.

2.4 Εφαρμογή της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών

Στην παρούσα εργασία για τη διερεύνηση της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών φυτών στο Τόξο του Νοτίου Αιγαίου χρησιμοποιήθηκε η σχέση του Arrhenius στη λογαριθμική της μορφή, διότι:

1. Είναι σήμερα κοινώς αποδεκτή από την πλειοψηφία των επιστημόνων που μελετούν τη σχέση της έκτασης με τον αριθμό των ειδών και ευρέως χρησιμοποιούμενη.
2. Έχει εφαρμοστεί για τη διερεύνηση της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών στο Τόξο του Νοτίου Αιγαίου για ομάδες ζωικών ειδών, στις οποίες γίνεται αναφορά παρακάτω.

Η σχέση έκτασης - αριθμού ειδών του Arrhenius (1921) στη λογαριθμική της μορφή εφαρμόστηκε αρχικά για το σύνολο των 48 νησιών και για το σύνολο των ειδών πτεριδοφύτων, γυμνοσπέρμων και αγγειοσπέρμων της χλωρίδας τους.

Στη συνέχεια, με σκοπό τη διερεύνηση επιμέρους διαφοροποιήσεων αυτού του βασικού προτύπου σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών, η παραπάνω εξίσωση εφαρμόστηκε ως εξής:

1) Ξεχωριστά για τα επιμέρους «νησιωτικά συγκροτήματα» της περιοχής μελέτης, δηλαδή για:

- την Κρήτη και τα 12 δορυφορικά νησιά της (ομάδα Κρήτης),
- την Κάρπαθο και τα 11 δορυφορικά μικρονήσια της,
- την Κάσο και τα 16 δορυφορικά μικρονήσια της,
- την Κάρπαθο με την Κάσο, τη Σαρία και τα 27 μικρονήσια τους (16 Κασονήσια και 11 Καρπαθονήσια) (ομάδα Καρπάθου),
- τη Ρόδο με τη Χάλκη, τη Σύμη και την Τήλο (ομάδα Ρόδου),
- την ομάδα της Καρπάθου με την ομάδα της Ρόδου και
- την ομάδα της Κρήτης με την ομάδα της Καρπάθου.

2) Ξεχωριστά για τα νησιά «μικρής έκτασης» και για αυτά «μεγάλης έκτασης». Βεβαίως υπάρχει το πρόβλημα του καθορισμού μιας τιμής – κατωφλίου για τη διάκριση των νησιών σε «μικρά» και «μεγάλα» αναλόγως με την έκτασή τους. Στην ομάδα των νησιών που μελετάται εδώ εμφανίζεται, όπως έχει ήδη αναφερθεί, το εξής χαρακτηριστικό: υπάρχουν 33 νησιά που έχουν έκταση μικρότερη του 1 km² και δε συμπεριλαμβάνεται κανένα νησί με έκταση μεταξύ 1 και 2

km². Τα 15 υπόλοιπα νησιά έχουν έκταση από 2,10 km² περίπου (Γιανισιάδα) μέχρι τα 8.265 km² της Κρήτης. Συνεπώς, η κατανομή αυτή των εκτάσεων επιτρέπει πρακτικά να χαρακτηριστούν ως «μικρά» τα 33 νησιά που έχουν έκταση μικρότερη του 1 km² και ως «μεγάλα» τα υπόλοιπα 15, με έκταση μεγαλύτερη των 2,1 km².

3) Για τα είδη συγκεκριμένων οικογενειών. Δέκα οικογένειες επελέγησαν, οι οποίες περιλαμβάνουν ευρύοικα και στενόοικα είδη, με ευρεία ή περιορισμένη κάθετη κατανομή, ξυλώδη και ποώδη. Ο συνολικός αριθμός των ειδών κάθε οικογένειας στα 37 μελετούμενα νησιά δίνεται παρακάτω, στον Πίνακα 2.3.

α) Cistaceae: Είναι μια μικρή οικογένεια, με 165 είδη συνολικά. Περιλαμβάνει είδη θαμνώδη και ποώδη, που εξαπλώνονται κυρίως στην παραμεσόγεια περιοχή, αλλά και στην Αμερική. Η πλειοψηφία των ειδών της, που υπάρχουν στην περιοχή μελέτης, είναι ξυλώδη πολυετή (θάμνοι), χαρακτηριστικά των φρυγάνων, τα οποία αποτελούν μια από τις κύριες φυτοκοινότητες / βλαστητικούς σχηματισμούς των νησιών του Αιγαίου. Κάποια από τα είδη της, που υπάρχουν στην εξεταζόμενη περιοχή, έχουν ευρεία κάθετη εξάπλωση, άλλα περιορίζονται στα χαμηλά υψόμετρα και άλλα περιορίζονται στα υψόμετρα της υπαλπικής και αλπικής ζώνης της Κρήτης. Μόνο μία από τις νησίδες με επιφάνεια μικρότερη του 1 km² έχει ένα είδος της οικογένειας, ενώ στις υπόλοιπες νησίδες η οικογένεια δεν απαντάται.

Από τα νησιά μεγάλης επιφάνειας, η οικογένεια δεν υπάρχει στη Σαρία.

β) Ranunculaceae: Πρόκειται για μεγάλη οικογένεια, που έχει το κέντρο της γεωγραφικής κατανομής της στις εύκρατες και ψυχρές περιοχές των δύο ημισφαιρίων, αλλά είδη της απαντώνται σε όλον τον κόσμο. Τα περισσότερα είδη της είναι ποώδη και πιο σπάνια ξυλώδη αναρριχώμενα, όπως τα είδη του γένους *Clematis*. Στα είδη της οικογένειας που υπάρχουν στην περιοχή του Νοτίου Αιγαίου περιλαμβάνονται και ορισμένα υγρόφιλα είδη, καθώς και κάποια που φύονται σε καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Είκοσι από τα μικρά νησιά δεν έχουν κανένα είδος της οικογένειας.

γ) Plumbaginaceae: Τα είδη της οικογένειας αφθονούν κυρίως στα αλίπεδα των παραμεσογείων περιοχών. Τα είδη αυτά είναι πολυετή ποώδη ή θαμνώδη. Απαντώνται κυρίως σε παραθαλάσσια και αλατούχα εδάφη ή σε ορεινές και υπαλπικές περιοχές. Είναι μικρή οικογένεια αλοφύτων, που περιλαμβάνει την περιοχή μελέτης στην κύρια ζώνη εξάπλωσής της. Όλα τα απαντούμενα στην εξεταζόμενη περιοχή είδη της φύονται σε αμμώδεις και βραχώδεις ακτές, εκτός από το *Acantholimon androsaceum*, που είναι αλπικό και υπάρχει στην Κρήτη.

Μόνο τρία Κασονήσια δεν περιλαμβάνουν την οικογένεια.

δ) Chenopodiaceae: Περιλαμβάνει ετήσια ή πολυετή είδη κοσμοπολίτικης εξάπλωσης, που φύονται κυρίως σε αλατούχα εδάφη (αλίφιλα, αλόφυτα, δείκτες αλατούχων εδαφών). Η συγκεκριμένη οικογένεια επελέγη διότι παρουσιάζει ευρεία γεωγραφική εξάπλωση και τα είδη της είναι αλίφιλα. Περιλαμβάνει αρκετά ανεμόχωρα είδη (η διασπορά των καρπών γίνεται δια του ανέμου), τα οποία παρουσιάζουν ενδιαφέρον λόγω της νησιωτικότητας της περιοχής.

Η οικογένεια παρουσιάζει ευρύτατη εξάπλωση στο Νότιο Αιγαίο. Μόνο μια νησίδα δεν έχει είδος της.

ε) Caryophyllaceae: Πρόκειται για μέση οικογένεια ως προς τον αριθμό των ειδών που περιλαμβάνει. Οι Καρυοφυλλίδες είναι σχεδόν στο σύνολό τους ποώδη φυτά, που αφθονούν κυρίως στις παραμεσόγειες χώρες. Τα είδη της στην περιοχή μελέτης απαντώνται από το επίπεδο της θάλασσας έως τις ορεινές περιοχές, ενώ κάποια περιορίζονται στα μέσα υψόμετρα.

Η οικογένεια απαντάται σε όλα τα μεγάλα νησιά και στην πλειοψηφία των νησίδων.

στ) Boraginaceae: Περιλαμβάνει ετήσια ή πολυετή ποώδη, αλλά και ξυλώδη φυτά. Τα είδη της είναι κοσμοπολίτικα και αφθονούν κυρίως στα εύκρατα κλίματα. Επελέγη γιατί περιλαμβάνει και αρκετά ανθρωπόφιλα είδη και είδη των διαταραγμένων θέσεων. Ορισμένα από τα είδη της, που υπάρχουν στην εξεταζόμενη περιοχή, έχουν ευρεία κάθετη εξάπλωση, λίγα περιορίζονται στα χαμηλά υψόμετρα και ορισμένα περιορίζονται στην αλπική ζώνη της Κρήτης (κάποια *Myosotis* sp. και το ενδημικό *Cynoglossum sphacioticum*).

Τα περισσότερα Κασονήσια δεν έχουν Βοραγινίδες.

ζ) Euphorbiaceae: Πλούσια σε είδη οικογένεια, που αφθονεί στις τροπικές χώρες με φυτά ξυλώδη, δενδρώδη και αρκετά κακτόμορφα, ενώ τα είδη των εύκρατων περιοχών είναι κατά το πλείστον ποώδη. Στην περιοχή μελέτης εμφανίζεται τόσο με ξυλώδη, όσο και με ποώδη είδη, που εξαπλώνονται στις ακτές ή στα μεγάλα υψόμετρα ή είναι ανθρωπόφιλα.

Τα περισσότερα Κασονήσια δεν περιλαμβάνουν την οικογένεια. Τα είδη της οικογένειας που απαντώνται στα μικρά νησιά ανήκουν στην κατηγορία των αλόφιλων φυτών.

η) Fabaceae: Τα ξυλώδη φυτά της μεγάλης αυτής οικογένειας εξαπλώνονται κυρίως στις τροπικές περιοχές, ενώ τα ποώδη είδη της κυρίως στις εξωτροπικές. Τα είδη της παρουσιάζουν ευρύτατη εξάπλωση και μεγάλη αφθονία, είναι δε από τους πρώτους εποίκιστες περιοχών που πρωτογενώς στερούνται βλαστήσεως ή έχουν χάσει τη βλάστησή τους και παρατηρείται σ' αυτές δευτερογενής διαδοχή (π.χ. μετά από πυρκαγιά).

Μόνο μια μικρή νησίδα δεν περιλαμβάνει την οικογένεια.

ι) Asteraceae και ια) Poaceae: Μεγάλες οικογένειες ποωδών κυρίως φυτών, με ευρύτατη εξάπλωση και μεγάλη αφθονία. Επελέγησαν λόγω της ευρείας κάθετης εξάπλωσής τους και του μεγάλου αριθμού ειδών τους.

Δύο μικρές νησίδες δεν έχουν Σύνθετα και τέσσερις δεν έχουν Αγρωστώδη.

Οικογένεια	Συνολικός αριθμός ειδών στα 37 νησιά
Asteraceae	274
Fabaceae	230
Poaceae	196
Caryophyllaceae	118
Ranunculaceae	49
Boraginaceae	41
Euphorbiaceae	30
Chenopodiaceae	30
Plumbaginaceae	25
Cistaceae	19

Πίνακας 2.3: Ο συνολικός αριθμός των ειδών κάθε οικογένειας στα 37 μελετούμενα νησιά.

4) Για οικολογικές ομάδες φυτών: Στην παραπάνω μελέτη της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών συμπεριλήφθησαν και οικογένειες με ευρύοικα είδη, έτσι τα πρότυπα που προκύπτουν να δίνουν κατά το δυνατόν αντικειμενικά τις διαφορές από το βασικό συνολικό πρότυπο. Όμως και τα στενόοικα είδη, που παρουσιάζουν περιορισμένη οικολογική εξάπλωση, αποτελούν καλούς φυτικούς δείκτες (Phytoindikatoren), διότι μέσω των μεταβολών στην αφθονία τους και τη βιωσιμότητά τους δείχνουν λεπτομερειακές διαφορές ανάμεσα στις περιοχές όπου φύονται (Boehling 1995). Παράλληλα, τα τελευταία 15 χρόνια ορισμένες μελέτες έδειξαν ότι αν τα είδη των νησιωτικών χλωρίδων διακριθούν σε ομάδες ανάλογα με το ενδιαίτημά τους (Deshaye & Morisset 1988) ή ανάλογα με την προέλευσή τους (Buckley 1985), οι διαφορετικές υποομάδες εμφανίζουν διαφορετικό πρότυπο σχέσης έκτασης αριθμού ειδών. Πιο συγκεκριμένα, για τις ομάδες αυτές το z κυμαίνεται από 0,15-0,6, διάστημα μεγαλύτερο από αυτό που προτείνουν οι McArthur & Wilson για τη συνολική επιφάνεια των νησιών (Roden 1998). Έτσι, θεωρήθηκε ενδιαφέρουσα και η σύγκριση του βασικού προτύπου της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών φυτών στα νησιά μελέτης με συγκεκριμένες οικολογικές ομάδες φυτών. Χρησιμοποιώντας την ηλεκτρονική βάση δεδομένων, για το σκοπό αυτό επελέγησαν:

α) Τα χασμόφυτα: Με βάση την καταγραφή της χασμοφυτικής χλωρίδας της Κρήτης από τον Κυπριωτάκη (1995), προσμετρήθηκαν τόσο τα γνήσια χασμόφυτα, δηλαδή τα αποκλειστικά και τα κυρίως χασμόφυτα, όσο και τα μερικώς χασμόφυτα και τα ευκαιριακά χασμόφυτα στα νησιά. Περιελήφθησαν δηλαδή τόσο τα στενόοικα χασμόφυτα, όσο και είδη που μεταξύ άλλων ενδιαιτημάτων φύονται και στα γκρεμνά, ώστε να υπάρχει μια πιο πλήρης προσέγγιση της χασμοφυτικής χλωρίδας.

β) Τα υδροχαρή φυτά: Αποτελούν σαφώς διακριτή οικολογική ομάδα, λόγω των αναγκών τους σε νερό. Εδώ, για να συμπεριληφθούν στην ανάλυση όσο το δυνατόν περισσότερα νησιά, η κατηγορία διευρύνεται για να περιλάβει όλα τα υγρόφιλα είδη και όχι μόνο αυτά που ζουν εντός των υδάτων και έχουν διαφορετικές προσαρμογές σε σχέση με τα χερσαία. Έτσι, έχουν συμπεριληφθεί και τα είδη που φύονται πλάι σε ρέοντα ή στάσιμα ύδατα και ακόμη και τα πτεριδόφυτα, που εξαρτώνται από την ύπαρξη του νερού για την επιβίωσή τους.

γ) Τα αλόφυτα: Τα αλατούχα εδάφη, ως υπόστρωμα ανάπτυξης των αλοφύτων, χαρακτηρίζονται από αυξημένη περιεκτικότητα σε NaCl , Na_2CO_3 και / ή Na_2SO_4 . Η υψηλή αλατότητα εξαιτίας του χλωριούχου νατρίου είναι χαρακτηριστικό των παρακτίων περιοχών, ενώ η ύπαρξη αλατούχων εδαφών σε ηπειρωτικές περιοχές οφείλεται συχνά σε υψηλότερα ποσοστά ανθρακικού και θειικού νατρίου (Frey & Loesch 1995). Λόγω της συγκέντρωσης των αλοφύτων στις ακτές και για να είναι αντικειμενική η εξέταση της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών αλοφύτων, με τη βοήθεια του λογισμικού ArcInfo® σε 34 από τα μελετούμενα νησιά ορίστηκε μία ζώνη πλάτους 20 m από την ακτογραμμή προς την ενδοχώρα και υπολογίστηκε η έκταση της ζώνης αυτής. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η σχέση ανάμεσα στην έκταση της ζώνης αυτής και στον αριθμό των αλοφυτικών ειδών. Το πλάτος των 20 m επελέγη ως τυπική απόσταση από την ακτογραμμή, στη νοητή περιοχή μεταξύ των οποίων φύονται τα αλόφυτα αλλά, όπως είναι φυσικό, το πλάτος αυτό ποικίλει αναλόγως και με τον τύπο της ακτής (αμμώδης, βραχώδης και απόκρημνη κ.λ.π.). Η ευθεία που προέκυψε συγκρίθηκε με αυτήν της σχέσης συνολικής έκτασης των νησιών και του αριθμού των αλοφυτικών ειδών.

5) Για τις βιομορφές ξυλωδών ειδών: Εξετάστηκε η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών φανεροφύτων και χαμαιφύτων (σύμφωνα με τον Raunkiaer από τους Ellenberg & Mueller - Dombois 1967, Pignatti 1982) και έγινε διαχωρισμός ανάμεσα σε δέντρα, θάμνους και είδη που απαντώνται τόσο σε δενδρώδη, όσο και σε θαμνώδη μορφή (“tree-or-shrub” σύμφωνα με τους Rackham & Moody (1996)). Η ανάλυση αυτή θεωρήθηκε ενδιαφέρουσα, διότι αποτελεί μια πρώτη ματιά στη δομή και την οικολογία των τύπων της βλάστησης και των φυτοκοινωνιών (Frey & Loesch 1998). Τα μικρά νησιά αναμένεται να έχουν ελάχιστα ή καθόλου δενδρώδη είδη.

Όλες οι εφαρμογές της σχέσης $\log A - \log S$ έγιναν με χρήση του λογισμικού Microsoft Excel®.

Σύμφωνα με τους Sokal & Rohlf (1981), για να είναι δυνατή η σύγκριση των τεταγμένων δύο διαφορετικών ευθειών, πρέπει οι ευθείες της παλινδρόμησης να είναι παράλληλες. Για να γίνει ο έλεγχος αυτός, να εξεταστεί δηλαδή εάν στις εφαρμογές $\log A - \log S$ υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των σταθερών c διαφορετικών ευθειών, εφαρμόζεται η στατιστική μέθοδος t -test. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Statgraphics ®. Η εφαρμογή του t -test δε θεωρείται,

αντιθέτως, αναγκαία για τη βιολογική σύγκριση των κλίσεων z μεταξύ διαφορετικών ευθειών (Βαρδινογιάννη 1994, Τριάντης 2002). Η ίδια δοκιμασία εφαρμόστηκε και σε όποια άλλη περίπτωση ήταν αναγκαία η σύγκριση των ευθειών της απλής παλινδρόμησης.

2.5 Ορισμός ενδιαιτημάτων των φυτών – Εφαρμογή του προτύπου «Χώρος» (Choros model)

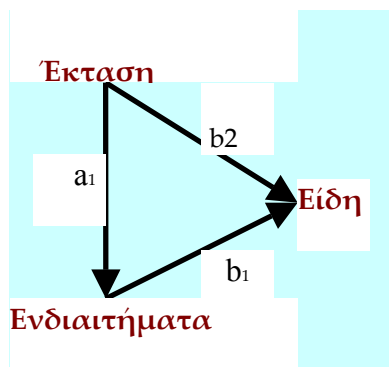
Η εφαρμογή του προτύπου «Χώρος» προϋποθέτει τον ορισμό των ενδιαιτημάτων των φυτών, που, όπως προαναφέρθηκε παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες, αναπόφευκτες ασάφειες αλλά και δυνατότητες εμβάθυνσης και λεπτομερειακής περιγραφής.

Σε μια προσπάθεια προσδιορισμού των ενδιαιτημάτων χρησιμοποιήθηκε το παράδειγμα της Κρήτης και ελήφθη υπόψη η διαίρεση της νήσου σε ζώνες βλάστησης αναλόγως με το υψόμετρο. Εφόσον ως κριτήρια προσδιορισμού χρησιμοποιήθηκαν αβιοτικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, ο τρόπος προσέγγισης θα μπορούσε να θεωρηθεί ως «το περιβάλλον στο οποίο τα είδη των φυτών ζουν» ή ως «το περιβάλλον που ικανοποιεί τις οικολογικές απαιτήσεις και τα οικολογικά όρια των συγκεκριμένων ειδών φυτών». Η χρήση του τύπου βλάστησης ως τύπο ενδιαιτήματος γίνεται για να συμπεριληφθούν και τα είδη εκείνα, των οποίων το περιβάλλον είναι τα είδη που συνθέτουν αυτούς τους βλαστητικούς σχηματισμούς.

Αρκετά σαφής και διακριτός ορισμός των ενδιαιτημάτων κατέστη δυνατός για πέντε δορυφορικά νησιά της Κρήτης και 2 Κασονήσια. Για τα νησιά αυτά εφαρμόστηκε το πρότυπο «χώρος» και συγκρίθηκε με τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών φυτών για τα συγκεκριμένα νησιά.

Τέλος, με τα στοιχεία της βάσης δεδομένων και κάποιες πρόσθετες εργασίες ορίστηκαν οι γενικευμένοι αλλά αντιπροσωπευτικοί τύποι βλάστησης που υπάρχουν σε καθένα από τα νησιά μελέτης εκτός των Καρπαθονησιών. Το μέγιστο αριθμό τύπων βλάστησης, 14, έχει βεβαίως η Κρήτη. Με τους τύπους αυτούς βλάστησης εφαρμόστηκε το πρότυπο του «χώρου», και επίσης έγινε η σύγκριση με την αντίστοιχη σχέση $\log A - \log S$. Σίγουρα όμως η εφαρμογή αυτή δεν αποτελεί χρήση του ορισμού του ενδιαιτήματος ως «ο τύπος βλάστησης μιας περιοχής», γιατί, όπως προαναφέρθηκε, τα ενδιαιτήματα των φυτών πρέπει να ορίζονται βάσει αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων, άρα ο τύπος βλάστησης δεν μπορεί να θεωρείται ως τύπος ενδιαιτήματος φυτικών ειδών, παρά μόνο ίσως για τα είδη που δεν αποτελούν χαρακτηριστικά και δομικά στοιχεία της σύνθεσης της συγκεκριμένης φυτοκοινωνίας ή διάπλασης, αλλά ουσιαστικά συνυπάρχουν με αυτά ή, όπως συμβαίνει σε αρκετές περιπτώσεις, εξαρτώνται από αυτά για να επιβιώσουν. Εξάλλου, ο συγκεκριμένος ορισμός του ενδιαιτήματος θα «αφορούσε» και θα «ταίριαζε» περισσότερο σε ζωικούς οργανισμούς. Παρ' όλ' αυτά μπορεί να θεωρηθεί ότι και οι ίδιοι οι τύποι βλάστησης, τους οποίους συνθέτουν τα φυτά,

«αντανακλούν» την ύπαρξη συγκεκριμένων περιβαλλόντων, τα οποία είναι φορείς των τύπων αυτών βλάστησης και επιτρέπουν την επιβίωση των ειδών σε αυτά.



Σχήμα 2.1: Το βασικό μοντέλο της σχέσης της έκτασης, των ενδιαιτημάτων και του αριθμού των ειδών, για την ανάλυση του μονοπατιού.

Με δεδομένη την αλληλεπίδραση της έκτασης και του αριθμού των ενδιαιτημάτων, για την προσέγγιση της συμβολής των παραμέτρων αυτών στη διαμόρφωση του τελικού αριθμού των ειδών που είναι παρόντα σε κάθε νησί χρησιμοποιείται η **ανάλυση του μονοπατιού** (path analysis). Η μέθοδος αυτή (Wright 1968, Sokal & Rolph 1981, Kohn & Walsh 1994) επιτρέπει τον υπολογισμό της άμεσης και έμμεσης συνεισφοράς των αιτιακών μηχανισμών ή παραμέτρων, με βάση ένα μοντέλο που ορίζεται εκ των προτέρων (Wright 1968, Sokal & Rolph 1981, Kohn & Walsh 1994). Η σημαντικότητα της μεθόδου έγκειται στο γεγονός ότι επιτρέπει τη δυνατότητα διάκρισης και προσδιορισμού της συμμετοχής αιτιακών σχέσεων που αλληλεπιδρούν στο τελικό αποτέλεσμα. Στην Οικολογία η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες περιπτώσεις (Schemske & Horvitz 1988, Mitchell-Olds & Bergelson 1990, Lewinsohn 1991, Kohn & Walsh 1994, Fox & Fox 2000). Η μέθοδος στηρίζεται στην ανάλυση των σχέσεων μεταξύ ενός συνόλου παραμέτρων σε μια υποθετική αιτιακή δομή. Η δομή αυτή, με δεδομένη την αλληλεπίδραση έκτασης και ενδιαιτημάτων, αλλά και της σημαντικότητάς τους στον καθορισμό του αριθμού των ειδών παρουσιάζεται παραστατικά στο Σχήμα 2.1.

Οι Kohn & Walsh (1994) προτείνουν ότι για τον υπολογισμό των παραμέτρων a_1 , b_1 και b_2 , πρέπει να χρησιμοποιηθεί εκείνη η πολλαπλή παλινδρόμηση μεταξύ της έκτασης των ενδιαιτημάτων και του αριθμού των ειδών που εμφανίζει μεγαλύτερο R^2 . Στην εργασία τους χρησιμοποιούν το λογάριθμο της έκτασης σε σχέση με τον απόλυτο αριθμό των ενδιαιτημάτων και των ειδών. Ο Τριάντης (2002) όμως θεωρεί ότι προκειμένου να μελετήσει κανείς την επίδραση της έκτασης και των ενδιαιτημάτων στον αριθμό των ειδών, αλλά και την αλληλοσυσχέτισή τους, είναι ορθότερο να χρησιμοποιήσει τις απόλυτες τιμές τους χωρίς να τις τροποποιήσει, μέθοδος που υιοθετήθηκε και στην παρούσα μελέτη.

Οι παλινδρομήσεις για την ανάλυση μονοπατιού έγιναν με χρήση του λογισμικού STATGRAPHICS®.



Aποτελέσματα - **S**υζήτηση

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Αποτελέσματα από την εφαρμογή της σχέσης έκτασης – αριθμού όλων των φυτικών ειδών για όλα τα νησιά και τις επιμέρους ομάδες νησιών

Από την εφαρμογή της σχέσης έκτασης - αριθμού ειδών για το σύνολο των 48 νησιών και όλα τα φυτικά είδη προκύπτει η ευθεία του Γραφήματος 3.1, με συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,83$. Η κλίση της ευθείας αυτής είναι $z = 0,34$ και η σταθερά c ισούται με 107 . Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται τα 48 νησιά κατά σειρά έκτασης, ο αριθμός των φυτικών ειδών τους (S), η έκτασή τους (A) και οι τιμές των δεκαδικών λογαρίθμων των S και A.

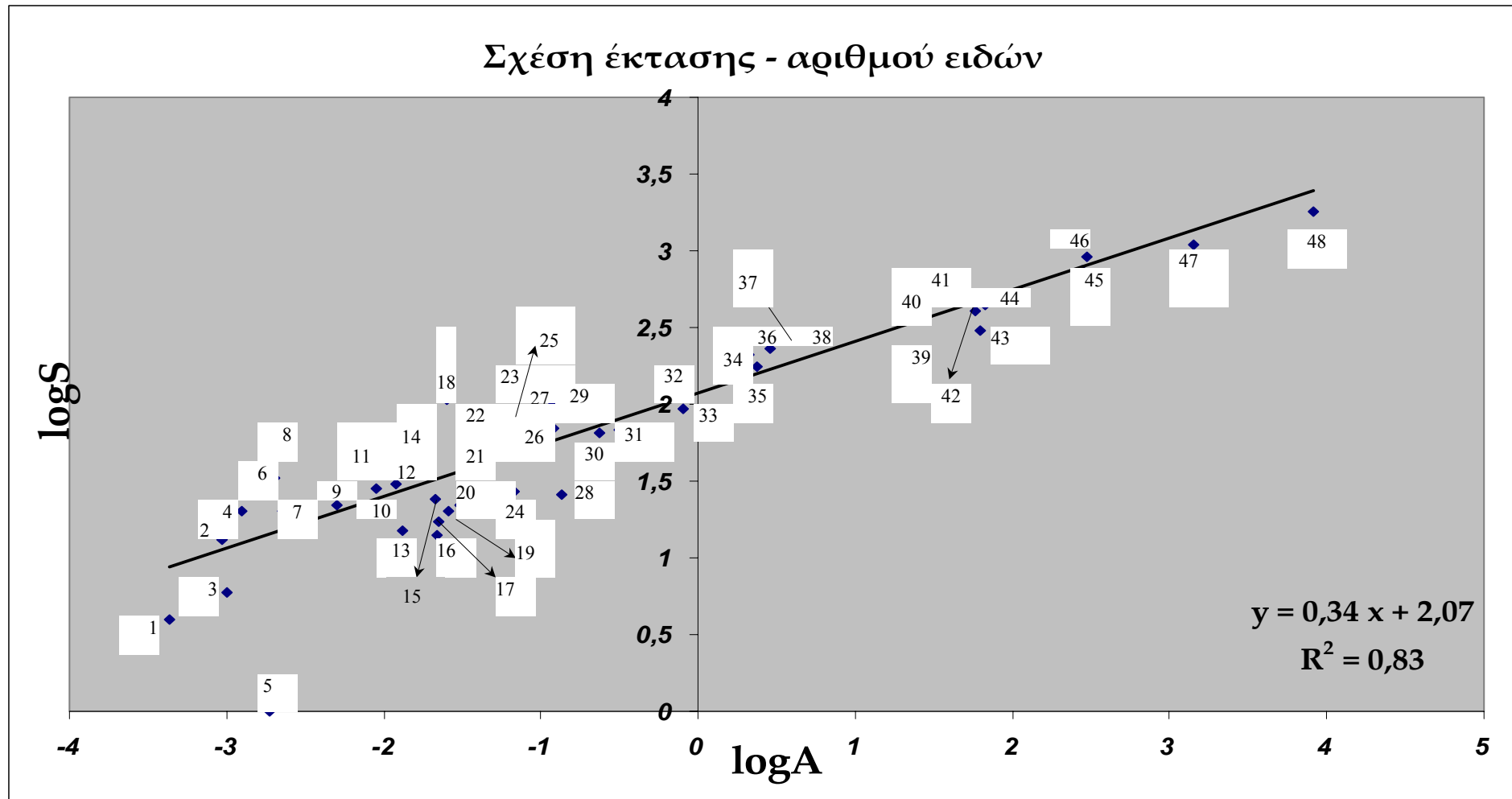
Στα Γραφήματα 3.2 – 3.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της σχέσης έκτασης – αριθμού όλων των φυτικών ειδών για τις επιμέρους ομάδες νησιών:

- την Κρήτη και τα 12 δορυφορικά νησιά της (ομάδα Κρήτης),
- την Κάρπαθο και τα 11 δορυφορικά μικρονήσια της,
- την Κάσο και τα 16 δορυφορικά μικρονήσια της,
- την Κάρπαθο με την Κάσο, τη Σαρία και τα 27 μικρονήσια τους (16 Κασονήσια και 11 Καρπαθονήσια) (ομάδα Καρπάθου),
- τη Ρόδο με τη Χάλκη, τη Σύμη και την Τήλο (ομάδα Ρόδου),
- την ομάδα της Καρπάθου με την ομάδα της Ρόδου και
- την ομάδα της Κρήτης με την ομάδα της Καρπάθου.

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται συνοπτικά οι κλίσεις z και οι σταθερές c ($c = 10^{\log c}$) των ευθειών των Γραφημάτων 3.1 – 3.8. Επίσης, δίνονται οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης R^2 και οι τιμές του P .

Ομάδα νησιών	z	c	R^2	P
48 νησιά (σύνολο)	0,34	117	0,83	0,00
Ομάδα Κρήτης	0,26	162	0,88	0,00
Κάρπαθος & μικρονήσια	0,33	170	0,85	0,00
Κάσος & μικρονήσια	0,38	89	0,72	0,00
Ομάδα Καρπάθου	0,38	89	0,82	0,00
Ομάδα Ρόδου	0,31	110	0,89	0,06
Ομάδες Κρήτης & Καρπάθου	0,30	158	0,89	0,00
Ομάδες Καρπάθου & Ρόδου	0,34	107	0,80	0,00

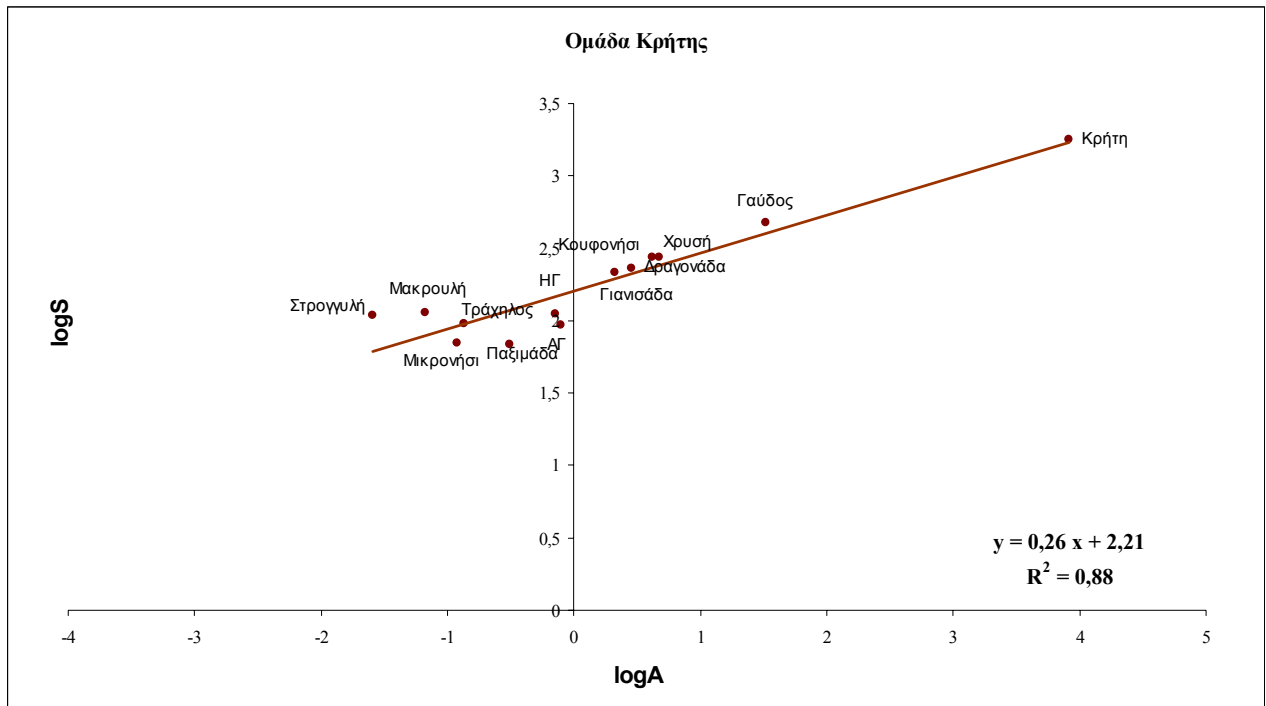
Πίνακας 3.1: Συνοπτική παρουσίαση των τιμών των z , c , R^2 και P από την εφαρμογή της σχέσης έκτασης – συνολικού αριθμού φυτικών ειδών για τα 48 νησιά και τις επιμέρους ομάδες τους.



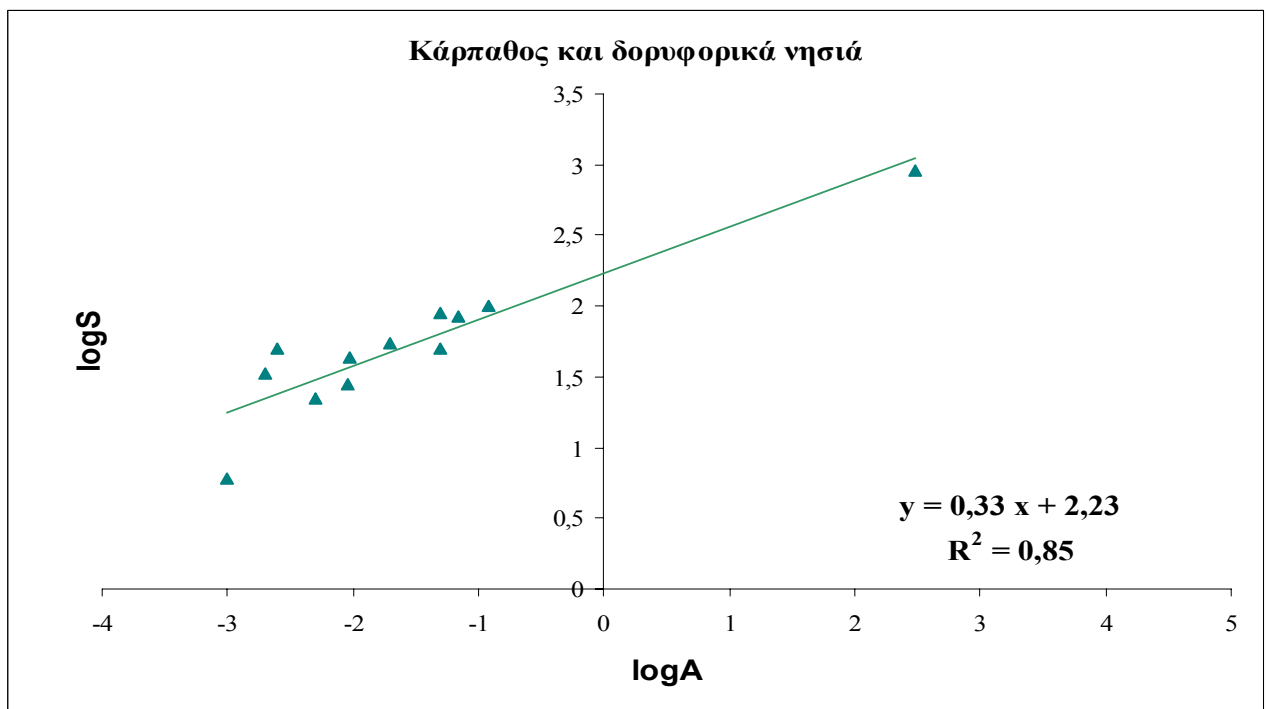
Γράφημα 3.1: Σχέση έκτασης – αριθμού ειδών για τα 48 μελετούμενα νησιά. Τα ονόματα των νησιών (κατά σειρά έκτασης από το 1^ο έως το 48^ο), η έκτασή τους, ο αριθμός των ειδών και οι τιμές logS και logA δίνονται στον Πίνακα 3.2. Στην εξίσωση, όπου y είναι ο logS και όπου x ο logA (P=0,00).

α/α	Νησί	Αριθμός ειδών (S)	Επιφάνεια (A) (km ²)	logA	logS
1	Τρεις Πέτρες (Κ13)	4	0,000438	-3,36	0,60
2	Φύρα (Κ12)	13	0,000938	-3,03	1,11
3	Κ010	6	0,001	-3,00	0,78
4	Ανώνυμο (Κ11)	20	0,00125	-2,90	1,30
5	Σέλλα (Κ15)	1	0,001875	-2,73	0,00
6	Κ08	33	0,002	-2,70	1,52
7	Καροφυλλάς (Κ1)	20	0,002275	-2,64	1,30
8	Κ04	50	0,0025	-2,60	1,70
9	Δεσποτικό (Κ09)	22	0,005	-2,30	1,34
10	Κ02	28	0,009	-2,05	1,45
11	Πρασονήσι (Κ06)	43	0,0095	-2,02	1,63
12	Νότιος Χοχλακιάς (Κ10)	30	0,011875	-1,93	1,48
13	Ποριώνη (Κ3)	15	0,013125	-1,88	1,18
14	Κ01	55	0,02	-1,70	1,74
15	Ανω Κουρικό (Κ8)	24	0,02125	-1,67	1,38
16	Στρογγυλό (Κ14)	14	0,021875	-1,66	1,15
17	Κάτω Κουρικό (Κ9)	17	0,0225	-1,65	1,23
18	Στρογγυλή	108	0,0255	-1,59	2,03
19	Λύτρα (Κ6)	20	0,025625	-1,59	1,30
20	Μικρό Ποντικονήσι (Κ4)	22	0,030625	-1,51	1,34
21	Διακόπτης (Κ05)	50	0,05	-1,30	1,70
22	Μοίρα (Κ07)	90	0,05	-1,30	1,95
23	Μακρουλή	114	0,0665	-1,18	2,06
24	Μεγάλο Ποντικονήσι (Κ5)	27	0,066875	-1,17	1,43
25	Αμμούι (Κ011)	85	0,07	-1,15	1,93
26	Μικρονήσι	70	0,12	-0,92	1,85
27	Σόκαστρο (Κ03)	100	0,12	-0,92	2,00
28	Πλάτη (Κ7)	26	0,135	-0,87	1,41
29	Τράχηλος	96	0,1369	-0,86	1,98
30	Μακρό (Κ2)	65	0,23625	-0,63	1,81
31	Παξιμάδα	68	0,3141	-0,50	1,83
32	Ήμερη Γραμβούσα	112	0,7209	-0,14	2,05
33	Άγρια Γραμβούσα	94	0,7987	-0,10	1,97
34	Γιανισάδα	212	2,1079	0,32	2,33
35	Αρμάθια	175	2,396875	0,38	2,24
36	Δραγονάδα	230	2,8667	0,46	2,36
37	Κουφονήσι	272	4,1781	0,62	2,43
38	Χρυσή	275	4,728	0,67	2,44
39	Σαρία	215	20,5207	1,31	2,33
40	Χάλκη	367	27,2019	1,43	2,56
41	Γαύδος	471	32,7192	1,51	2,67
42	Σύμη	405	57,9986	1,76	2,61
43	Τήλος	302	61,825	1,79	2,48
44	Κάσος	446	66,7063	1,82	2,65
45	Κύθηρα	741	277,228	2,44	2,87
46	Κάρπαθος	922	300,9094	2,48	2,96
47	Ρόδος	1.105	1407,6827	3,15	3,04
48	Κρήτη	1.795	8.264,62	3,92	3,25

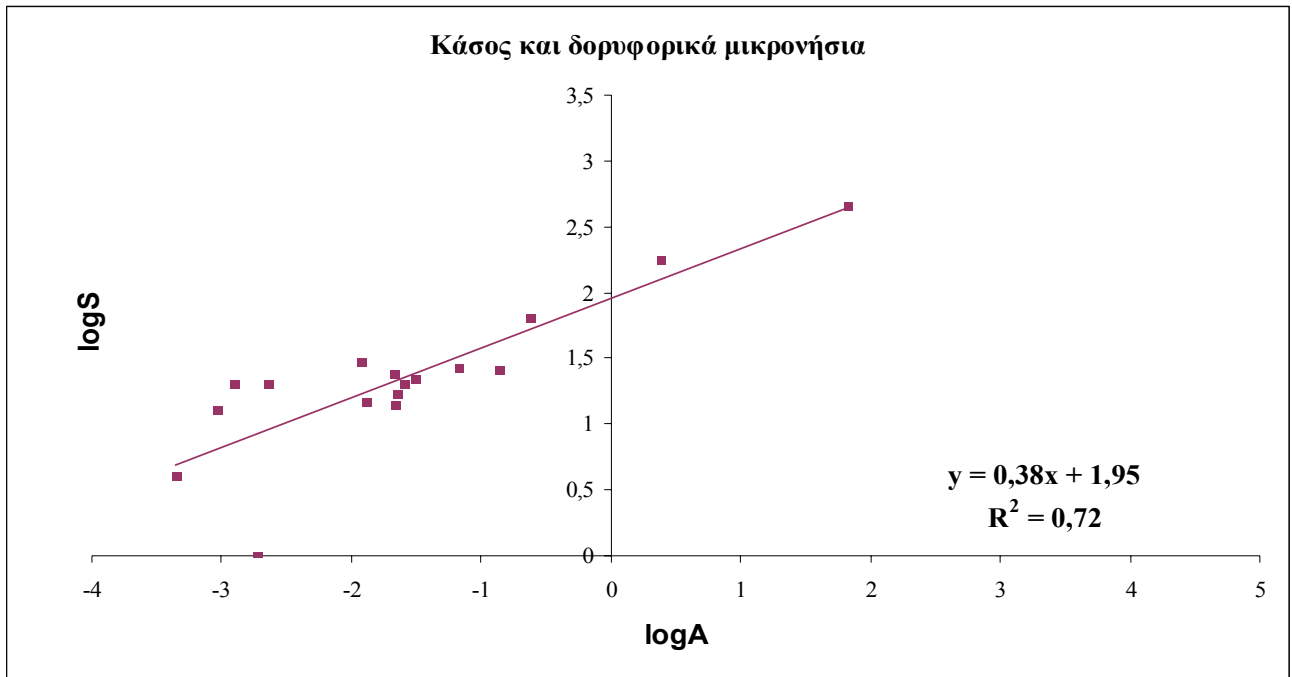
Πίνακας 3.2: Τα 48 νησιά κατά σειρά έκτασης, ο αριθμός των φυτικών ειδών τους (S), η έκτασή τους (A) και οι τιμές των δεκαδικών λογαρίθμων αυτών. Με πράσινους χαρακτήρες σημειώνονται τα δορυφορικά νησιά της Κρήτης, με μπλε τα Κασονήσια και με ερυθρούς τα Καρπαθηνήσια.



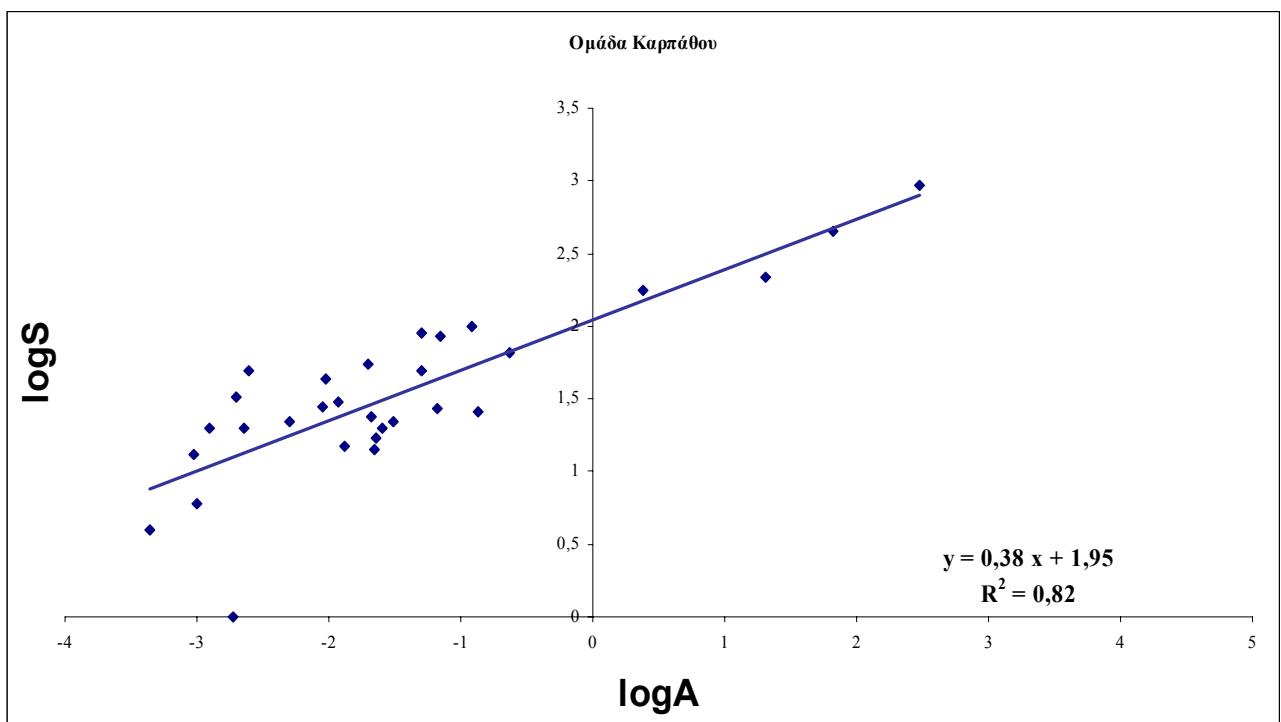
Γράφημα 3.2: Η σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για την Κρήτη και τα μικρονήσια της (ΗΓ= Ημερη Γραμβούσα, ΑΓ= Άγρια Γραμβούσα) ($P=0,00$).



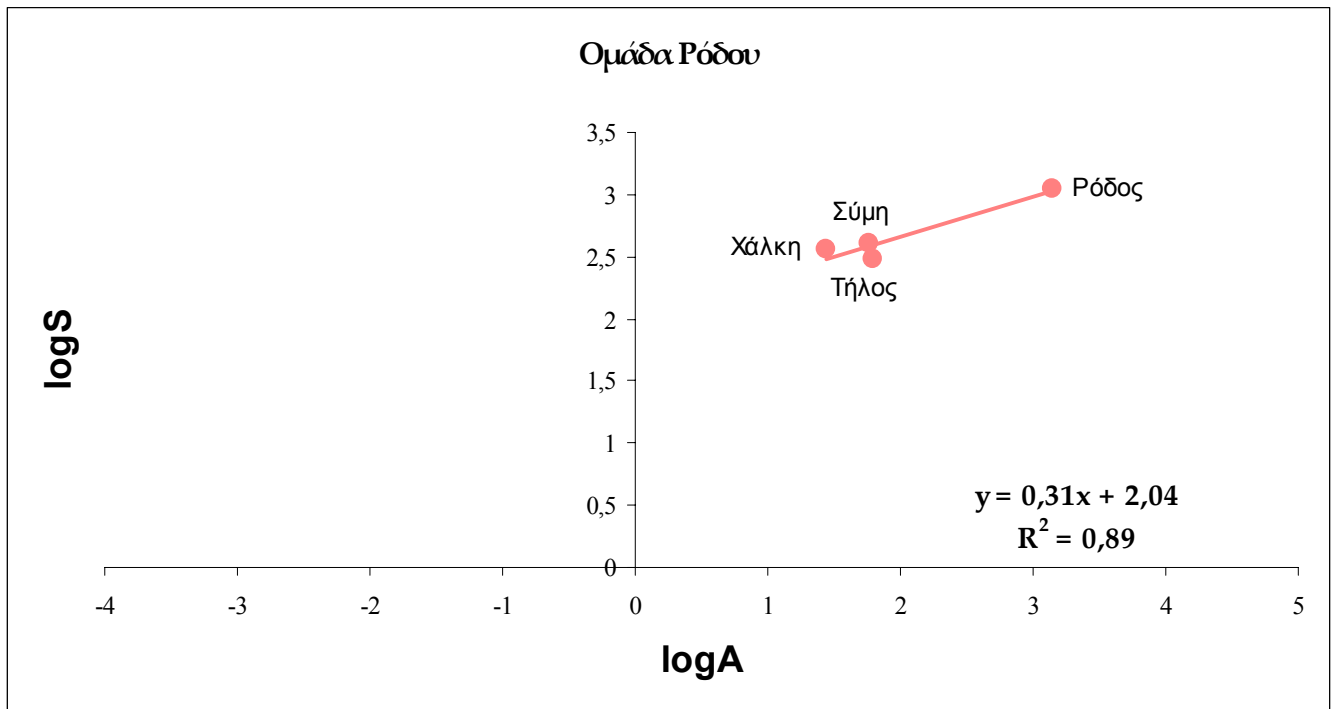
Γράφημα 3.3: Η σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για την Κάρπαθο και τα μικρονήσια της ($P=0,00$).



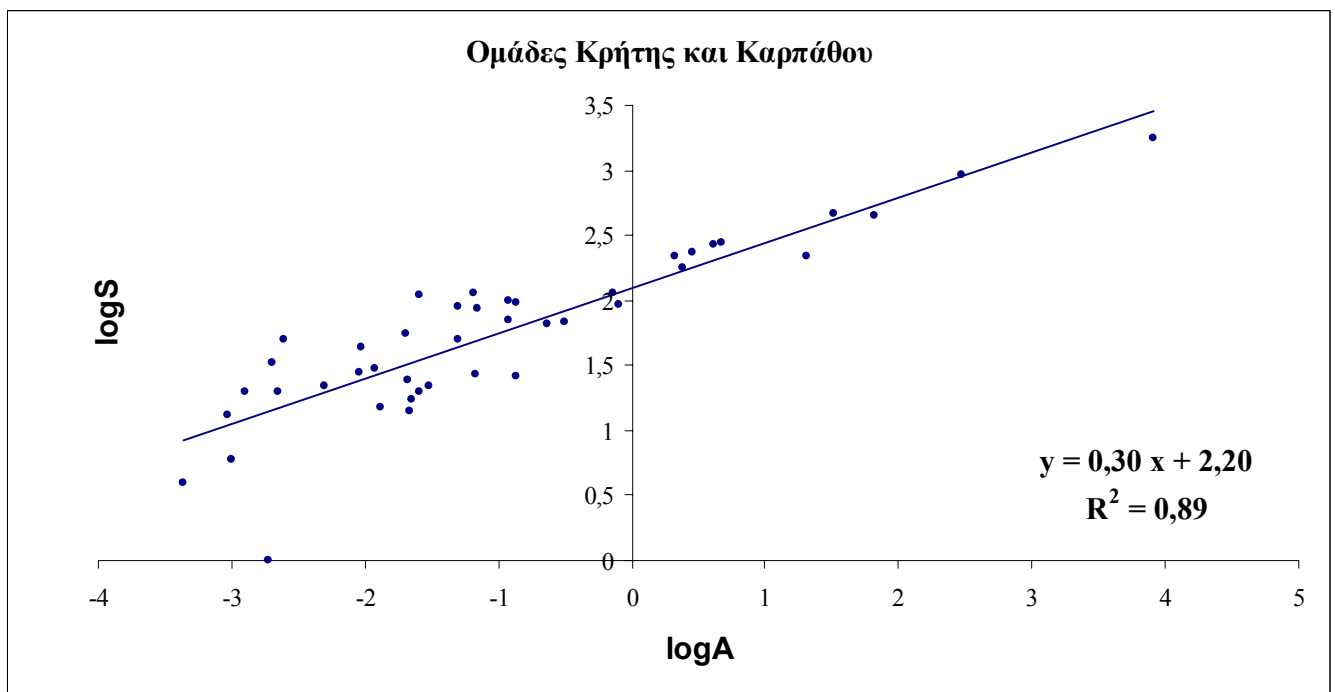
Γράφημα 3.4: Η σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για την Κάσο και τα μικρονήσια της ($P=0,00$).



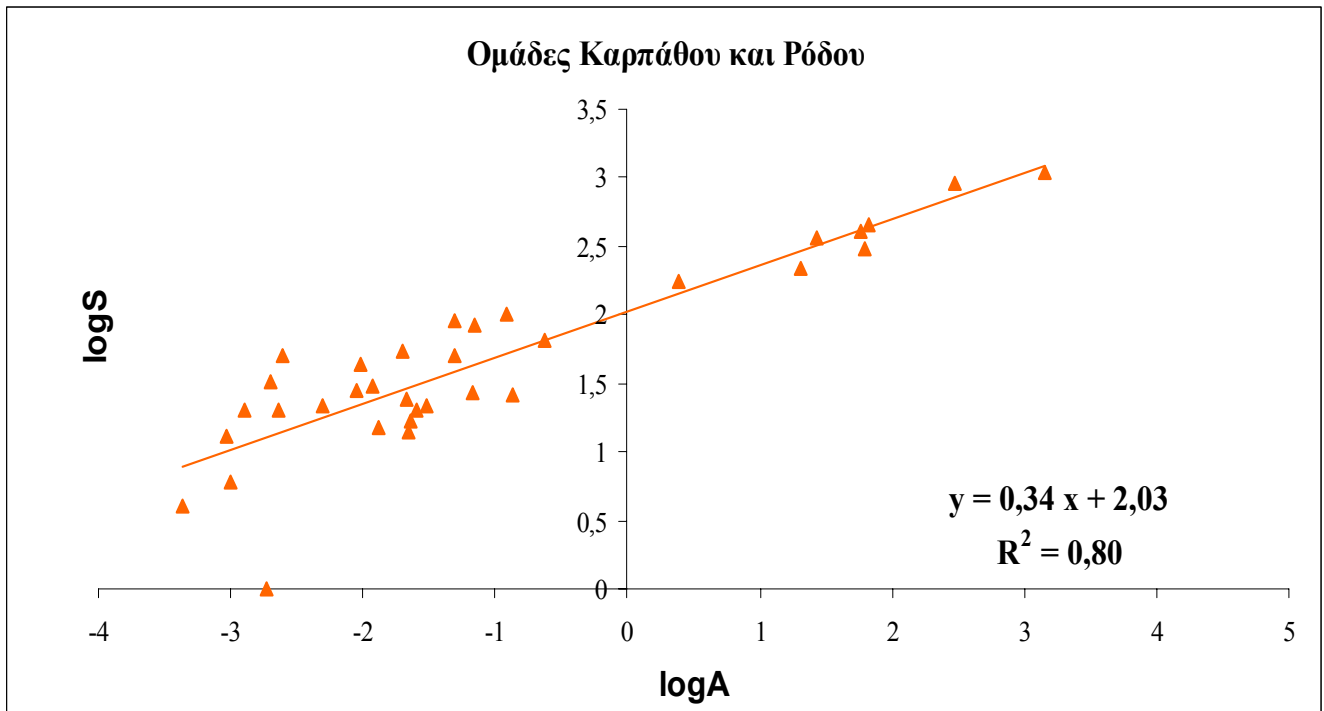
Γράφημα 3.5: Η σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για την ομάδα της Καρπάθου, που περιλαμβάνει την Κάρπαθο και τα μικρονήσια της, την Κάσο και τα μικρονήσια της και τη Σαρία ($P=0,00$).



Γράφημα 3.6: Η σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για την ομάδα της Ρόδου ($P=0,06$).



Γράφημα 3.7: Η σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για τις ομάδες της Κρήτης και της Καρπάθου ($P=0,00$).



Γράφημα 3.8: Η σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για τις ομάδες της Καρπάθου και της Ρόδου ($P=0,00$).

3.1.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων της σχέσης έκτασης – αριθμού όλων των φυτικών ειδών για όλα τα νησιά και τις επιμέρους ομάδες νησιών

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1, η τιμή του z για τις 8 εφαρμογές της σχέσης έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών κυμαίνεται από 0,26, για την ομάδα της Κρήτης, έως 0,38 για την ομάδα της Καρπάθου και την Κάσο και τα μικρονήσια της. Η ευθεία για το σύνολο των 48 νησιών έχει κλίση 0,34.

Η τιμή της σταθεράς c κυμαίνεται από 89 έως 170.

Οι τιμές του R^2 σε γενικές γραμμές δείχνουν ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στις παραμέτρους $\log S$ και $\log A$. Το χαμηλότερο R^2 έχει η συσχέτιση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών της Κάσου και των δορυφορικών νησιδών της και το υψηλότερο η συσχέτιση για την ομάδα της Ρόδου και τις ομάδες Κρήτης και Καρπάθου.

Το P για την ομάδα της Ρόδου ισούται με 0,06 ($< 0,10$) και δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση ανάμεσα στα $\log S$ και $\log A$ σε επίπεδο σημαντικότητας 90%. Σε όλες τις υπόλοιπες εφαρμογές το P ισούται με 0,00, δείχνοντας ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση ανάμεσα στα $\log S$ και $\log A$ σε επίπεδο σημαντικότητας 99%.

3.1.1.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων της σχέσης έκτασης – αριθμού όλων των φυτικών ειδών για όλα τα νησιά

Η τιμή του z για το σύνολο των νησιών (Γράφημα 3.1):

Βρίσκεται εντός του διαστήματος τιμών 0,25 και 0,35, που δίνουν οι MacArthur & Wilson (1967) για τα ηπειρωτικά νησιά. Αυτό συμφωνεί με τη γεωιστορία της περιοχής μελέτης, αφού τα νησιά του Νοτίου Αιγαίου αποτελούσαν στο παρελθόν τμήματα ηπειρωτικής περιοχής και απομονώθηκαν λόγω γεωλογικών γεγονότων.

Επίσης, όσον αφορά στις τιμές των Connor & McCoy (1979), η κλίση της ευθείας (μεταξύ 0,20 και 0,35) δείχνει ότι τα νησιά μελέτης είναι μετρίως απομονωμένα ηπειρωτικά νησιά, κάτι το οποίο είναι αληθές.

Όμως, η τιμή 0,34 προσεγγίζει το μεγαλύτερο άκρο του διαστήματος τιμών 0,25-0,35 που ορίστηκε από τους MacArthur & Wilson (1967) και μπορεί να χαρακτηριστεί ως σχετικά «μεγάλη» ή «απότομη» κλίση.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, αρχιπελάγη με μικρά νησιά τείνουν να έχουν πιο έντονες κλίσεις από αρχιπελάγη με μεγάλα νησιά (Hamilton & Armstrong 1965, Schoener 1976, Connor & McCoy 1979, Williamson 1981). Εδώ τα μικρά νησιά, με έκταση μικρότερη του 1 km², είναι υπερδιπλάσια από τα μεγάλα νησιά (33 μικρά έναντι 15 μεγάλων).

Η μεγάλη τιμή του z θα σήμαινε θεωρητικά ότι τα νησιά του Τόξου είναι απομονωμένα για μεγάλο χρονικό διάστημα, όμως δεν είναι δυνατόν να συσχετίσουμε και να ερμηνεύσουμε την κλίση της ευθείας του Γραφήματος 3.1, βάσει του χρονικού διαστήματος απομόνωσης των νησιών του Τόξου από τις γειτονικές ηπειρωτικές περιοχές, διότι όπως έχει αναφερθεί στην Εισαγωγή, η απομόνωση δεν επήλθε την ίδια χρονική περίοδο για όλα τα νησιά: σύμφωνα με τα παλαιογεωγραφικά δεδομένα, τα δύο άκρα του Τόξου παρέμειναν συνδεδεμένα με τη χέρσο για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Συνεπώς, στο χρονικό διάστημα της απομόνωσης θα αναφερθούμε εξετάζοντας τη σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για τις επιμέρους ομάδες νησιών.

Ως προς τις πιο πρόσφατες αναλύσεις των Rosenzweig 1995 και Brown & Lomolino 1998, η τιμή του z της ευθείας του Γραφήματος 3.1 περιλαμβάνεται στο διάστημα 0,20-0,50, που δείχνει νησιωτικά συγκροτήματα.

Όπως αναφέρθηκε στην Εισαγωγή, οι Collins *et al.* (2002) επισημαίνουν ότι το z εξαρτάται από την αλληλεπικάλυψη στη σύνθεση των ειδών των περιοχών που εισάγονται στην εξίσωση. Στις καμπύλες που προκύπτουν από περιοχές οι οποίες ανήκουν στην ίδια βιογεωγραφική επαρχία, (ενδοεπαρχιακές καμπύλες, *intra-provincial curves*), επειδή υπάρχει αλληλεπικάλυψη στη σύνθεση των ειδών, δηλαδή υπάρχουν πολλά κοινά είδη μεταξύ των περιοχών αυτών, παρατηρείται «αργή» αύξηση του αριθμού των ειδών με την έκταση, οπότε το z είναι σχετικά χαμηλό. Αντιθέτως, όταν οι εξεταζόμενες περιοχές

μοιράζονται μόνο λίγα κοινά είδη, υπάρχει μια «γρηγορότερη» αύξηση του αριθμού των ειδών με την αύξηση της έκτασης, οπότε το z είναι σχετικά υψηλό. Αυτό παρατηρείται σε καμπύλες που προκύπτουν από περιοχές διαφορετικών βιογεωγραφικών επαρχιών (διαεπαρχιακές καμπύλες, *inter-provincial curves*). Στην περίπτωση του Τόξου, τα μικρά νησιά μελέτης αναγκαστικά μοιράζονται μικρό αριθμό φυτικών ειδών με τα μεγάλα νησιά, αφού οι χλωρίδες τους είναι φτωχές σε σχέση με αυτές των μεγάλων νησιών (Hoener 1991, Greuter 1995, Bergmeier 2003). Μόνο ένα μικρό ποσοστό της χλωρίδας, τα ενδημικά εξειδικευμένα φυτικά είδη των νησιδίων (*islet specialists*), δεν υπάρχει στα μεγάλα νησιά. Τα εξειδικευμένα φυτικά είδη των νησιδίων, τα οποία δεν υπάρχουν στα μεγάλα νησιά και στις γειτονικές ηπειρωτικές περιοχές, είναι ενδημικά της περιοχής του Αιγαίου και θεωρούνται ως υπολείμματα μιας ανταγωνιστικά κατώτερης χλωρίδας, που εξαπλωνόταν στις περιοχές γύρω από το Κρητικό πέλαγος κατά το Πλειόκαινο (Runemark 1969). Σύμφωνα με τον Bergmeier (2003), στα δορυφορικά νησιά και μικρονήσια της Κρήτης (εκτός της Γαύδου και της Δίας), το ποσοστό των εξειδικευμένων φυτικών ειδών των νησιδίων στη χλωρίδα κυμαίνεται από 0,7% έως 13,9%, οπότε αποτελεί το μικρότερο μέρος της χλωρίδας.

Ο μικρός κοινός αριθμός φυτικών ειδών ανάμεσα στα μεγάλα και μικρά νησιά συμβάλλει στη «γρηγορότερη» αύξηση του αριθμού των ειδών με την αύξηση της έκτασης, οπότε και το z είναι σχετικά υψηλό.

Δηλαδή, αν και ως προς την τιμή του z δεν πρόκειται για διαεπαρχιακή ευθεία, η υψηλή τιμή του μας δείχνει ότι τα νησιά «συμπεριφέρονται» με διαφορετικό τρόπο και σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν τμήματα μιας ενιαίας φυτογεωγραφικής περιοχής ή ενότητας. Πρέπει λοιπόν να δούμε παρακάτω πώς αλλάζει το πρότυπο σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών για τις επιμέρους ομάδες νησιών και να αναζητήσουμε σ' αυτές κάποιες επιμέρους φυτογεωγραφικές ενότητες.

Στα νησιά, διαδικασίες όπως η μετανάστευση και η εξαφάνιση αποκτούν πρωτεύοντα ρόλο στη διαμόρφωση των οικοσυστημάτων, κάτι που δε συμβαίνει στα «ηπειρωτικά» * συστήματα. Το εχθρικό θαλάσσιο περιβάλλον και η απόσταση καθιστούν εξαιρετικά δύσκολη τη μετανάστευση ενός οργανισμού σε ένα νησί, σε σχέση με τη μετανάστευση από μια ηπειρωτική περιοχή σε μια γειτονική της. Πάντως, αν απλώς λάβουμε υπόψη ότι τα φυτά διασπείρονται ευκολότερα σε μεγάλες αποστάσεις (Barry Cox & Moore 1994) σε σχέση με πολλές ομάδες ζωικών οργανισμών, θα περιμέναμε να έχουμε μικρότερη κλίση της ευθείας $\log A - \log S$.

Η σχέση έκτασης αριθμού ειδών στο Τόξο του Νοτίου Αιγαίου έχει εφαρμοστεί και για ομάδες ζώων. Η Βαρδινογιάννη (1994) για όλα τα είδη των χερσαίων μαλακίων σε 14 νησιά του Τόξου,

* Στα «ηπειρωτικά» συστήματα η διαδικασία της μετανάστευσης είναι σημαντική μόνο για τα αποκαλούμενα “*sink species*” (Rosenzweig 1995, 2000). Η επιβίωση του πληθυσμού των ειδών αυτών εξαρτάται από την τροφοδότησή τους από άτομα πληθυσμών σε κοντινές περιοχές. Τα *sink species* αποτελούν κατά κανόνα ένα μικρό ποσοστό των ειδών μιας περιοχής.

εκτάσεως από 0,24 έως 8.261 km², βρίσκει $z = 0,247$, που δείχνει ότι πρόκειται για πραγματικά απομονωμένες περιοχές. Λαμβάνοντας υπόψη ότι στην ανάλυση αυτή της Βαρδινογιάννη το εύρος της έκτασης των 14 νησιών είναι μεγάλο και συμπεριλαμβάνεται η Κρήτη, όπως και στην παρούσα ανάλυση των φυτών, θεωρείται ότι μπορεί να γίνει η σύγκριση των κλίσεων των δύο αντιστοιχών ευθειών. Το z για τα φυτά, αντιθέτως προς αυτό των μαλακίων, είναι μεγαλύτερο και δείχνει μετρίως απομονωμένα νησιά. Αν θεωρήσουμε ότι τα φυτά διασπείρονται πιο εύκολα από τα χερσαία μαλάκια, θα έπρεπε να έχουμε μικρότερη κλίση της ευθείας $\log A - \log S$ για τα φυτά. Σημειώνεται επίσης ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά στο συνολικό αριθμό των ειδών των διαφορετικών ταξινομικών ομάδων χερσαίων μαλακίων – φυτών, με τα είδη των φυτών να είναι πολύ περισσότερα, γεγονός στο οποίο μπορεί να οφείλεται η παρατηρούμενη διαφορά στις τιμές του z (ενδεικτικά Gotelli & Abele 1982, Nilsson *et al.* 1988).

Η Χατζάκη (2003) εφαρμόζει τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών αραχνών της οικογένειας Gnaphosidae για 6 νησιά του Τόξου και βρίσκει $z = 0,1695$ και $c = \sim 8$ με $R^2 = 0,53$. Η ίδια συγγραφέας, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Τριχά (1996) βρίσκει $z = 0,26$ για τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών των σκαθαριών Tenebrionidae.

Από τη σύγκριση της τιμής αυτής με αντίστοιχες τιμές του z από 18 μελέτες που αφορούν τη σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών σε νησιά του ίδιου αρχιπελάγους ή και σε ομάδες νησιών που βρίσκονται σε λίμνες, προκύπτει ότι για τα φυτά, στις 12 από τις 18 περιπτώσεις, το z υπερβαίνει το 0,30. Σ' αυτές προστίθεται και η παρούσα μελέτη. Τα παραδείγματα που δίνονται στον Πίνακα 3.3 επελέγησαν διότι είναι γενικευμένα και δεν περιλαμβάνουν συγκεκριμένες ομάδες φυτών ή οικογένειες, γένη κ.λ.π., όπως γίνεται σε άλλες εργασίες (ενδεικτικά Nilsson *et al.* (1988) για ξυλώδη φυτά και Barry Cox & Moore (1994) για γένη).

Ο Amerson (1975) εξετάζει επιλεγμένες οικολογικές παραμέτρους σε 18 μικρά, αδιατάρακτα, αμμώδη, χαμηλού υψομέτρου ωκεάνια νησιά από δύο ατόλες της ΒΔ Χαβάης και με βηματική ανάλυση παλινδρόμησης (stepwise regression analysis) και διαπιστώνει ότι ο πλούτος των αγγειακών φυτικών ειδών επηρεάζεται από την οικολογική ποικιλότητα και μπορεί να προβλεφθεί βάσει της επιφάνειας που καλύπτεται από βλάστηση και, σε μικρότερο βαθμό, βάσει του υψομέτρου. Συνολικά, τα αγγειακά φυτικά είδη των 18 νησιών είναι 18 και 15 από αυτά είναι ιθαγενή των νησιών αυτών. Τα 3 μη ιθαγενή είδη απαντώνται σε μικρούς αριθμούς σε 4 από τα 18 νησιά και υπάρχουν επίσης σε γειτονικά διαταραγμένα νησιά. Με τα δεδομένα του Amerson εφαρμόσαμε τη λογαριθμική σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για 10 από τα 18 νησιά. Στα υπόλοιπα 8 δεν αναφέρεται κανένα φυτικό είδος.

Οι Nilsson & Nilsson (1978) μελετούν τον αριθμό των φυτικών ειδών σε μικρά νησιά ηλικίας περίπου 120 ετών στη λίμνη Μέκελν της Σουηδίας, εξετάζουν την υπόθεση ύπαρξης ισορροπίας, τους τρόπους διασποράς των φυτικών ειδών σε σχέση με την έκταση των νησιών και την αφθονία τους στη

γειτονική ηπειρωτική περιοχή και την εναλλαγή των ειδών. Για την τιμή του z στην ευθεία $\log A - \log S$, που ισούται με 0,301 αναφέρουν ότι είναι παρόμοια με τις τιμές του z που προέκυψαν από άλλες αντίστοιχες αναλύσεις σε νησιά.

Στην περίπτωση της ατόλης Νούι, η εφαρμογή της λογαριθμικής σχέσης έκτασης – αριθμού ιθαγενών φυτικών ειδών, δίνει πολύ χαμηλό z , που ισούται με 0,17. Ο **Woodroffe (1986)** αποδίδει την ισχυρή γραμμική σχέση των δύο μεταβλητών στο γεγονός ότι τα νησιά της συγκεκριμένης ατόλης παρουσιάζουν ομοιομορφία ως προς το αμμάδες υπόστρωμα, δεν υπόκεινται σε περιοδική καταστροφή από θύελλες, έχουν σχετικώς ισοδιάστατο σχήμα, με μέση αναλογία μήκους / πλάτους 2,13, και βρίσκονται σε μικρή απόσταση από τα υπόλοιπα νησιά γύρω από την ατόλη. Τονίζει επίσης ότι δεν παρατηρείται φαινόμενο των μικρών νησιών (small island effect).

Στην εφαρμογή της σχέσης $\log A - \log S$ για τα δεδομένα των **Deshaye & Morisset (1988)** για το καναδικό ημιαρκτικό αρχιπέλαγος που αναδύθηκε από τη θάλασσα πριν 3.500 χρόνια περίπου, χαρακτηριστικό είναι ότι όλα τα νησιά έχουν έκταση μικρότερη από 1 km². (Από την ανάλυση έχουν εξαιρεθεί 3 από αυτά, όπου οι συγγραφείς δεν καταγράφουν κανένα φυτό).

Οι **Rydin & Borggaard (1988)** μελετούν τη σχέση έκτασης – αριθμού αγγειακών φυτικών ειδών σε 40 μικρά νησιά της λίμνης Χιέλμαρεν στη Σουηδία. 36 από τα νησιά αυτά δημιουργήθηκαν με την πτώση της στάθμης των νερών της λίμνης κατά την περίοδο 1882 – 1886, ενώ τα υπόλοιπα 4 προϋπήρχαν και υπέστησαν μεγάλη αύξηση της επιφάνειάς τους με το περιστατικό αυτό. Βοτανικοί άρχισαν να επισκέπτονται τα νησιά από το 1886. Οι συγγραφείς εφαρμόζουν τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών με δεδομένα πέντε ετών ή διετιών, από το 1886 έως το 1985, χρησιμοποιώντας το εκθετικό ($S = c + z \log A$), το δυναμικό ($S = c A^z$) και το λογαριθμικό (μετασχηματισμένο δυναμικό) ($\log S = c + z \log A$) μοντέλο και συμπεραίνουν ότι η σχέση περιγράφεται ελαφρώς καλύτερα από το εκθετικό. Οι τιμές των παραμέτρων που δίνονται στον Πίνακα 3.3 αφορούν στη διετία 1984-1985. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα για τα χρόνια αυτά και για τα τρία μοντέλα, οι συγγραφείς διαπιστώνουν ότι μόνο η πρόβλεψη του αριθμού των ειδών μέσω του δυναμικού μοντέλου προσεγγίζει την πραγματικότητα, αυτό όμως μπορεί να μην ισχύει όταν συμπεριλαμβάνονται μεγαλύτερα νησιά στην ανάλυση. Οι τιμές του z εξαρτώνται από το μοντέλο που χρησιμοποιείται και μόνο στην περίπτωση του εκθετικού μοντέλου προσεγγίζεται η τιμή 0,26 στις τέσσερις από τις πέντε σειρές δεδομένων (δεν προσεγγίζει το 0,26 για το έτος 1886, οπότε ισούται με 0,16). Με το λογαριθμικό μοντέλο η ελάχιστη τιμή του z είναι 0,20 για το έτος 1886 και η μέγιστη είναι 0,56 για τη διετία 1927-1928 (προτελευταία σειρά δεδομένων).

Οι **Kohn & Walsh (1994)** εφαρμόζουν της σχέση έκτασης – αριθμού δικοτυλήδων φυτικών ειδών σε 42 νησιά του Σέτλαντ της Βρετανίας ως $\log A - S$, αλλά παραθέτουν τα δεδομένα, ώστε ήταν δυνατή η εφαρμογή και της $\log A - \log S$ σχέσης. Έχουν εξαιρεθεί 5 από τα νησιά που μελετούν, στα οποία δεν καταγράφουν κανένα φυτό. Η τιμή του z είναι 0,48.

Συγγραφέας	Προέλευση δεδομένων και ομάδα φυτών	Νησιωτικό συγκρότημα	Εύρος εκτάσεως νησιών	z	c	R ²
Amerson (1975)	Αγγειακά φυτά	10 νησιά από τις ατόλες French Frigate Shoals και Perl & Hermes Reef (ΝΔ Χαβάη)	0,0020-0,068 km ²	0,510	3,48	0,48
Nillson & Nillson (1978)	Αγγειακά φυτά	42 νησιά λίμνης Μέκελν (Σουηδία)	0,0003-0,0563 km ²	0,301	13.490	0,70
Woodroffe (1986)	Ιθαγενή είδη φυτών	20 νησιά της ατόλης Νούι (Τουβάλου, Κεντρικός Ειρηνικός)	0,0001 -1,38 km ²	0,17	17,78	0,92
Deshaye & Morisset (1988)	Αγγειακά φυτά	31 νησιά ημιαρκτικού αρχιπελάγους Β Κεμπέκ Καναδά	0,00170 – 0,9214 km ²	0,74	548,4	0,81
Rydin & Borgegard (1988)	Αγγειακά φυτά	40 νησιά λίμνης Χιέλμαρεν (Σουηδία)	0,00005 – 0,025 km ²	0,36	0,65	0,72
Kohn & Walsh (1994)	Δικοτυλήδονα φυτά	42 νησιά Σέτλαντ (Βρετανία)	0,00031-0,9958 km ²	0,48	1,08	0,73
Rosenzweig (1995)	Κυρίως από Abbott (ενδεικτικά: 1977)	144 νησιά της Αυστραλίας	<1.000 m ² – νησί της Τασμανίας	0,34	12,6	
	Johnson <i>et al.</i> (1968)	Νησιά της Καλιφόρνια (Η.Π.Α.)	~0,04 - ~2.512 km ²	0,353	46,8	
	Williams (1964)	9 νησιά Σανέλ (Γαλλία)	~0,013 - ~158,5 km ²	0,36	240	

Συγγραφέας	Προέλευση δεδομένων και ομάδα φυτών	Νησιωτικό συγκρότημα	Εύρος εκτάσεως νησιών	z	c	R ²
Morrison (1997)	Όλα τα είδη	45 νησίδες στο Andros (Μπαχάμες)		0,443		
	Όλα τα είδη	88 νησίδες στο Exumas (Μπαχάμες)		0,406		
Roden (1998)	Αγγειακά φυτά	29 νησιά λίμνης Lough Corrib (Ιρλανδία)	0,00008 – 0,0324 km ²	0,263		0,914
Moody (2000)	Όλα τα είδη (ιθαγενή, ενδημικά, επιγενή)	8 νησιά Τσάνελ της Καλιφόρνιας (Η.Π.Α.)	2,6 – 249 km ²	0,24	131,83	0,76
Lomolino & Weiser (2001)	Niering (1963)	30 νησιά ατόλης Kapingamarangi (νησιά Caroline)		0,421		
	McCoy & Connor (1976)	42 Βρετανικά νησιά		0,213		
	Cody <i>et al.</i> (1983)	33 νησιά θάλασσας του Κορτέζ		0,397		
Willerslev <i>et al.</i> (2002)	Αγγειακά ιθαγενή είδη	17 νησιά του αρχιπελάγους των Γκαλάπαγκος		0,298		0,768
	Αγγειακά ενδημικά είδη			0,225		0,752
Καγιαμπάκη (2003)	Όλα τα είδη	46 νησιά Τόξου, Σύμη και Τήλος	0,000438 – 8.265 km ²	0,34	108	0,83

Πίνακας 3.3: Εφαρμογές της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών φυτών $\log A - \log S$ σε διάφορα νησιωτικά συμπλέγματα. Όπου δε διευκρινίζεται συγκεκριμένη ομάδα ειδών, θεωρείται ότι έχουν συμπεριληφθεί όλα τα είδη. Περισσότερα στοιχεία για κάθε μελέτη δίνονται στο κείμενο.

Για τα 144 νησιά της Αυστραλίας, ο **Rosenzweig (1995)**, αναφέρει ότι τα νησιά με έκταση μικρότερη των 1.000m² τείνουν να έχουν 0-12 είδη ανεξαρτήτως της έκτασής τους. Η κλίση της ευθείας έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών είναι 0,34. Στα νησιά της Καλιφόρνιας, που μελετούν οι Johnson *et al.* (1968), η τιμή του z είναι 0,353. Ο Rosenzweig (1995) παρατηρεί ότι οι τιμές του z για τα νησιά κυμαίνονται κυρίως από 0,25 έως 0,35, ενώ για τμήματα ηπειρωτικών περιοχών οι τιμές του z είναι μικρότερες και συνήθως κυμαίνονται από 0,12 έως 0,18. Για νησιά Σανέλ της Γαλλίας (Williams 1964) το z ισούται με 0,36.

Στη βιογεωγραφική του μελέτη δύο συμπλεγμάτων μικρών νησιών στις Μπαχάμες, ο **Morrison (1997)** εφαρμόζει μεταξύ άλλων τη λογαριθμική σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για 45 μικρά νησιά που βρίσκονται κοντά στο Andros και 88 ακόμη μικρά νησιά στο Exumas. Αναφέρει την τιμή του z για τις δύο περιπτώσεις, με το σχόλιο ότι και οι δύο προσεγγίζουν το μεγαλύτερο άκρο του διαστήματος τιμών που δίνουν οι McArthur & Wilson (1967) και οι Connor & McCoy (1979). Παρατηρεί επίσης ότι τόσο στο Andros, όσο και στο Exumas καλύπτονται από βλάστηση οι σχετικά μεγαλύτερες, με μεγαλύτερο υψόμετρο και πιο κοντινές στην ηπειρωτική περιοχή νησίδες.

Ο **Roden (1998)** εφαρμόζει τη λογαριθμική σχέση έκτασης – αριθμού αγγειακών φυτικών ειδών για 29 νησιά μιας λίμνης στην Ιρλανδία και βρίσκει $z = 0,263$. Μια πτώση της στάθμης των νερών της λίμνης είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της έκτασης σχεδόν όλων των νησιών. Επίσης, 6 από τα μελετούμενα νησιά έχουν ηλικία μικρότερη των 150 χρόνων, οπότε τα φυτά που υπάρχουν σ' αυτά πρέπει να μετανάστευσαν κατά την περίοδο αυτή των 150 χρόνων προς τα νησιά. Ο συγγραφέας χωρίζει στη συνέχεια τα είδη της χλωρίδας των νησιών σε δύο ομάδες: η πρώτη περιλαμβάνει την ομάδα των φυτικών ειδών που μετανάστευσαν και εποίκισαν τα 6 μικρότερης ηλικίας νησιά (ορισμένα από αυτά υπάρχουν και σε κάποια από τα «παλαιά» νησιά). Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει τα υπόλοιπα είδη της χλωρίδας, που υπάρχουν στα «παλαιά» νησιά, αλλά όχι στα «νέα». Το πρότυπο της σχέσης $\log A - \log s$ (Πίνακας 3.3) είναι διαφορετικό για τις επιμέρους αυτές ομάδες. Η πρώτη έχει $z=0,137$ ($r=0,54$) και η δεύτερη έχει $z=0,607$ ($r=0,84$).

Ο **Moody (2000)** αναλύει τη σχέση έκτασης- αριθμού φυτικών ειδών για τα 8 νησιά Τσάνελ (νησιά του Καναλιού) της Καλιφόρνιας. Εφαρμόζει τη σχέση ξεχωριστά για τα ιθαγενή, τα ενδημικά και τα επιγενή φυτικά είδη των νησιών, επειδή θεωρεί ότι διαφορετικοί παράγοντες και διαδικασίες επιδρούν στον αριθμό των ειδών σε καθεμιά από τις ομάδες αυτές και συνεπώς το πρότυπο της σχέσης θα είναι επίσης διαφορετικό. Χρησιμοποιεί τις απόλυτες τιμές της έκτασης και του αριθμού των φυτικών ειδών και όχι τις λογαριθμικές και δε σχολιάζει τις κλίσεις των ευθειών που προκύπτουν από την απλή παλινδρόμηση. Στον Πίνακα 3.3 έχει εφαρμοστεί η λογαριθμική σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για τα ιθαγενή, ενδημικά και επιγενή είδη των νησιών Τσάνελ της Καλιφόρνιας συνολικά, σύμφωνα με τα δεδομένα του Moody (2000). Ο συγγραφέας αναφέρει ότι μέχρι πρότινος θεωρούσαν

ότι τα 4 βορειότερα νησιά ήταν παλαιότερα ενωμένα με τη γειτονική ηπειρωτική περιοχή, υπόθεση που όμως καταρρίφθηκε από πρόσφατα θαλάσσια γεωλογικά δεδομένα, που συνδυάστηκαν με στοιχεία για τη διακύμανση του επιπέδου της θάλασσας, στοιχεία τεκτονικής και ευστατικής δυναμικής. Παρ' όλ' αυτά, κατά τη διάρκεια της μέγιστης ταπείνωσης του επιπέδου της θάλασσας (120 m χαμηλότερα από το σημερινό επίπεδο στα 18.000 χρόνια πριν από σήμερα), τα βόρεια νησιά ήταν ενωμένα μεταξύ τους και είχαν μεγαλύτερη έκταση, έτσι ώστε η απόστασή τους από την ηπειρωτική περιοχή ήταν μικρότερη. Τα νότια νησιά δεν ήταν ενωμένα ούτε μεταξύ τους, αλλά ούτε και με την ηπειρωτική περιοχή ή την ομάδα των βόρειων νησιών, αλλά και αυτά είχαν μεγαλύτερη επιφάνεια. Έτσι, αν και η τιμή του z παραπέμπει σε ηπειρωτικά νησιά, στην πραγματικότητα πρόκειται για ωκεάνια, κάποια από τα οποία ήταν ενωμένα μεταξύ τους στο παρελθόν, αποτελώντας μια μεγαλύτερη, ενιαία περιοχή.

Οι **Lomolino & Weiser (2001)** δίνουν την τιμή του z της σχέσης $\log A - \log S$ για τρία νησιωτικά συγκροτήματα από τα δεδομένα των Niering (1963), McCoy & Connor (1979) και Cody *et al.* (1983). Στην ατόλη Karingamarangi της Μικρονησίας παρατηρήθηκε το φαινόμενο των μικρών νησιών για τα ανώτερα φυτά στα νησιά με έκταση μικρότερη των 0,014 km² περίπου (~3,5 acres) (Niering 1963, Lomolino 2000).

Οι **Willerslev *et al.* (2002)**, εφαρμόζοντας απλή και πολλαπλή παλινδρόμηση εξετάζουν τη σχέση του αριθμού των ιθαγενών και ενδημικών φυτικών ειδών 17 νησιών του αρχιπελάγους των Γκαλάπαγκος. Το συμπέρασμά τους από την εφαρμογή της λογαριθμικής σχέσης έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών είναι ότι η κλίση της ευθείας είναι διαφορετική για τα ιθαγενή και τα ενδημικά είδη και ότι οι υψηλές τιμές του z δείχνουν πως τα νησιά μελέτης είναι ισχυρά απομονωμένα από την ηπειρωτική περιοχή.

Στις περισσότερες από τις παραπάνω εργασίες, οι συγγραφείς δεν έχουν ως στόχο την προσπάθεια ερμηνείας της (υψηλής ή χαμηλής) τιμής του z και αυτό δυσκολεύει τη σύγκριση των αποτελεσμάτων τους με αυτά της παρούσας εργασίας.

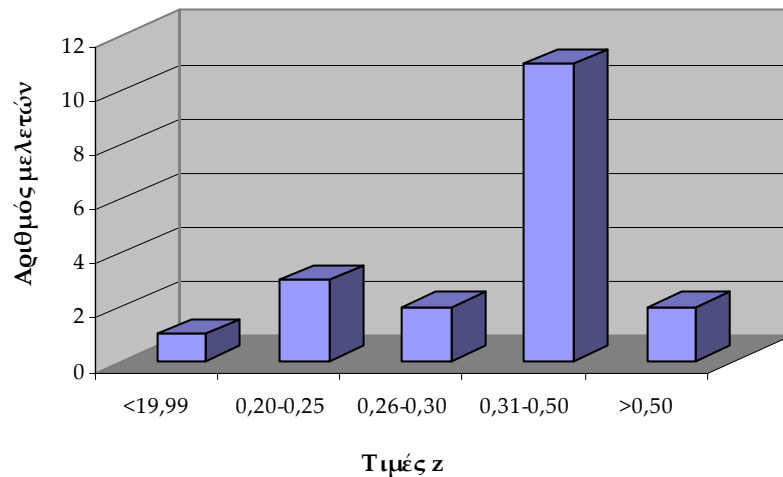
Κοινό χαρακτηριστικό των περισσότερων από τις παραπάνω μελέτες είναι ότι περιλαμβάνουν και μικρά νησιά, με έκταση μικρότερη από 1 km². Έξι από αυτές περιλαμβάνουν αποκλειστικά τέτοια μικρά νησιά. Όπως έχει προαναφερθεί, ο μεγάλος αριθμός μικρών νησιών σε ένα αρχιπέλαγος προκαλεί αύξηση της τιμής του z .

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1, σε 11 από τις 20 μελέτες που περιγράφονται συνοπτικά παραπάνω και στον Πίνακα 3.3, η τιμή του z βρίσκεται μεταξύ 0,31 και 0,50.

Στα νησιά για τα οποία στις αναφερόμενες δημοσιεύσεις παρατίθενται στοιχεία που αποδεικνύουν ότι δεν υπήρξαν ποτέ ενωμένα με ηπειρωτική περιοχή, τα «ωκεάνια» δηλαδή, όπως είναι οι ατόλες στη ΝΔ Χαβάη (Amerson 1975), τα προσφάτως σχηματισμένα νησιά στη λίμνη Μέκελν της

Σουηδίας (Nillson & Nillson 1978), τα νησιά του ημιαρκτικού αρχιπελάγους στο Κεμπέκ (Deshaye & Morisset 1988), τα περισσότερα νησιά της λίμνης Χιέλμαρεν στη Σουηδία (Rydin & Borgegaard 1988), τα νησιά της ατόλης Kapingamarangi (Lomolino & Weiser 2001), το z είναι υψηλό. Μόνο για τα νησιά της λίμνης Μέκελν το z είναι μικρότερο από το όριο 0,35 που πρότειναν οι McArthur & Wilson (1967) για τα ωκεάνια νησιά.

Στην περίπτωση της ατόλης Νούι (Woodroffe 1986), όπου έχουμε και το χαμηλότερο z , το μοναδικό με τιμή μικρότερη από 0,20 (1^{ος} ιστός στην Εικόνα 3.1), από τα στοιχεία που παρουσιάζει ο



Εικόνα 3.1: Αριθμός μελετών του Πίνακα 3.3 που δίνουν τιμές z στα καθορισμένα διαστήματα.

συγγραφέας, θα μπορούσαμε να αποδώσουμε τη μικρή κλίση της ευθείας στην ομοιομορφία του εδάφους των νησιών. Εξαιτίας της ομοιομορφίας αυτής, λογικά περιμένουμε ότι με την αύξηση της έκτασης δε θα υπάρξει μεγάλη αύξηση του αριθμού των ειδών. Επίσης, τα μελετούμενα νησιά απέχουν μικρή απόσταση από τα υπόλοιπα νησιά της ατόλης (Woodroffe 1986).

3.1.1.2 Συζήτηση των αποτελεσμάτων της σχέσης έκτασης – αριθμού όλων των φυτικών ειδών για τις επιμέρους ομάδες νησιών

Από την εφαρμογή της σχέσης $\log A - \log S$ για το σύνολο των φυτικών ειδών για τις επιμέρους ομάδες νησιών (Γραφήματα 3.2 – 3.8), στις πέντε από τις επτά περιπτώσεις το z βρίσκεται εντός του διαστήματος τιμών 0,25 και 0,35, που δίνουν οι MacArthur & Wilson (1967) για τα ηπειρωτικά νησιά και εντός του διαστήματος (μεταξύ 0,20 και 0,35) που, σύμφωνα με τους Connor & McCoy (1979) δείχνει μετρίως απομονωμένα ηπειρωτικά νησιά.

Για την Κάσο και τα μικρονήσια της (Γράφημα 3.4) και την ομάδα της Καρπάθου, που περιλαμβάνει Κάρπαθο με την Κάσο, τη Σαρία και τα 27 μικρονήσια τους (16 Κασονήσια και 11 Καρπαθονήσια) (Γράφημα 3.5), το z ισούται με 0,38 και θεωρητικά δείχνει ωκεάνια, ισχυρά απομονωμένα νησιά, χαρακτηριστικά που δεν ισχύουν στην πραγματικότητα.

Αν και τα νησιά στην ομάδα της Ρόδου είναι μόνο 4 (Γράφημα 3.6), το P για την απλή παλινδρόμηση $\log A - \log S$ ισούται με 0,06 ($< 0,10$) και δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση ανάμεσα στις δύο παραμέτρους σε επίπεδο σημαντικότητας 90%. Θεωρητικά θα περιμέναμε η Ομάδα της Ρόδου να έχει το χαμηλότερο z από τις εξεταζόμενες ομάδες, επειδή ήταν πιθανώς ενωμένη με τη γειτονική ηπειρωτική περιοχή της Ανατολίας μέχρι το Ανώτερο Πλειόκαινο – Κατώτερο Πλειστόκαινο (Sondaar 1971, Meulenkaamp *et al.* 1972, Daams & van de Weerd 1980, Meulenkaamp 1985). Επίσης, σήμερα απέχει τη μικρότερη απόσταση από ηπειρωτική περιοχή σε σχέση με τις ομάδες της Κρήτης και της Καρπάθου. Παρ' όλ' αυτά η κλίση της ευθείας είναι 0,31 (Γράφημα 3.6).

Δυστυχώς, η ύπαρξη επαρκών στοιχείων μόνο για τη χλωρίδα των Κυθήρων και όχι για τα Αντικύθηρα και τα γειτονικά τους μικρονήσια δεν επιτρέπουν την εφαρμογή της σχέσης για το δυτικό άκρο του Τόξου, που επίσης παρέμεινε ενωμένο με την ηπειρωτική περιοχή για μεγαλύτερο διάστημα, και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά για το ανατολικό άκρο του Τόξου.

Το μικρότερο z , και μάλιστα το μοναδικό μικρότερο του 0,30, έχει η ομάδα της Κρήτης (Γράφημα 3.2). Η τιμή του, που είναι 0,26, προσεγγίζει το μικρότερο άκρο του διαστήματος 0,25 - 0,35. Θα περιμέναμε όμως η σχέση για την ομάδα της Κρήτης να έχει υψηλότερο z , επειδή έχει παραμείνει απομονωμένη για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Meulenkaamp *et al.* 1988, Dermitzakis 1990, Meulenkaamp *et al.* 1994) και απέχει σήμερα τη μεγαλύτερη απόσταση από ηπειρωτική περιοχή, σε σχέση με τις υπόλοιπες επιμέρους νησιωτικές ομάδες. Η τιμή του z μειώνεται προφανώς επειδή η Κρήτη και τα μικρονήσια της «συμπεριφέρονται» ως ενιαίο τμήμα ηπειρωτικής περιοχής. Σύμφωνα με τον Dermitzakis (1987), κατά το Πλειστόκαινο τα περισσότερα μικρονήσια της Κρήτης ήταν ακόμη ενωμένα με την περιοχή που αποτελεί σήμερα την Κρήτη (Εικόνα 1.5). Οι χλωρίδες των μεγάλων δορυφορικών νησιών της Κρήτης δείχνουν να είναι «υποσύνολα» της χλωρίδας της Κρήτης και οι χλωρίδες των μικρών νησιών δείχνουν να είναι με τη σειρά τους «υποσύνολα» των χλωρίδων των μεγαλύτερων νησιών, στο μέτρο που επιτρέπουν τα γεωγραφικά και φυσικά τους χαρακτηριστικά. Εντοπίζεται δηλαδή κάποιος βαθμός ομοιομορφίας στη χλωρίδα. Σε ποσοτικούς όρους, ακόμη και το 9,5% - 10% της κρητικής χλωρίδας, που αποτελούν τα ενδημικά είδη της, εξισορροπείται από το ποσοστό των ενδημικών στα μεγαλύτερα νησιά και των εξειδικευμένων φυτικών ειδών των νησίδων (islet specialists), τα οποία δεν υπάρχουν στην Κρήτη. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το ποσοστό των εξειδικευμένων φυτικών ειδών στη χλωρίδα των δορυφορικών νησίδων της Κρήτης κυμαίνεται από 0,7% - 13,9%.

Η ποικίλη, «ηπειρωτικού τύπου» απολιθωμένη πανίδα που βρέθηκε στην **Κάρπαθο** καταδεικνύει αποκοπή της από την τότε περιοχή της Ανατολίας κάπως αργότερα από την αρχή του Πλειοκαίνου (5 Myr πριν από σήμερα) (Daams & van de Weerd 1980). Επομένως, θα περιμέναμε για την **ομάδα της Καρπάθου** χαμηλότερη τιμή του z από αυτήν για την ομάδα της Κρήτης και λίγο μεγαλύτερη από αυτήν για την **ομάδα της Ρόδου**, όμως το z ισούται με 0,38. Η υψηλή κλίση δείχνει ότι τα νησιά της ομάδας της Καρπάθου «συμπεριφέρονται» σαν ξεχωριστές, απομονωμένες περιοχές. Τα πολυάριθμα μικρά νησιά της ομάδας, που είναι 26 έναντι 4 μεγάλων, συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της κλίσης της ευθείας, η οποία είναι μεγαλύτερη από αυτήν του γενικού προτύπου του Γραφήματος 3.1.

Η ευθεία για την **Κάρπαθο και τα μικρονήσια της** έχει κλίση μικρότερη από αυτήν για την ομάδα της Καρπάθου. Ο Greuter (1970), λαμβάνοντας υπόψη τα σημερινά βάθη της θάλασσας και τις εκτιμώμενες τιμές της ευστατικής πτώσης της στάθμης της κατά των παγετωδών περιόδων του τεταρτογενούς (Pfannenstiel 1951), καταλήγει στο συμπέρασμα ότι όλες οι δορυφορικές νησίδες της Καρπάθου ήταν ενωμένες με το σημερινό νησί της Καρπάθου μέχρι το ανώτερο Πλειστόκαινο. Δεν υπάρχουν αποδείξεις για καταστροφικά γεγονότα, τα οποία να συνέβησαν μετά τις παγετώδεις περιόδους, προκαλώντας την καταστροφή της χλωρίδας των Καρπαθονησίων (Hoener & Greuter 1988). Ακόμη και η επίδραση που είχε η έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης, το οποίο βρίσκεται περίπου 180 km ΒΔ της Καρπάθου, η οποία συνέβη περίπου στα 1.500 π.Χ., δε θα πρέπει να υπερεκτιμάται (Olausson 1971). Ο Rackham (1978) αναφέρει σχετικά ότι δεν είναι βέβαιο αν η απουσία ενδημικών φυτών από κάποιες περιοχές του Αιγαίου μπορεί τεκμηριωμένα να αποδοθεί στη διασπορά της τέφρας του ηφαιστείου της Σαντορίνης. Ο Νομός Λασιθίου της Κρήτης και η Κάρπαθος, που βρίσκονται πλησιέστερα στις θαλάσσιες αποθέσεις της, έχουν περισσότερα στενά ενδημικά είδη από οποιαδήποτε άλλη περιοχή του Νοτίου Αιγαίου, εκτός από τη Δυτική Κρήτη. Και στην περίπτωση όμως της Καρπάθου και των δορυφορικών νησίδων της, η κλίση της ευθείας $\log A - \log S$ είναι υψηλή, κατά 0,01 μικρότερη από αυτήν του γενικού προτύπου του Γραφήματος 3.1. Στην ομάδα αυτή, 11 από τα 12 νησιά έχουν έκταση μικρότερη του 1 km² και το μοναδικό μεγάλο νησί είναι η Κάρπαθος.

Στην **ομάδα της Κάσου και των δορυφορικών νησιών της**, 15 είναι τα μικρά νησιά και 2 είναι τα μεγάλα. Η κλίση της ευθείας $\log A - \log S$ είναι υψηλή, ίση με 0,38 και δείχνει επίσης ότι τα νησιά της ομάδας «συμπεριφέρονται» ως μικρές, απομονωμένες εκτάσεις γης.

Η εφαρμογή της σχέσης $\log A - \log S$ για τις **ομάδες της Κρήτης και της Καρπάθου μαζί** δίνει $z = 0,30$, ενώ για τις **ομάδες της Καρπάθου και της Ρόδου μαζί** δίνει $z = 0,34$. Το σύμπλεγμα της Καρπάθου τοποθετείται δηλαδή φυτογεωγραφικά πλησιέστερα στην ομάδα της Κρήτης, η οποία όμως αποκόπηκε νωρίτερα από την ενιαία ηπειρωτική περιοχή. Αντιθέτως, το υψηλότερο z στην ομάδα

Καρπάθου και Ρόδου μαζί, δείχνει ότι τα νησιά αυτά είναι φυτογεωγραφικά πιο απομακρυσμένα μεταξύ τους.

Ο Raus (1991) είχε υποστηρίξει ότι τα νησιά στο σύμπλεγμα της Καρπάθου συνδέονται περισσότερο με τη δύση απ' ό,τι με την ανατολή και συνεπώς ανήκουν φυτογεωγραφικώς στην Ευρώπη και όχι στην Ασία. Τόσο η Flora Europaea, βασισμένη στα δεδομένα του Rechinger, όσο και νεότερες εμπειριστατωμένες μελέτες, όπως αυτές των Turland *et al.* (1993) και των Jahn & Schoenfelder (1995), αλλά και η Flora Hellenica, αναγνωρίζουν και ξεετάζουν την Κρήτη και το σύμπλεγμα νησιών της Καρπάθου ως μια ξεχωριστή φυτογεωγραφική ενότητα. Η σύγκριση των χλωρίδων της Κρήτης, της Καρπάθου και της Ρόδου με τη χρήση στοιχείων από τη βάση δεδομένων της Flora Hellenica και οι συνδυασμοί κατανομής συνενδημικών φυτικών ειδών των νησιών του Νοτίου Αιγαίου (όπως έχουν παρουσιαστεί στην Εισαγωγή) υποστηρίζουν την παραπάνω χλωριδική και φυτογεωγραφική ομαδοποίηση.

Χάριν ελέγχου των αποτελεσμάτων, ας υποθέσουμε ότι η εφαρμογή της σχέσης έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για τις ομάδες Κρήτης και Καρπάθου μαζί και για της ομάδες Κρήτης και Ρόδου μαζί επηρεάζονται καθοριστικά από το μεγάλο αριθμό των μικρών νησιών. Για να μην επηρεάζονται τα αποτελέσματα από τη βαρύτητα που έχουν τα μικρά νησιά στη διαμόρφωση της τιμής της κλίσης, εφαρμόζουμε τη λογαριθμική σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών μόνο για τα μεγάλα νησιά των δύο αυτών ομάδων:

- ✓ Για τα 10 μεγάλα νησιά της ομάδας Κρήτης – Καρπάθου μαζί, η εξίσωση είναι:

$$\log S = 0,27 \log A + 2,21 \quad \text{με } R^2 = 0,92 \text{ και } P = 0,00 \text{ (υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ των παραμέτρων } \log A \text{ και } \log S \text{ σε επίπεδο σημαντικότητας 99\%).}$$

- ✓ Για τα 8 μεγάλα νησιά της ομάδας Καρπάθου – Ρόδου μαζί, η εξίσωση είναι:

$$\log S = 0,32 \log A + 2,04 \quad \text{με } R^2 = 0,89 \text{ και } P = 0,0005 < 0,01 \text{ (υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ των παραμέτρων } \log A \text{ και } \log S \text{ σε επίπεδο σημαντικότητας 99\%).}$$

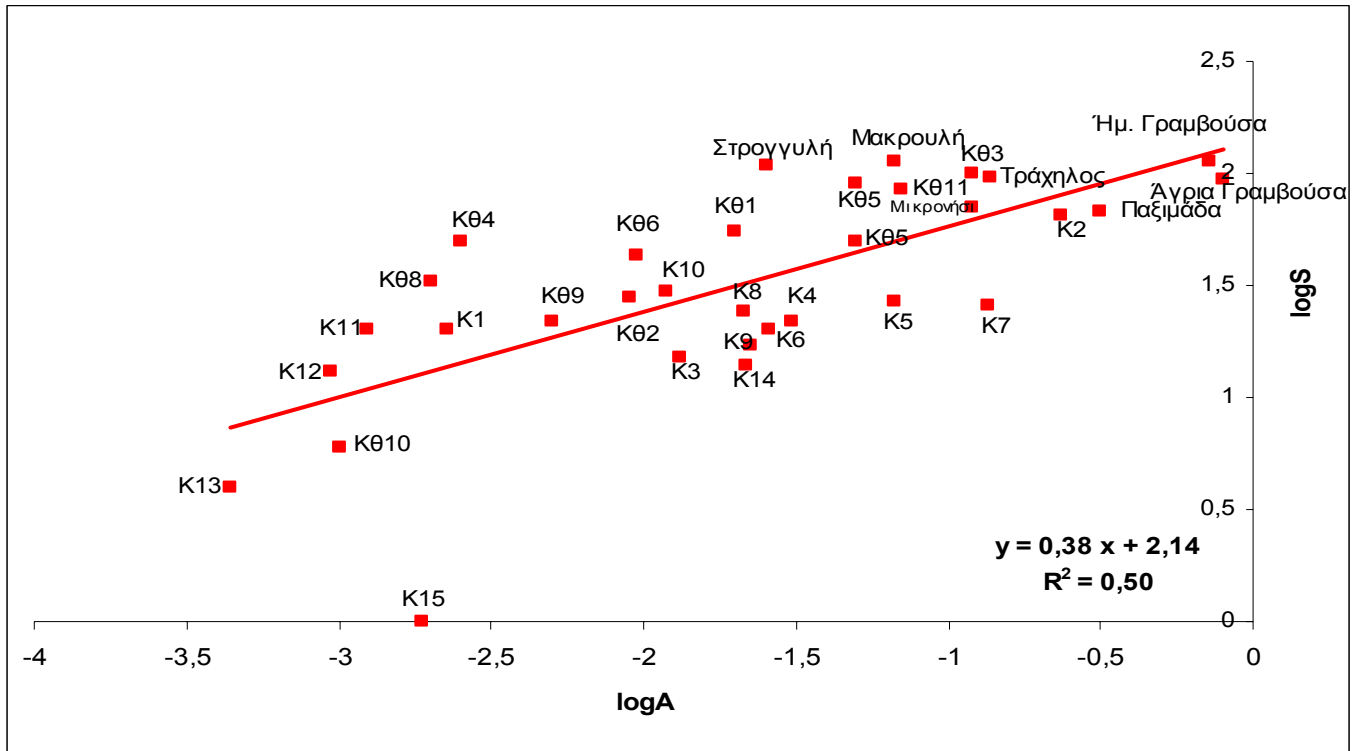
Ακόμη και αν εξαιρέσουμε από την ομάδα αυτή τη Σύμη και την Τήλο, ως νησιά που φυτογεωγραφικά ανήκουν στο Ανατολικό Αιγαίο (Rechinger 1951, Strid 1996), η κλίση της ευθείας δε μεταβάλλεται:

$$\log S = 0,32 \log A + 2,06 \quad \text{με } R^2 = 0,92 \text{ και } P = 0,0022 < 0,01 \text{ (υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ των παραμέτρων } \log A \text{ και } \log S \text{ σε επίπεδο σημαντικότητας 99\%).}$$

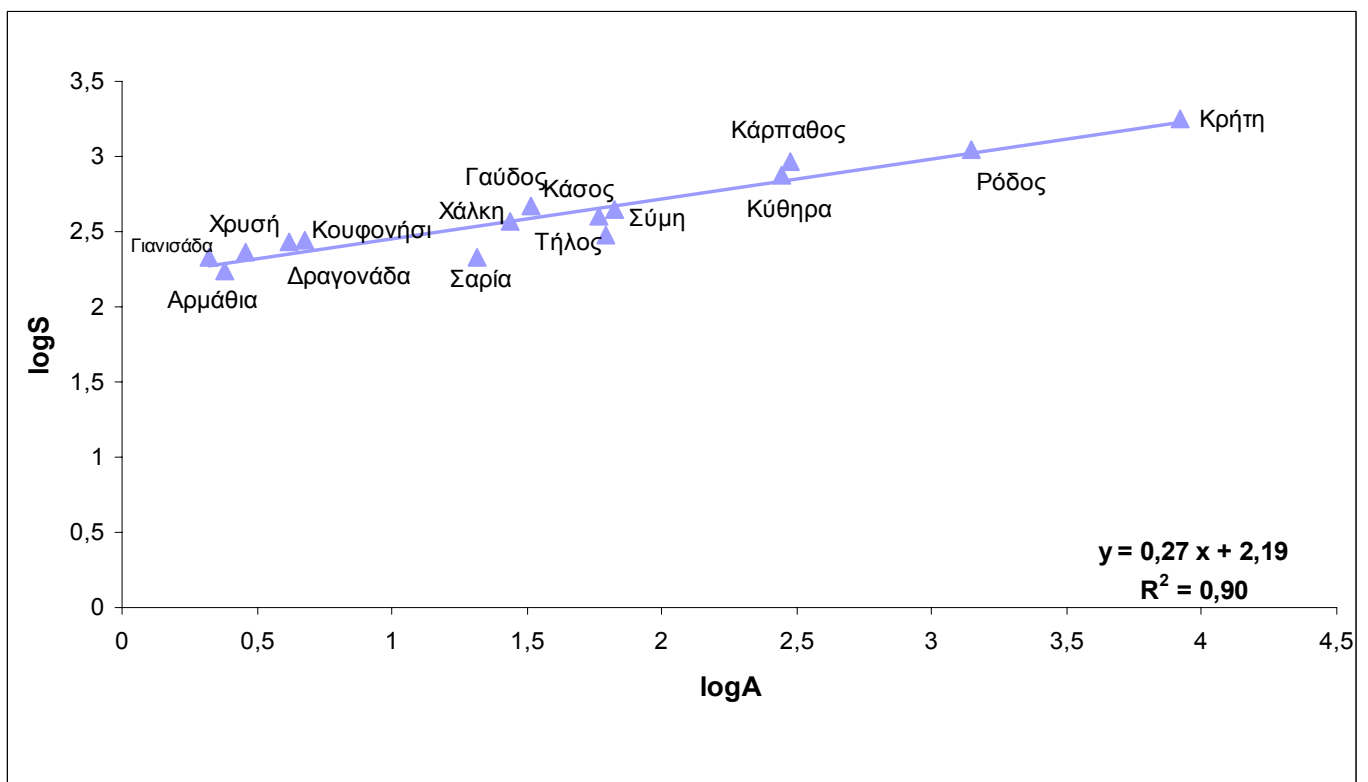
Άρα, η μεγαλύτερη φυτογεωγραφική απομόνωση του συμπλέγματος της Καρπάθου από την ομάδα της Ρόδου υποστηρίζεται και από τη σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για τα μεγάλα νησιά. Για τα μεγάλα νησιά των ομάδων Κρήτης και Καρπάθου, η κλίση της ευθείας είναι 0,27 και δείχνει ότι υπάρχει κάποια φυτογεωγραφική ομοιότητα μεταξύ των συγκεκριμένων νησιών, εφόσον με μια αύξηση της έκτασης δεν αναμένεται μεγάλη αύξηση του αριθμού των ειδών.

Όπως είδαμε παραπάνω, η κλίση για την ομάδα της Ρόδου (Ρόδος – Χάλκη – Σύμη – Τήλος) είναι 0,31, κατά 0,01 μικρότερη από την κλίση για τις ομάδες Καρπάθου και Ρόδου μαζί. Η μικρή αυτή διαφορά μάλλον τείνει να ενισχύσει την επισήμανση του Reehinger (1951) ότι η Ρόδος κρατά μια διπλή χλωριδική θέση ανάμεσα στο Νότιο και το Ανατολικό Αιγαίο. Αν όμως πρέπει να τεθούν αυστηρά φυτογεωγραφικά όρια, τότε η Ρόδος πρέπει να θεωρηθεί νησί του Ανατολικού Αιγαίου.

3.2 Αποτελέσματα εφαρμογής της σχέσης έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για τα μικρά και τα μεγάλα νησιά



Γράφημα 3.9: Σχέση έκτασης – αριθμού ειδών μόνο για τα 33 μικρά νησιά μελέτης ($P=0,00$). (όπου y είναι $\log S$ και όπου x είναι το $\log A$). Οι κωδικοί των νησιών αντιστοιχίζονται με τα ονόματά τους στον Πίνακα 3.2.



Γράφημα 3.10: Σχέση έκτασης – αριθμού ειδών μόνο για τα 15 νησιά μελέτης, που έχουν έκταση μεγαλύτερη του 1 km^2 ($P=0,00$). (όπου y είναι $\log S$ και όπου x είναι το $\log A$).

Στο Γράφημα 3.9 δίνεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής της σχέσης έκτασης – αριθμού όλων των φυτικών ειδών για τα 33 μικρά νησιά. Η κλίση της ευθείας είναι 0,38 και η σταθερά c ισούται με 138. Το R^2 είναι 0,50, αλλά το P είναι μικρότερο από 0,01, δείχνοντας ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση ανάμεσα στις δύο εξεταζόμενες παραμέτρους σε επίπεδο σημαντικότητας 99%.

Στο Γράφημα 3.10 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα από την εφαρμογή της σχέσης έκτασης – αριθμού όλων των φυτικών ειδών για τα 15 μεγαλύτερα νησιά μελέτης. Το z ισούται με 0,27 και το c με 154,88. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι πολύ υψηλός ($R^2 = 0,90$) και το μηδενικό P δείχνει στατιστικά σημαντική σχέση ανάμεσα στα $\log A$ και $\log S$ επίπεδο σημαντικότητας 99%.

3.2.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή της σχέσης έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για τα μικρά και τα μεγάλα νησιά.

Το φαινόμενο των μικρών νησιών (small island effect)

Στην παρούσα εφαρμογή της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών, παρατηρώντας απλώς το Γράφημα 3.1, δεν είναι δυνατόν να αγνοηθεί η τάση των μικρών νησιών να αποκλίνουν από το γενικό πρότυπο, που εκφράζεται μέσω της μεγαλύτερης διασποράς των σημείων στο 2^ο τεταρτημόριο και δείχνει ότι ο αριθμός των φυτικών ειδών δεν αυξάνεται οπωσδήποτε με την αύξηση της έκτασης, αλλά μπορεί και να μειώνεται και στη συνέχεια να αυξάνεται ξανά. Η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών του Γραφήματος 3.1 δείχνει να συμπεριλαμβάνει δύο διαφορετικές «τάσεις»: η πρώτη αφορά στα μικρά νησιά μέχρι και το μικρονήσι της Κρήτης Τράχηλο, που είναι το 29^ο σε έκταση από τα 33 μικρά νησιά και από τα 48 συνολικά, και η δεύτερη αφορά στα 4 μεγαλύτερα από τα μικρά νησιά και στα 15 μεγάλα νησιά.

Η εφαρμογή αυτή δε φέρει τα χαρακτηριστικά στα οποία ο Lomolino (2000), αποδίδει εν μέρει τη μη συχνή καταγραφή του φαινομένου των μικρών νησιών στη βιβλιογραφία, διότι: α) θεωρείται ότι οι χλωρίδες των νησιών είναι καλώς μελετημένες και ότι η καταγραφή των ειδών δεν έχει γίνει μεροληπτικά, σε συγκεκριμένες περιοχές των νησιών ή σε συγκεκριμένους οικοτόπους και διαπλάσεις με μεγάλη ποικιλότητα. β) Τα μικρά νησιά, όπως ορίστηκαν παραπάνω, είναι σχεδόν διπλάσια σε αριθμό από τα μεγάλα (33 μικρά έναντι 15 μεγάλων).

Στην ευθεία του Γραφήματος 3.9 η κλίση z ισούται με 0,38 και είναι μεγαλύτερη από αυτήν για το σύνολο των νησιών μελέτης. Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 μειώνεται σε 0,5, γεγονός που δείχνει τη μεγάλη διασπορά των σημείων, αλλά η τιμή του P δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση ανάμεσα στις παραμέτρους $\log A$ και $\log S$ σε επίπεδο σημαντικότητας 99%.

Οι αυξομειώσεις του αριθμού των φυτικών ειδών με την αύξηση της έκτασης μπορεί να οφείλονται στο ότι:

1) Το σύνολο ή το μεγαλύτερο ποσοστό της επιφάνειας των μικρών νησιών δέχεται την άμεση και έμμεση επίδραση της θάλασσας, είτε λόγω του κυματισμού είτε λόγω των σταγονιδίων (spray) και είναι εκτεθειμένη στους ανέμους και τις θύελλες (Hoener & Greuter 1988, Raus 1989).

2) Στα μικρότερα το έδαφος είναι βραχώδες στο σύνολό του, ενώ σε ορισμένα υπάρχουν και τμήματα με αμμώδες έδαφος (Hoener & Greuter 1988, Raus 1989, Christodoulakis *et al.* 1991, Bergmeier *et al.* 2001).

Χαρακτηριστικό είναι ότι όλα ή τα περισσότερα είδη των νησιών αυτών είναι αλόφυτα, τα οποία καταλαμβάνουν ενδιαιτήματα επηρεαζόμενα από τη θάλασσα. Η χλωρίδα των νησιών αυτών συμπληρώνεται από ορισμένα ευρύοικα είδη φυτών, τα οποία, μαζί βεβαίως με τα αλόφυτα, είναι και τα μοναδικά είδη που δύνανται να υποστηρίξουν πληθυσμούς στα μικρά αυτά νησιά.

Η αλληλουχία «μικρή έκταση – άμεση ή / και έμμεση επίδραση της θάλασσας – ένας ή δύο τύποι εδάφους» έχει ως συνέπεια μικρότερα νησιά να χαρακτηρίζονται ουσιαστικά από έναν μόνο τύπο ενδιαιτήματος ή και δύο, ενώ σε ορισμένα μεγαλύτερα, όπως είναι η Άγρια Γραμβούσα, μπορούν ασφαλώς να διακριθούν δύο τύποι ενδιαιτημάτων, το ένα εκ των οποίων οπωσδήποτε επηρεάζεται άμεσα από τη θάλασσα.

Με άλλα λόγια, μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύουν οι υποθέσεις «της ποικιλίας των βιοτόπων» και «των ενδιαιτημάτων στα μικρά νησιά» και οι θεωρίες «της πρόσπτωσης» και «του στόχου».

Για να επιβεβαιώσουμε ή μη την ένδειξη ύπαρξης του **φαινομένου των μικρών νησιών**, εφαρμόζουμε την εξίσωση των Lomolino & Weiser (2001), οι οποίοι χρησιμοποίησαν απλή γραμμική παλινδρόμηση με μια μετατροπή σημείου διακοπής (breakpoint transformation) ή μοντέλο παλινδρόμησης με ξεχωριστά βήματα (piecewise regression model), μαζί με σχετικές στατιστικές παραμέτρους, για να εκτιμήσουν το ανώτερο όριο του φαινομένου των μικρών νησιών, ως εξής:

$$Y = b_0 + b_1[(\log(A) - T_1) \times (\log(A) \geq T_1)]$$

Όπου Y είναι ο πλούτος των ειδών, δηλαδή το S ή ο $\log S$ για την ημιλογαριθμική και λογαριθμική μορφή του μοντέλου αντιστοίχως, A είναι η έκταση του νησιού (εδώ σε km^2), T_1 είναι η τιμή κατωφλίου που αποτελεί το ανώτερο όριο έκτασης για το φαινόμενο των μικρών νησιών και $\log(A) \geq T_1$ είναι μια μεταβλητή που δίνει τη λογική τιμή του 0 και του 1. Για τα νησιά που είναι μικρότερα από T_1 , η ανεξάρτητη μεταβλητή ισούται με 0 και ο πλούτος των ειδών εκτιμάται ως σταθερά (b_0). Στα μεγαλύτερα νησιά, όπου το $\log A$ υπερβαίνει το T_1 , η ανεξάρτητη μεταβλητή ισούται με τη διαφορά ανάμεσα στο $\log A$ και στο σημείο διακοπής T_1 . Αυτό που γίνεται δηλαδή, είναι ότι τα δεδομένα δε διαχωρίζονται για τα μικρά και μεγάλα νησιά, αλλά συμπεριλαμβάνονται σε ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης, που δίνεται από την παραπάνω εξίσωση για το σύνολο των δεδομένων.

Η εφαρμογή της εξίσωσης αυτής για τα νησιά μελέτης, με $Y = \log S$, δίνει $T_1 = -3,3$ ως ανώτερο όριο έκτασης για το φαινόμενο των μικρών νησιών, που σημαίνει ότι η μέγιστη έκταση για να παρατηρείται το φαινόμενο των μικρών νησιών είναι $0,0005 \text{ km}^2$. Άρα ένα μόνο νησί

συμπεριλαμβάνεται στο φαινόμενο των μικρών νησιών: πρόκειται για το Κασονήσι «Τρεις Πέτρες», που έχει έκταση 0,000438 km² (Πίνακας 3.2) και είναι το μικρότερο από τα νησιά μελέτης.

Επομένως, οι ενδείξεις για ύπαρξη του φαινομένου των μικρών νησιών δεν επιβεβαιώνονται για το Τόξο από τον παραπάνω έλεγχο. Η ένταξη μόνο του μικρότερου από τα μελετούμενα νησιά στο φαινόμενο των μικρών νησιών δε φαίνεται να έχει κάποια βιογεωγραφική σημασία και η εξαίρεσή του από τη μελέτη δε διαφοροποιεί το αποτέλεσμα.

Παρόλα αυτά, η εφαρμογή της εξίσωσης των Lomolino & Weiser (2001) στην ημιλογαριθμική της μορφή, δηλαδή με $Y = S$, δείχνει ότι το φαινόμενο των μικρών νησιών παρατηρείται στα νησιά του Τόξου, τα οποία έχουν έκταση μέχρι και 12 km². Αυτό σημαίνει ότι 38 από τα 48 νησιά μελέτης, δηλαδή τα 33 μικρά και τα 5 μικρότερα από τα μεγάλα, περιλαμβάνονται στο φαινόμενο των μικρών νησιών. Άρα, από τις Τρεις Πέτρες, με έκταση 0,000438 km², έως και τη Χρυσή, με έκταση 4,728 km² παρατηρείται θεωρητικά το φαινόμενο των μικρών νησιών. Η ομαδοποίηση αυτή έχει βιογεωγραφική έννοια, καθώς διαχωρίζει τα νησιά με έκταση μικρότερη των 5 km² από τα μεγαλύτερα. Τα υπόλοιπα 10 νησιά έχουν έκταση από 20,52 km² (Σαρία) έως 8.264,62 km² (Κρήτη). Εκτός από τη μεγάλη έκταση, κοινά χαρακτηριστικά τους είναι τα εξής:

1. Οι χλωρίδες τους μοιράζονται αρκετά κοινά υπολειμματικά είδη και συνενδημικά φυτικά είδη.
2. Είναι τα νησιά μελέτης που σήμερα κατοικούνται. Η μετανάστευση φυτικών ειδών προς τα νησιά αυτά μέσω της ανθρωποχωρίας, που μπορεί να είναι εκούσια ή ακούσια (Frey & Loesch 1998), έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο. Σύμφωνα με τον Greuter (1995) ο άνθρωπος ως ναυτικός – ταξιδευτής, στη διάρκεια των 6-8 χιλιετιών από τότε που κατέρριψε τα σύνορα της απομόνωσης, αποτέλεσε το μέσο για τη μεταφορά και εξάπλωση των διασποριών των φυτών σε μεγάλες αποστάσεις. Ως γεωργός και κτηνοτρόφος απελευθέρωσε περιοχές από τη βλάστηση, επιτρέποντας στα εισαχθέντα είδη να εγκατασταθούν και να εξαπλωθούν. Ο Greuter (1971a, 1979) εκτιμά ότι σχεδόν το 1/3 των ειδών της χλωρίδας της Κρήτης έχει φτάσει στο νησί χάρη στον άνθρωπο, ενώ στα μικρότερα νησιά θεωρεί το ποσοστό των ανθρωπόχρων ειδών ακόμα μεγαλύτερο. Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο των υλικών και μεθόδων, σε μια εργασία του, ο Greuter (1991) εφαρμόζει τη σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών στη λογαριθμική της μορφή ($\log A - \log S$) για νησιωτικές και ηπειρωτικές περιοχές της Μεσογείου και διαπιστώνει ότι η ευθεία της απλής παλινδρόμησης προσαρμόζεται πολύ καλά στα δεδομένα και θεωρεί ότι αυτό δείχνει ότι η «πτώχευση» των νησιωτικών χλωρίδων είναι στην πραγματικότητα μύθος*. Το παράδοξο αυτό ο Greuter (1995) το αποδίδει ακριβώς στη δράση του ανθρώπου, όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Στο Γράφημα 3.11 παριστάνεται η σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών στη διπλή λογαριθμική ($\log A - \log S$) και στην ημιλογαριθμική μορφή ($\log A - S$), ξεχωριστά για τα 38 νησιά που,

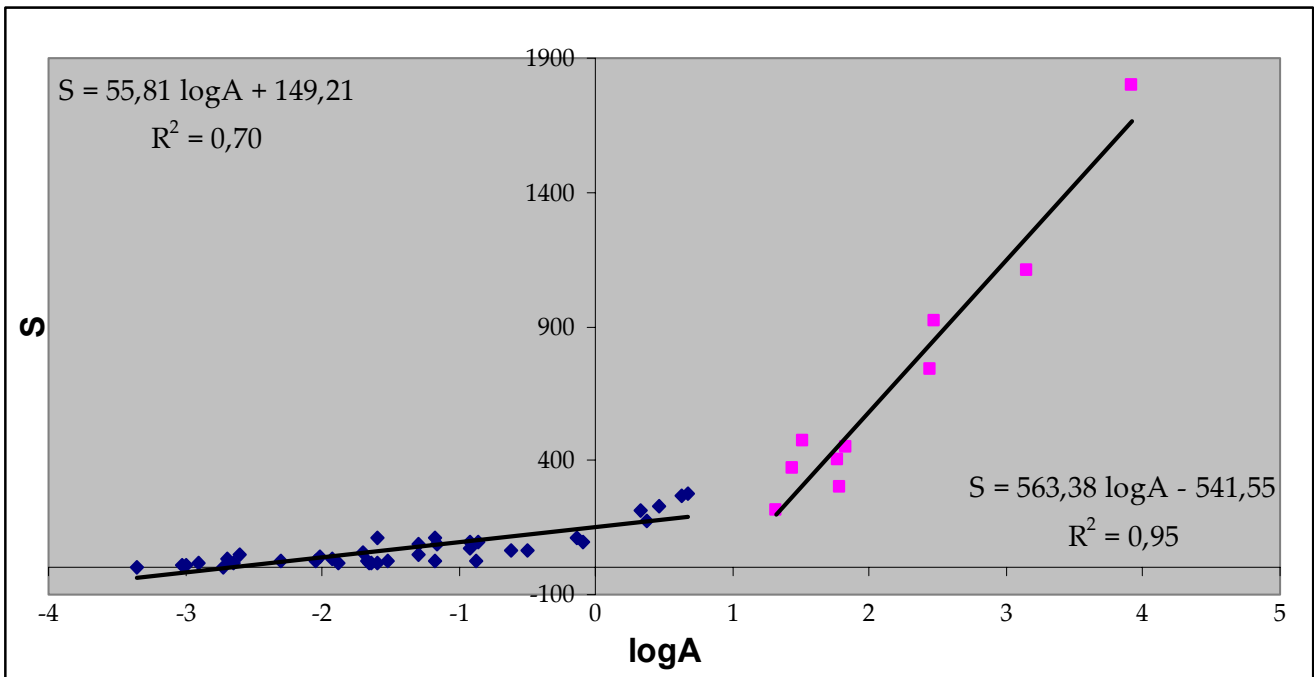
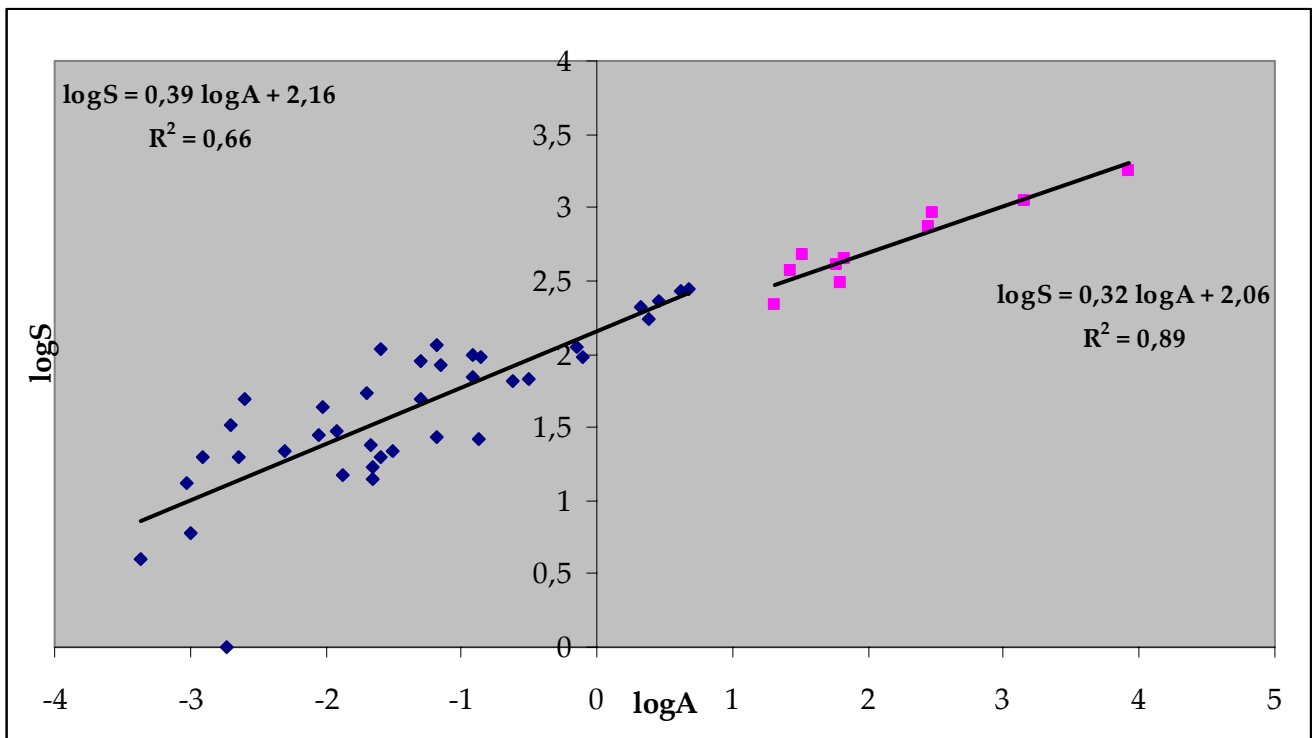
* Σύμφωνα με το βιογεωγραφικό ορισμό όμως, για να ελεγχθεί η ύπαρξη ή μη «πτώχευσης» των νησιωτικών χλωρίδων σε σχέση με αυτές των ηπειρωτικών περιοχών, θα έπρεπε να γίνει σύγκριση του αριθμού των φυτικών ειδών επί ίσων εκτάσεων σε νησιά και ηπειρωτικές περιοχές.

σύμφωνα με την εξίσωση των Lomolino & Weiser (2001) με $Y = S$, συμπεριλαμβάνονται στο φαινόμενο των μικρών νησιών, και ξεχωριστά για τα υπόλοιπα 10 νησιά. Στην περίπτωση των δύο ευθειών της μορφής $\log A - \log S$, το t-test δείχνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 99% ($P < 0,01$), ούτε ανάμεσα στις κλίσεις των δύο ευθειών, ούτε ανάμεσα στις σταθερές c . Αντιθέτως, στην περίπτωση των δύο ευθειών $\log A - S$, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, τόσο ανάμεσα στις κλίσεις των δύο ευθειών, όσο και ανάμεσα στις σταθερές c σε επίπεδο σημαντικότητας 99% ($P < 0,01$). Η ημιλογαριθμική εξίσωση δείχνει πιο ξεκάθαρα τις δύο διαφορετικές τάσεις των νησιών στη σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών, ενώ η διπλή λογαριθμική εξίσωση προσαρμόζει το σύνολο των δεδομένων στην ευθεία, γι' αυτό και δεν παρουσιάζει εμφανώς τις διαφορές αυτές.

Στα νησιά 39-48 του Πίνακα 3.2 η έκταση έχει το μεγαλύτερο ρόλο στη διαμόρφωση του αριθμού των ειδών: η τιμή του R^2 στη γραφική παράσταση $\log A - \log S$ του Γραφήματος 3.11, που ισούται με 0,89, δείχνει ότι το γραμμικό μοντέλο ερμηνεύει 89% της μεταβλητότητας του $\log S$. Για τα νησιά 1-38 του Πίνακα 3.2 το γραμμικό μοντέλο ερμηνεύει μόνο το 66% της μεταβλητότητας του $\log S$.

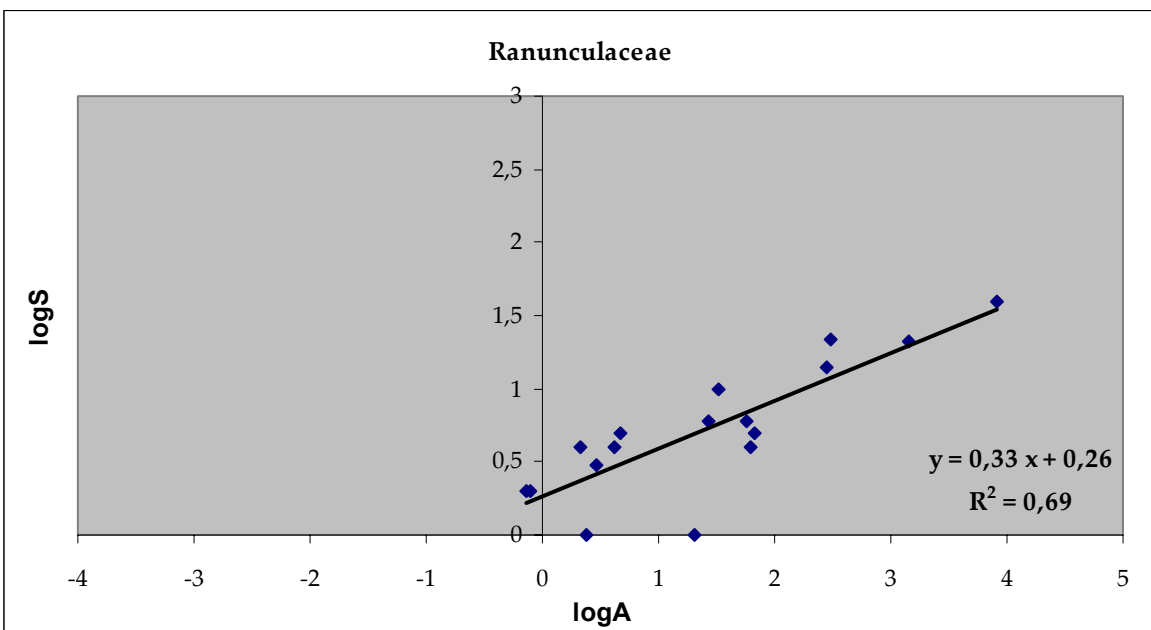
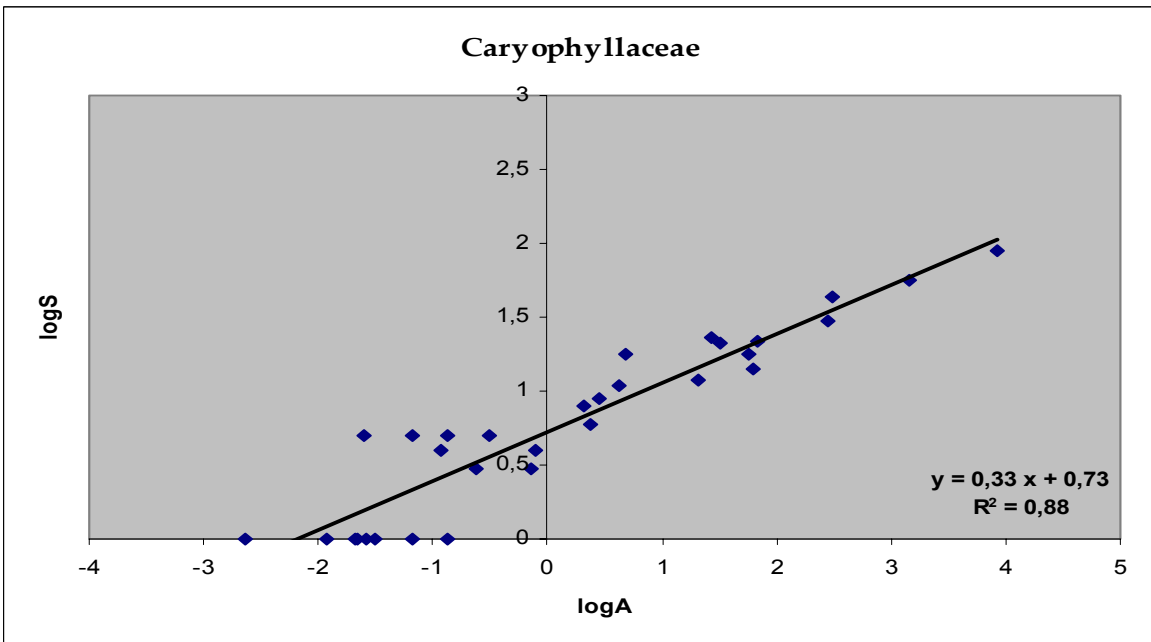
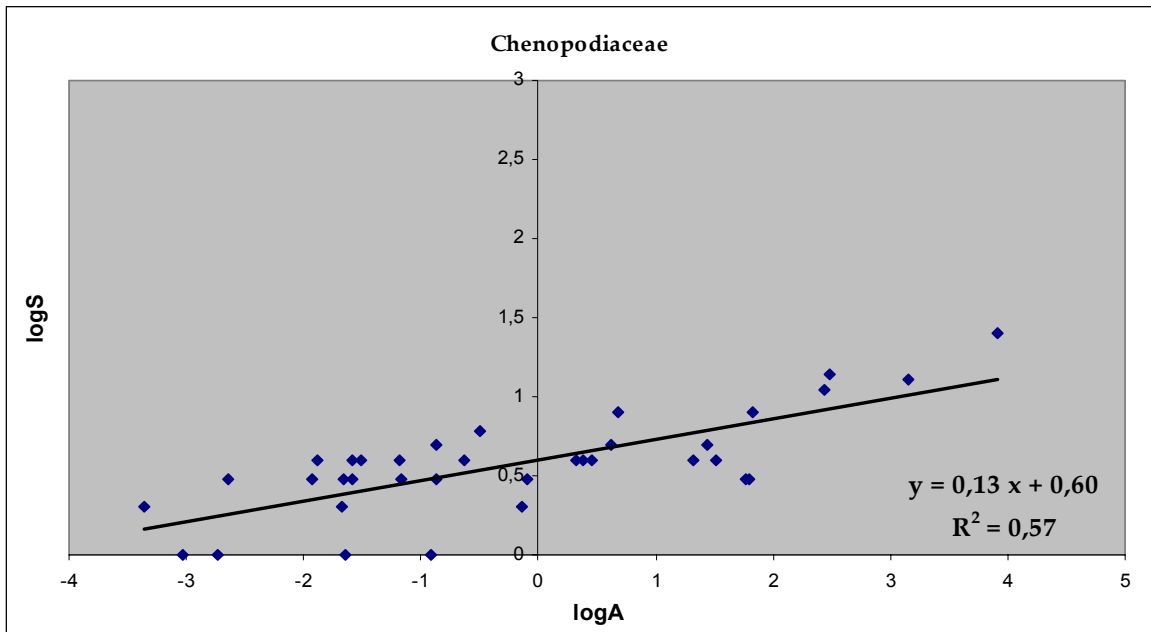
Η σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών για τα 15 νησιά που χαρακτηρίζονται ως «μεγάλα» στη συγκεκριμένη ανάλυση, παριστάνεται στο Γράφημα 3.10. Η κλίση μειώνεται στο 0,27 και το R^2 αυξάνεται σε 0,90. Αυτό σημαίνει ότι πράγματι η διαμόρφωση της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών για το σύνολο των 48 νησιών επηρεάζεται από το μεγάλο αριθμό των μικρών νησιών, που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κλίσης της ευθείας για το σύνολο των νησιών.

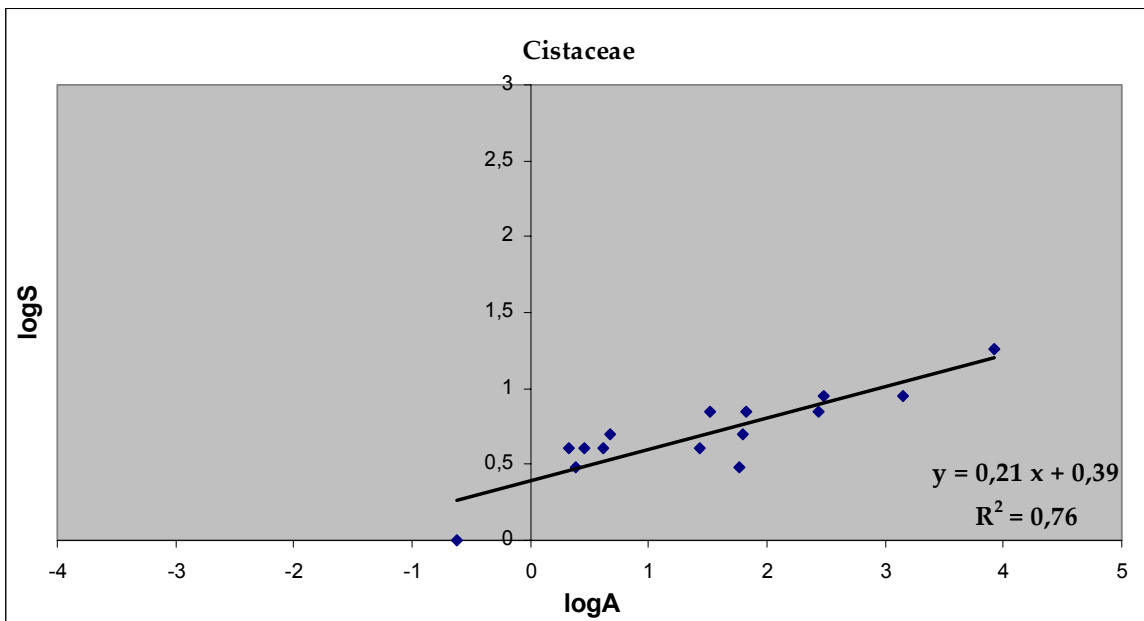
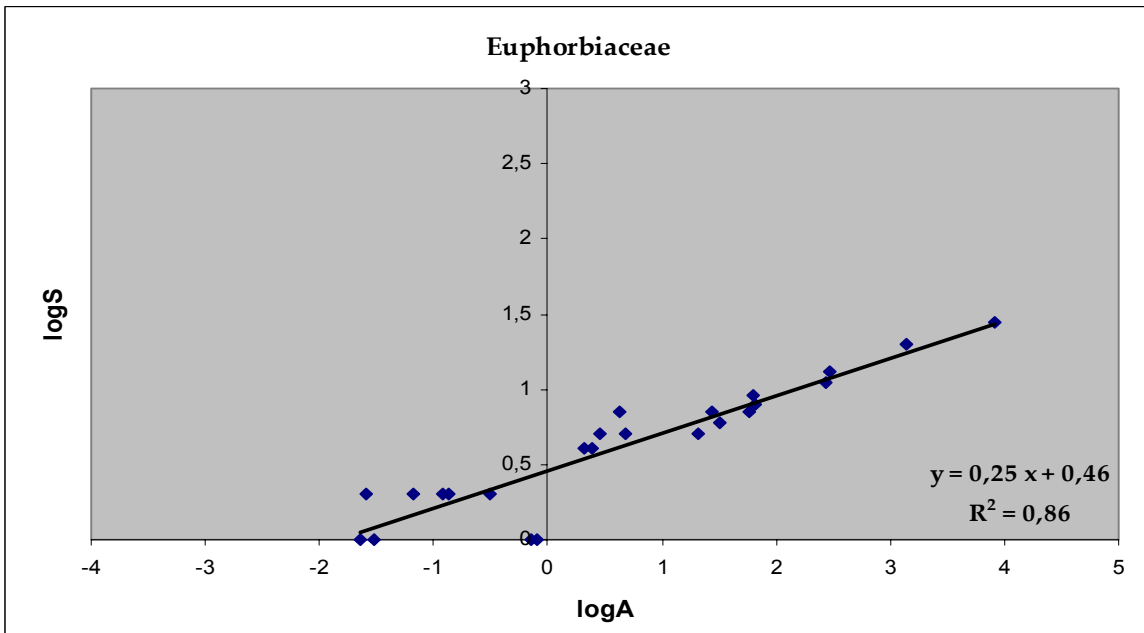
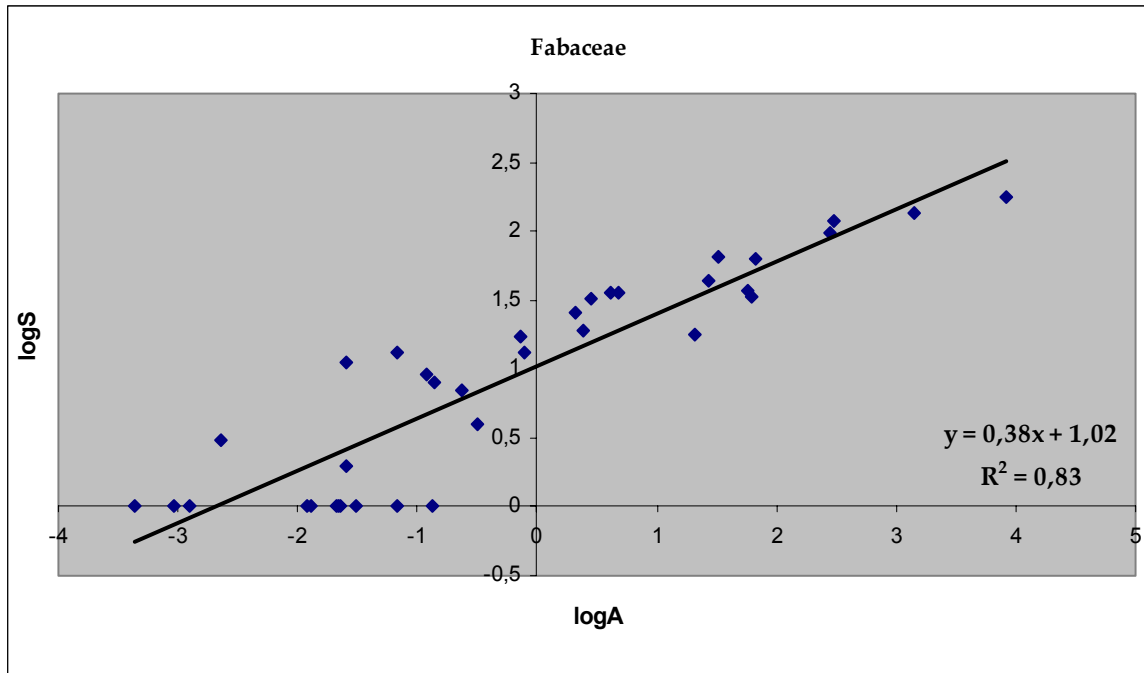
Η τιμή 0,27 βρίσκεται πιο κοντά στο κατώτερο άκρο του διαστήματος 0,25 – 0,35, αντιθέτως με την τιμή 0,34 για το σύνολο των νησιών. Με την αύξηση της έκτασης αναμένεται ο αριθμός των ειδών να αυξάνεται με μικρότερο ρυθμό. Τα μεγάλα νησιά τείνουν να «συμπεριφέρονται» περισσότερο σαν μια ενιαία περιοχή.

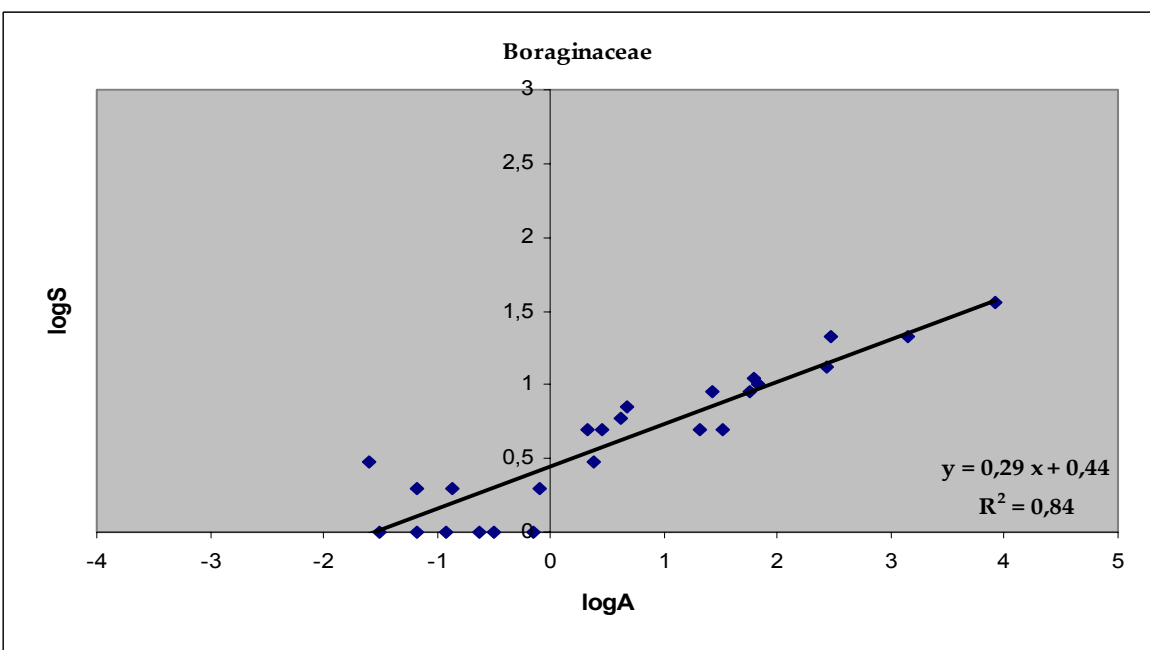
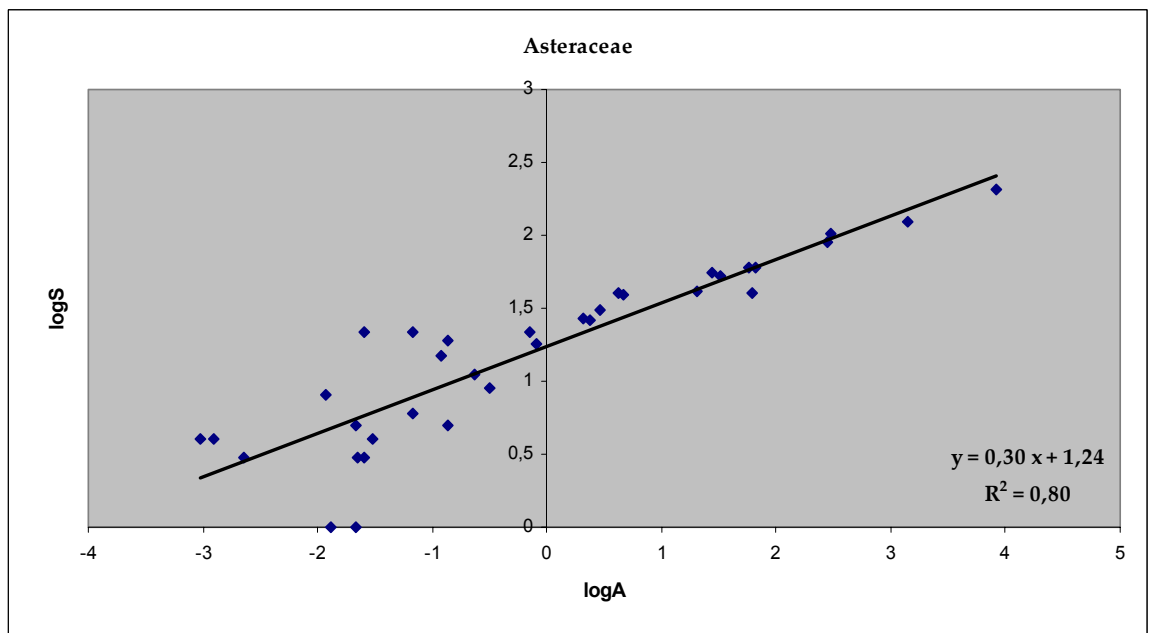
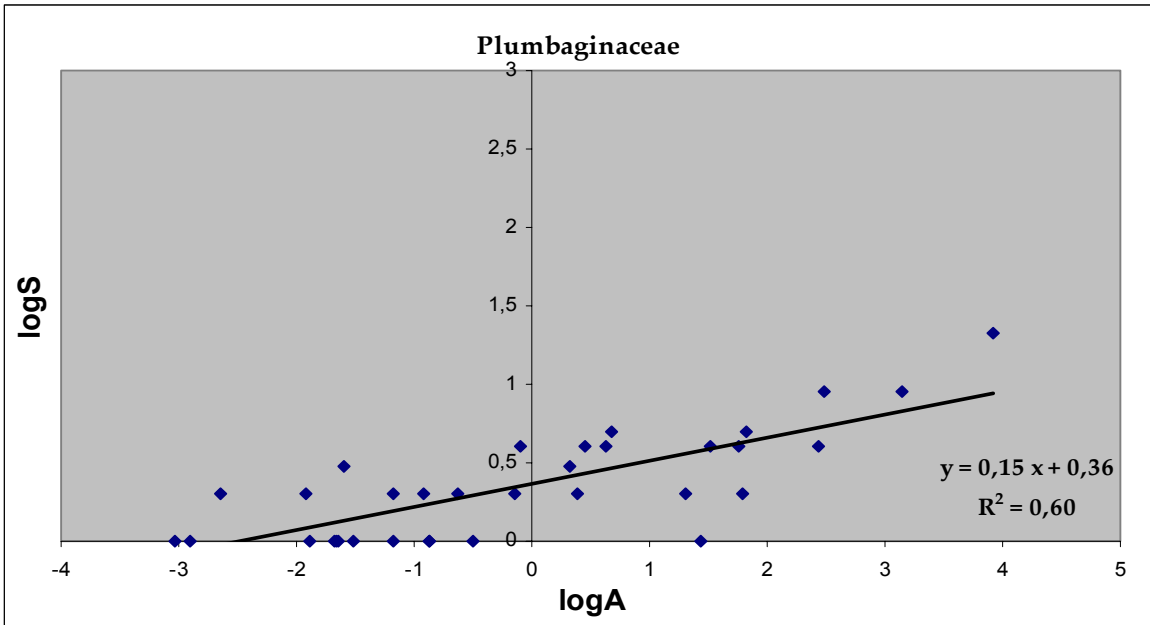


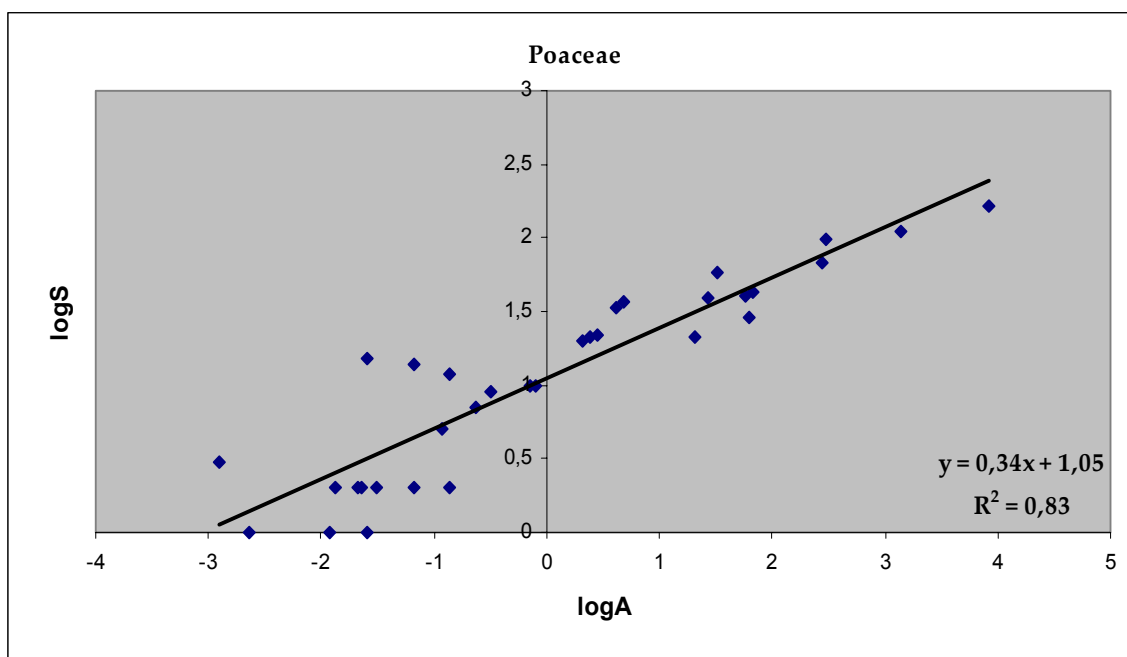
Γράφημα 3.11: Σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών σε μορφή $\log A - \log S$ (πάνω) και σε μορφή $\log A - S$ ξεχωριστά για τα 38 νησιά που, σύμφωνα με την εξίσωση των Lomolino & Weiser (2001) με $\gamma=S$ περιλαμβάνονται στο φαινόμενο των μικρών νησιών, και ξεχωριστά για τα υπόλοιπα 10 νησιά μελέτης. Σε όλες τις εξισώσεις οι παράμετροι $\log A - \log S$ και $\log A - S$ αντιστοίχως έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική σχέση σε επίπεδο σημαντικότητας 99%, καθώς $P < 0,01$.

3.3 Αποτελέσματα σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών Οικογενειών για 37 νησιά του Τόξου









Γραφήματα 3.12: Οι σχέσεις έκτασης νησιών – αριθμού ειδών φυτών δέκα οικογενειών. (Στην ανάλυση αυτή δεν περιλαμβάνονται τα Καρπαθοθήσια).

Οικογένεια	Αριθμός νησιών με είδη της οικογένειας		Συνολικός αριθμός ειδών κάθε Οικογένειας σε όλα τα νησιά	z	c	R ²
	Μικρά (σύνολο: 22)	Μεγάλα (σύνολο: 15)				
Chenopodiaceae	21	15	30	0,13	3,98	0,57
Plumbaginaceae	19	15	25	0,15	2,29	0,60
Cistaceae	1	14	19	0,21	2,45	0,76
Euphorbiaceae	9	15	30	0,25	2,88	0,86
Boraginaceae	10	15	41	0,29	2,75	0,84
Asteraceae	20	15	274	0,30	17,38	0,80
Ranunculaceae	2	15	49	0,33	1,82	0,69
Caryophyllaceae	16	15	118	0,33	5,37	0,88
Poaceae	18	15	196	0,34	11,22	0,83
Fabaceae	21	15	230	0,38	10,47	0,83

Πίνακας 3.4: Οι δέκα οικογένειες για τις οποίες εφαρμόστηκε η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών στα παραπάνω Γραφήματα. Εδώ δίνονται συνοπτικά ο αριθμός των μικρών και μεγάλων νησιών όπου υπάρχουν είδη της εκάστοτε οικογένειας, ο συνολικός αριθμός ειδών κάθε οικογένειας στα 48 νησιά μελέτης, η κλίση z της ευθείας, η σταθερά c και το R². Σε όλες τις απλές παλινδρομήσεις του Πίνακα η τιμή του P είναι 0,00 (υπάρχει δηλαδή στατιστικά σημαντική σχέση ανάμεσα στις παραμέτρους logA και logS σε επίπεδο σημαντικότητας 99%).

3.3.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών Οικογενειών για 37 νησιά του Τόξου

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.4, είδη των οικογενειών *Chenopodiaceae* και *Plumbaginaceae* υπάρχουν στα περισσότερα μικρά νησιά και σε όλα τα μεγάλα. Για τις δύο οικογένειες που περιλαμβάνουν αλόφυτα, τα *Chenopodiaceae* και τα *Plumbaginaceae*, οι αντίστοιχες κλίσεις είναι 0,13 και 0,15, πολύ μικρότερες από αυτήν της ευθείας για το σύνολο νησιών και ειδών (Γράφημα 3.1), που ισούται με 0,34. Οι μικρές αυτές κλίσεις μπορούν να αποδοθούν στο γεγονός ότι τα είδη των δύο αυτών οικογενειών περιορίζονται σε συγκεκριμένο ή συγκεκριμένα ενδιαιτήματα στην παράκτια ζώνη, συνεπώς με την αύξηση της έκτασης (άρα και με τη συνεπακόλουθη αύξηση του αριθμού των ενδιαιτημάτων) αυξάνεται με μικρότερο ρυθμό ο αριθμός των ειδών που φιλοξενούνται μέχρι το μέγιστο όριο της Κρήτης. Οι Nillson & Nillson (1982), ο Buckley (1985), οι Deshayé & Morisset (1988) και ο Roden (1998) στη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών καταγράφουν επίσης μικρότερο z για τις φυτοκοινότητες των ακτών των νησιών τους. Αυτό σημαίνει ότι στα νησιωτικά αυτά συμπλέγματα, οι φυτοκοινότητες των περιμέτρων των νησιών περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό των ειδών που δυνητικά θα μπορούσαν να εποίκισουν τις εκτάσεις αυτές (Roden 1998).

Για τις υπόλοιπες οικογένειες η κλίση κυμαίνεται από περίπου 0,21 για τα *Cistaceae* έως περίπου 0,38 για τα *Fabaceae*.

Οι οικογένειες με κατά κανόνα ποώδη είδη, δηλαδή οι *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Fabaceae* και *Poaceae* απαντώνται στην πλειοψηφία των νησιών (οι τρεις πρώτες περιλαμβάνουν και είδη εξειδικευμένα των μικρών νησιών (islet specialists)) και οι κλίσεις των αντιστοιχών ευθειών είναι υψηλές, από 0,30 έως 0,38 περίπου. Άλλο κοινό χαρακτηριστικό των τεσσάρων αυτών οικογενειών είναι ότι περιλαμβάνουν πολυάριθμα είδη η καθεμιά, πρόκειται δηλαδή για μεγάλες, πολυμελείς οικογένειες. Αυτό σημαίνει ότι με την αύξηση της έκτασης αναμένεται να αυξάνεται με γρηγορότερο ρυθμό ο αριθμός των συγκεκριμένων ειδών εντός της έκτασης αυτής, οπότε και δικαιολογούνται οι μεγάλες κλίσεις των ευθειών. Επίσης, πολλά από τα είδη των οικογενειών αυτών είναι κοσμοπολίτικα και ευρύοικα και διαφορετικά εξ αυτών υπάρχουν σε διαφορετικά ενδιαιτήματα, που σημαίνει ότι με την αύξηση της έκτασης, εφόσον αυξάνεται και ο αριθμός των ενδιαιτημάτων, περιμένουμε να βρούμε περισσότερα είδη από τις οικογένειες αυτές.

Ένας από τους λόγους στους οποίους αποδίδονται συχνά χαμηλές τιμές του z είναι και η μεγάλη **ικανότητα διασποράς των ειδών της μελετούμενης ταξινομικής ομάδας**. Αναμένεται να βρεθεί μεγαλύτερο ποσοστό ευκολοδιασπειρόμενων φυτικών ειδών στα μικρά νησιά (Nillson & Nillson 1978). Στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι δύσκολο να συσχετιστεί η κλίση των ευθειών των οικογενειών με την οικολογία της διασποράς των ειδών της κάθε οικογένειας για δυο λόγους: α) ο τρόπος διασποράς των σπερμάτων μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στα είδη της ίδιας οικογένειας, όπως στα *Fabaceae*

της περιοχής μελέτης (αλλοχωρία: ανεμοχωρία, επιζωοχωρία, αυτοχωρία: ερποχωρία, εκτίναξη κ.ά.), και απαιτείται μια πιο λεπτομερής ανάλυση σε μικρότερο ταξονομικό επίπεδο, ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Πάντως, και για τα Asteraceae, που αποτελούν ουσιαστικά ομοιογενή ομάδα ως προς την οικολογία των διασποράς των σπερμάτων τους μέσω του ανέμου, οπότε δηλαδή πρόκειται για κατεξοχήν ευκολοδιασπειρόμενα είδη, η τιμή του z της αντίστοιχης ευθείας δεν είναι μικρή. β) για να γίνει ο συσχετισμός και να εξαχθούν αντιπροσωπευτικά συμπεράσματα, απαιτείται διάκριση ανάμεσα στο υπολειμματικό στοιχείο και στα είδη που εποίκισαν τα νησιά ή εισήχθησαν σε αυτά από τον άνθρωπο ή μέσω αυτού (ανθρωπόχωρα), λαμβάνοντας υπόψη και την εξέλιξη των χλωρίδων των νησιών στο χρόνο, αλλά και τη σύγχρονη δυναμική τους, ιδιαίτερος για τα μικρά νησιά (αναστροφή ειδών (species turnover) ή ψευδοαναστροφή (pseudoturnover), καταστροφή της χλωρίδας από τυχαία γεγονότα και επανεποίκιση κ.λ.π.).

Είναι ενδιαφέρον πάντως ότι στην ανάλυση των Nillson & Nillson (1978), όπου όλα τα νησιά είναι μικρά (Πίνακας 3.3) περίπου το μισό των φυτικών ειδών τους διασπείρουν τα σπόρια τους μέσω του νερού. Στα πολύ μικρά νησιά τα υδρόχωρα είδη αποτελούν τα 2/3 της χλωρίδας, ενώ το ποσοστό των υδρόχωρων φυτικών ειδών στη γειτονική ηπειρωτική περιοχή είναι χαμηλότερο, 36%. Αντιθέτως, το ποσοστό των ανεμόχωρων ειδών είναι περίπου το ίδιο ανάμεσα στα νησιά και την ηπειρωτική περιοχή. Τα ζώχωρα είδη υπερτερούν στην ηπειρωτική περιοχή, όπως ήταν αναμενόμενο.

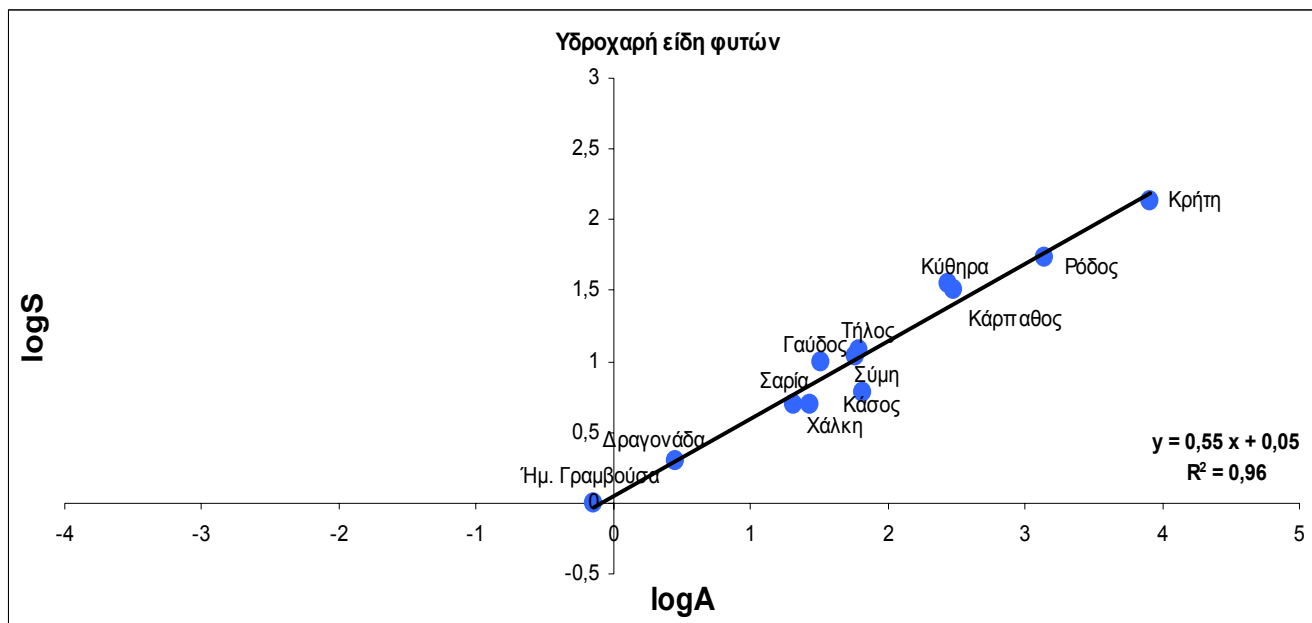
Για τα Boraginaceae και Euphorbiaceae η κλίση είναι 0,29 και 0,25 αντίστοιχα, μικρότερη από την τιμή 0,34 της ευθείας για όλα τα νησιά και όλα τα είδη (Γράφημα 3.1). Και οι δύο αυτές οικογένειες στην περιοχή μελέτης περιλαμβάνουν θαμνώδη και ποώδη είδη, τα οποία έχουν σχετικώς ευρεία κάθετη εξάπλωση, καταλαμβάνοντας έτσι ποικιλία ενδιαιτημάτων. Με την αύξηση της έκτασης, ο αριθμός των ειδών τους θα αυξηθεί με πιο αργό ρυθμό σε σχέση με τον αριθμό των ειδών των μεγαλύτερων οικογενειών.

Η ευθεία για τα Cistaceae έχει προκύψει από σημαντικό αριθμό νησιών, γιατί μόνο ένα εκ των μικρών νησιών έχει είδος της οικογένειας και ένα από τα μεγάλα νησιά δεν έχει κανένα είδος αυτής. Η κλίση της ευθείας $\log A - \log S$ είναι 0,21. Η οικογένεια αυτή περιλαμβάνει κυρίως πολυετή θαμνώδη είδη στην περιοχή μελέτης και λίγα μονοετή. Χαρακτηριστικό είναι ότι πρόκειται για μικρή οικογένεια, με μόνο 165 είδη συνολικά και 19 στην περιοχή μελέτης. Επίσης, ορισμένα από τα είδη της έχουν μόνο στενή, σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια του Τόξου, εξάπλωση σε περιοχές της Κρήτης.

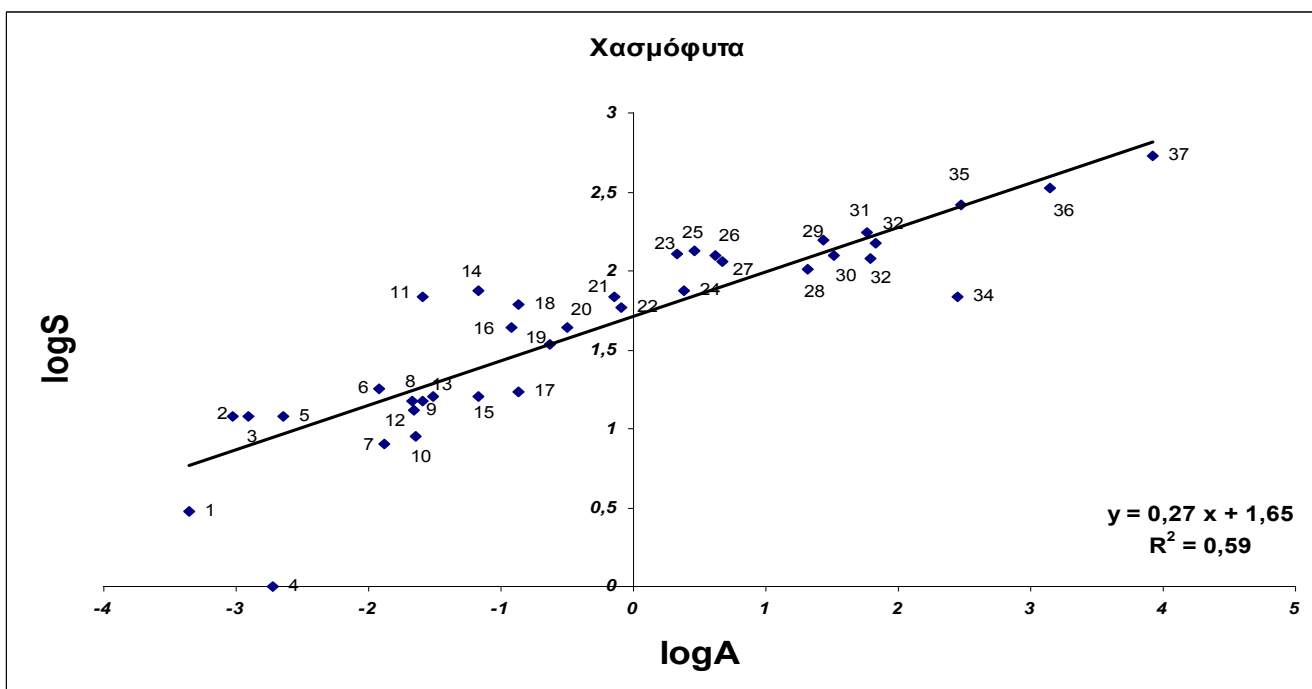
Τα Ranunculaceae είναι μια οικογένεια με σχετικώς μικρό αριθμό ειδών στην περιοχή μελέτης, που όμως δίνει υψηλή τιμή του z . Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι η οικογένεια περιλαμβάνει αρκετά υδρόφιλα είδη. Στα μικρά νησιά δεν υπάρχουν επιφανειακά νερά, στάσιμα ή ρέοντα. Με την αύξηση της έκτασης αναμένεται να υπάρχουν και περισσότερα ενδιαιτήματα κατάλληλα για την εξάπλωση των ειδών της οικογένειας, επομένως και περισσότερα είδη. Το ίδιο ισχύει και για τα είδη της οικογένειας που φύονται σε διαταραγμένες θέσεις και σε καλλιεργούμενες περιοχές.

3.4 Αποτελέσματα εφαρμογής της σχέσης έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών Οικολογικών ομάδων

Το μικρότερο νησί όπου υπάρχουν υδροχαρή φυτά, όπως ορίστηκαν στην παρούσα εργασία, είναι η Ήμερη Γραμβούσα. Από τα μεγάλα νησιά, ως μη φέροντα υδροχαρή είδη εμφανίζονται η Αρμάθια, η Γιανισιάδα, το Κουφονήσι και η Χρυσή. Η κλίση της ευθείας είναι 0,55 (Γράφημα 3.13).

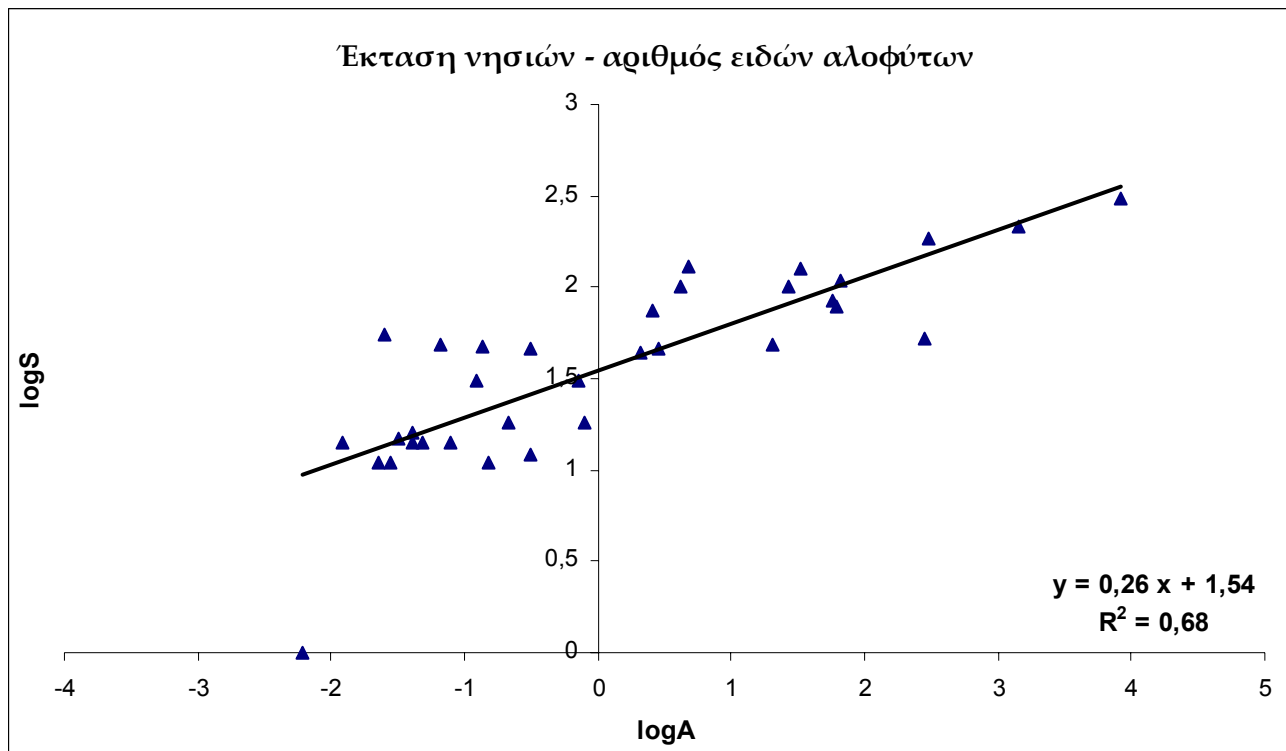


Γράφημα 3.13: Σχέση έκτασης νησιών και αριθμού υδροχαρών ειδών ($P=0,00$).

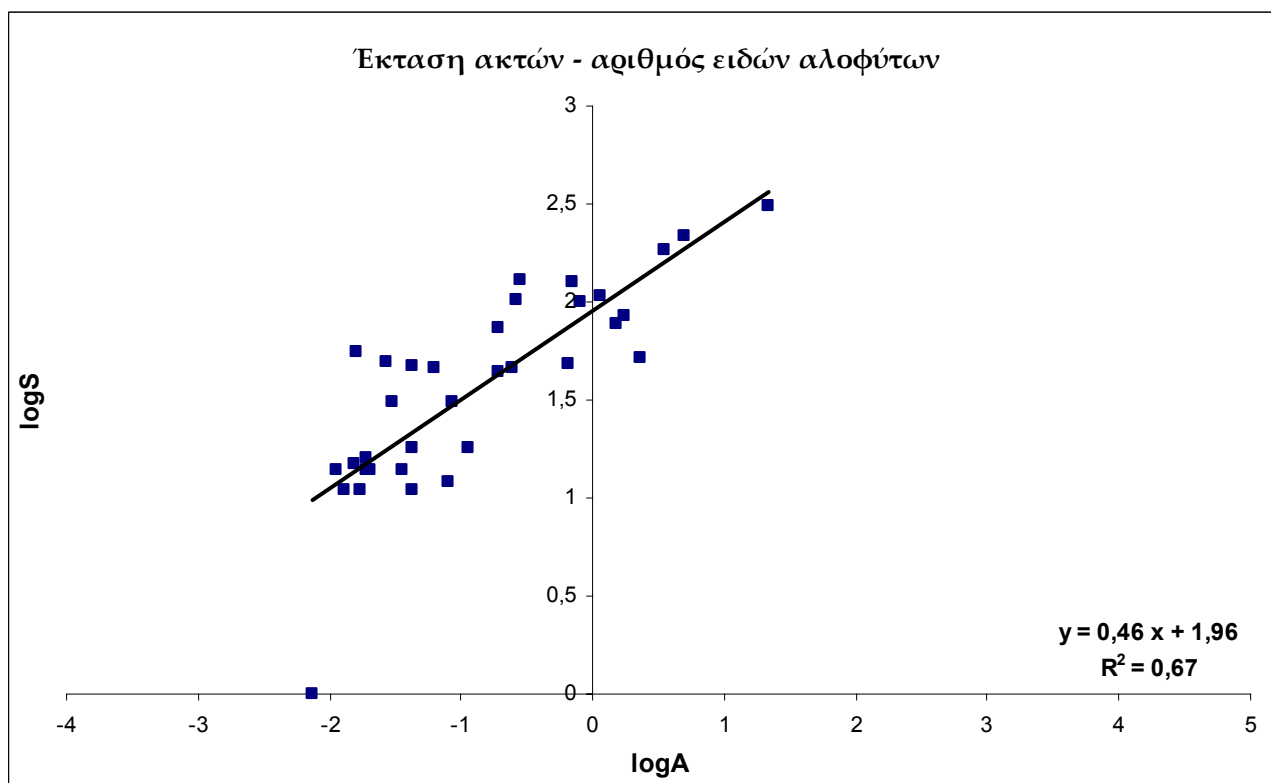


Γράφημα 3.14: Σχέση έκτασης νησιών και αριθμού χασμοφυτικών ειδών. Η αρίθμηση των νησιών αντιστοιχεί σ' αυτήν του Πίνακα 3.2 ($P=0,00$).

Στο Γράφημα 3.13 παρουσιάζεται η σχέση $\log S - \log A$ για τα γνήσια, δηλαδή αποκλειστικά και κυρίως χασμόφυτα, τα μερικώς και ευκαιριακά χασμόφυτα 37 νησιών του Τόξου.



Γράφημα 3.15: Σχέση έκτασης νησιών – αριθμού ειδών αλοφύτων ($P=0,00$).



Γράφημα 3.16: Σχέση έκτασης ζώνης πλάτους 20m από την ακτογραμμή κάθε νησιού – αριθμού ειδών αλοφύτων ($P=0,00$).

Στο Γράφημα 3.15 δίνεται η σχέση έκτασης νησιών – αριθμού ειδών αλοφύτων και στο Γράφημα 3.16 η ίδια σχέση εφαρμόζεται για την επιφάνεια της ζώνης πλάτους 20 m από την ακτογραμμή κάθε νησιού.

3.4.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων εφαρμογής της σχέσης έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών Οικολογικών ομάδων

Στα μικρά νησιά δεν υπάρχουν επιφανειακά νερά, στάσιμα ή ρέοντα. Με την αύξηση της έκτασης αναμένεται να υπάρχουν και περισσότερα ενδιαιτήματα κατάλληλα για την εξάπλωση των υδροχαρών ειδών, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στην ανάλυση για την οικογένεια Ranunculaceae.

Για τα υδροχαρή φυτά είναι δύσκολο να υπολογιστούν έστω και προσεγγιστικά οι επιφάνειες των ενδιαιτημάτων για την εφαρμογή της σχέσης, όπως γίνεται παρακάτω με τα αλόφυτα, όμως καθώς εδώ συμπεριλαμβάνονται όλα τα υδροχαρή είδη με την ευρεία έννοια, θεωρείται ότι πρακτικά η κατανομή τους στην επιφάνεια του νησιού είναι ευρεία, όπως ευρεία είναι και η κατανομή των ενδιαιτημάτων που υποστηρίζουν τα είδη αυτά. Πράγματι, η ευθεία της παλινδρόμησης (Γράφημα 3.12) προσεγγίζει πολύ καλά τα δεδομένα ($R^2=0,96$).

Η κλίση είναι υψηλή, ίση με 0,55, και δείχνει ότι τα νησιά «συμπεριφέρονται» σαν απομονωμένες περιοχές. Είναι η μοναδική ανάλυση έκτασης – αριθμού ειδών στην παρούσα εργασία, όπου το z υπερβαίνει την τιμή 0,50, την οποία οι Rosenzweig (1995) και οι Brown & Lomolino (1998) δίνουν ως κατώτερο όριο για το z μεταξύ βιογεωγραφικών επαρχιών.

Στο Γράφημα 3.14 παρατηρείται ότι και τα 37 νησιά περιλαμβάνουν χασμόφυτα, είτε γνήσια, δηλαδή αποκλειστικά και κυρίως χασμόφυτα, είτε μερικώς και ευκαιριακά χασμόφυτα. Αυτό ήταν αναμενόμενο, αφού σε όλα τα νησιά υπάρχουν βραχώδη ενδιαιτήματα διαθέσιμα στα φυτά που έχουν προσαρμοστεί σε αυτά. Προσμετρώντας τόσο τα στενόοικα χασμόφυτα, όσο και είδη που μεταξύ άλλων ενδιαιτημάτων φύονται και στα γκρεμνά, και λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή των βραχωδών ενδιαιτημάτων που κάνει ο Κυπριωτάκης (1995) από το επίπεδο της θάλασσας, ως «ανοιχτά παραθαλάσσια γκρεμνά» στις βραχώδεις ακτές και τα γκρεμνά των «φαραγγιών που συνήθως καταλήγουν στη θάλασσα», έως τα «ηπειρωτικά φαράγγια», που εκτείνονται σε υψόμετρα μεταξύ 500 και 1.000m, και τα «ανοιχτά ηπειρωτικά γκρεμνά» που απαντώνται μέχρι το μέγιστο υψόμετρο της Κρήτης, μπορεί και εδώ να θεωρηθεί ότι η κατανομή των συγκεκριμένων ειδών στις επιφάνειες των νησιών είναι ευρεία. Επειδή τα χασμόφυτα είναι κοινό χαρακτηριστικό των μεγάλων και των μικρών νησιών, η κλίση της ευθείας $\log A - \log S$ μειώνεται σημαντικά συγκρινόμενη με το πρότυπο της συνολικής χλωρίδας όλων των νησιών.

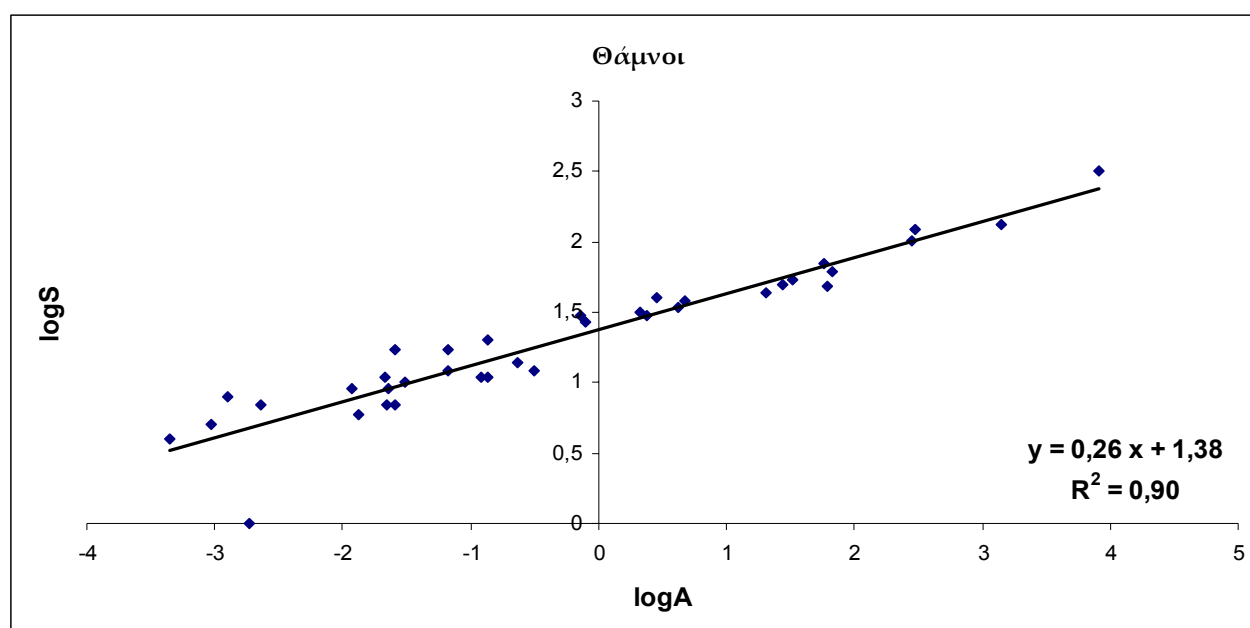
Στο Γράφημα 3.15 δίνεται η σχέση έκτασης νησιών – αριθμού ειδών **αλοφύτων** και στο Γράφημα 3.16 η ίδια σχέση εφαρμόζεται για την επιφάνεια της ζώνης πλάτους 20 m από την ακτογραμμή κάθε νησιού. Και στις δύο περιπτώσεις το R^2 είναι χαμηλό, μάλιστα στη δεύτερη μειώνεται κατάτι σε σχέση με την πρώτη.

Παρατηρείται όμως σημαντική αύξηση στην κλίση της ευθείας από 0,26 σε 0,46. Αυτό είναι αναμενόμενο, αφού με την αύξηση της επιφάνειας της παράκτιας ζώνης αυξάνεται και ο αριθμός των αλοφύτων, κάτι που γίνεται με πολύ μικρότερο ρυθμό, εάν αυξάνεται συνολικά η έκταση του νησιού (ακτήs και ενδοχώρας). Όπως είχε παρατηρηθεί παραπάνω, η κλίση των ευθειών για τις οικογένειες των αλοφυτικών ειδών *Chenopodiaceae* και *Plumbaginaceae* ήταν πολύ μικρή, εφόσον η εξίσωση εφαρμόστηκε για τη συνολική επιφάνεια των νησιών.

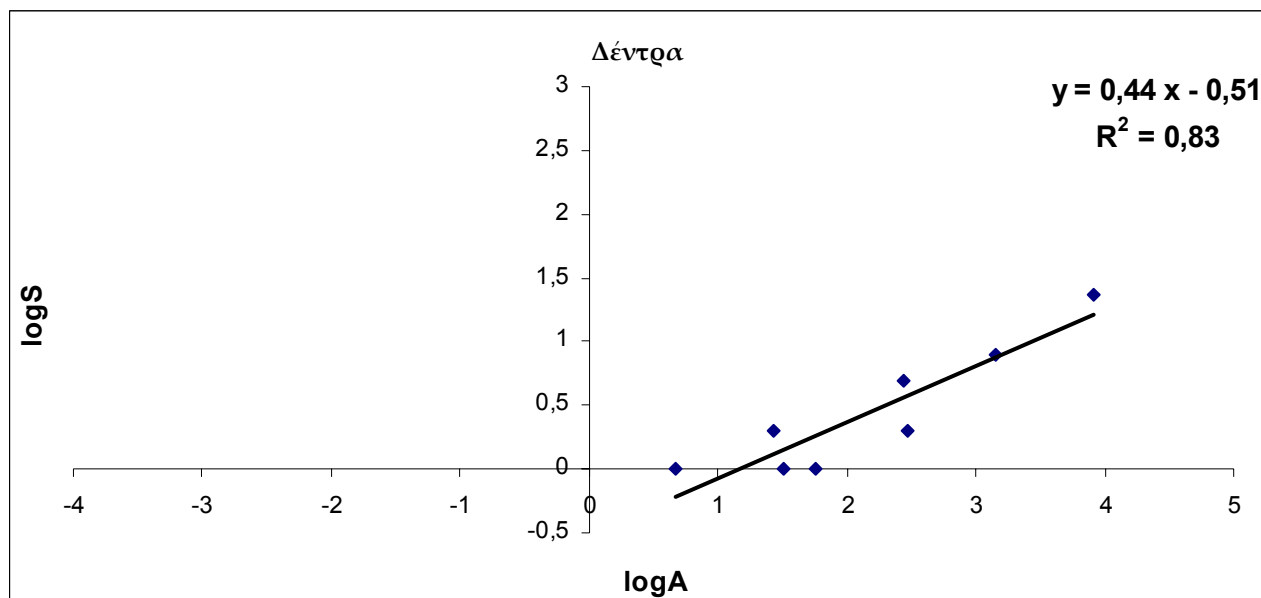
Το c αυξάνεται επίσης από 34,87 σε 91,29. Οι δύο ευθείες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, σύμφωνα με το t -test, τόσο για το z , όσο και για το c ($P < 0,01$ σε στάθμη σημαντικότητας 99%).

3.5 Αποτελέσματα από την εφαρμογή της σχέσης έκτασης - αριθμού ξυλωδών ειδών

Όλα τα μελετούμενα νησιά έχουν θαμνώδη είδη και μάλιστα αυτά αποτελούν την πιο αντιπροσωπευτική βιομορφή της δομής της βλάστησής τους. Η σχέση έκτασης νησιών – αριθμού θαμνωδών ειδών εφαρμόζεται στο Γράφημα 3.17, όπου παρατηρείται πολύ υψηλό R^2 . Η κλίση της ευθείας είναι 0,26 περίπου και δε διαφοροποιείται από το διάστημα τιμών στο οποίο βρίσκεται η αντίστοιχη τιμή του γενικού προτύπου του Γραφήματος 3.1, ενώ το c ισούται με 24 περίπου.

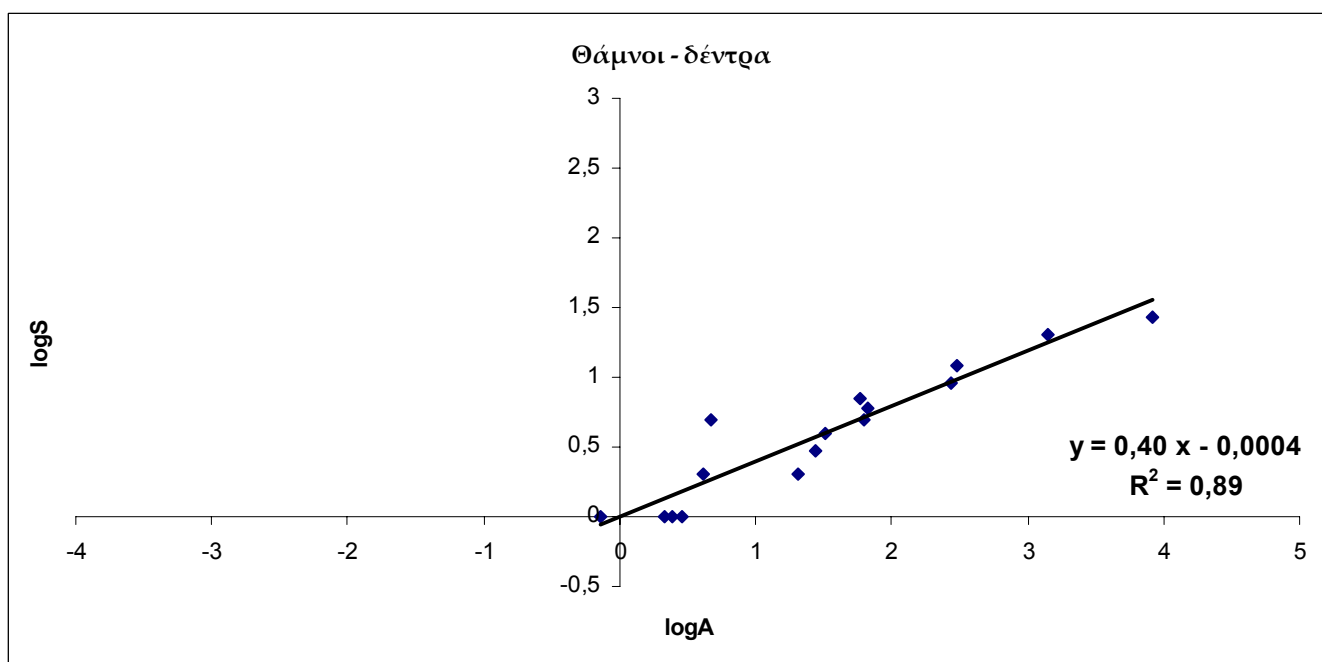


Γράφημα 3.17: Σχέση έκτασης νησιών – αριθμού θαμνωδών ειδών ($P = 0,00$).



Γράφημα 3.17: Σχέση έκτασης νησιών – αριθμού δενδρωδών ειδών. Κατά σειρά έκτασης από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο, τα νησιά είναι: Χρυσή, Χάλκη, Γαύδος, Σύμη, Κύθηρα, Κάρπαθος, Ρόδος, Κρήτη ($P=0,00015 < 0,01$).

Μόνο 8 μεγάλα νησιά, η Χρυσή, η Χάλκη, η Γαύδος, η Σύμη, τα Κύθηρα, η Κάρπαθος, η Ρόδος και η Κρήτη έχουν (αυτοφυή) δενδρώδη είδη. Με $R^2=0,83$, η κλίση της ευθείας είναι υψηλή, περίπου 0,44 και το c περίπου 0,31. Με την εξαίρεση της Κρήτης, η εξίσωση της ευθείας γίνεται $y = 0,3665x - 0,3897$, με $R^2=0,6907$.



Γράφημα 3.18: Σχέση έκτασης νησιών – αριθμού ειδών που υπάρχουν σε θαμνώδη ή δενδρώδη μορφή ($P=0,00$).

3.5.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή της σχέσης έκτασης - αριθμού ξυλωδών ειδών

Για την ευθεία έκτασης – αριθμού ειδών που απαντώνται τόσο σε θαμνώδη, όσο και σε δενδρώδη μορφή, η κλίση είναι 0,40 περίπου και το c ισούται περίπου με 1, με $R^2 = 0,89$. Τέτοια είδη υπάρχουν σε ένα μικρό νησί και στο σύνολο των μεγάλων.

Παρατηρείται δηλαδή μεγάλη κλίση των ευθειών για τα δέντρα και τους θάμνους – εν δυνάμει δέντρα, μεγαλύτερη και από αυτή του γενικού προτύπου έκτασης – αριθμού ειδών του Γραφήματος 3.1. Αναμφίβολα στις δύο αυτές περιπτώσεις η αυξημένη κλίση δεν μπορεί να αποδοθεί στην ύπαρξη των μικρών νησιών, αφού, όπως αναμενόταν, σχεδόν κανένα τέτοιο είδος δεν υπάρχει σε νησί εκτάσεως μικρότερης του 1 km². Παράλληλα, στην περίπτωση των θάμνων, η ευθεία προσαρμόζεται απολύτως ικανοποιητικά στα δεδομένα ακόμα και στην περίπτωση των μικρών νησιών. Η αυξημένη κλίση των ευθειών για τα δέντρα και τους θάμνους – δέντρα μπορεί να σημαίνει απλώς ότι με την αύξηση της έκτασης αυξάνεται με γρηγορότερο ρυθμό ο αριθμός των ειδών δέντρων. Αντιθέτως, τα περισσότερα νησιά έχουν πολλά είδη θάμνων κοινά μεταξύ τους. Όσον αφορά το ρόλο της ικανότητας διασποράς των ειδών στη διαμόρφωση της τιμής του z , θα μπορούσε να εξεταστεί από δύο οπτικές γωνίες: από τη μία πλευρά θα περιμέναμε χαμηλότερες κλίσεις για τις ευθείες έκτασης – αριθμού ειδών δέντρων και έκτασης – αριθμού ειδών δέντρων – θάμνων, διότι τα περισσότερα από τα είδη αυτά, τα οποία αυτοφύονται στην περιοχή μελέτης και είναι σίγουρο ότι δεν έχουν εισαχθεί από τον άνθρωπο, δεν εποίκισαν τα νησιά διασπείροντας «εύκολα» τα σπέρματά τους μέσω του ανέμου ή μέσω του νερού της θάλασσας, αλλά είναι είδη υπολειμματικά, που προϋπήρχαν της «νησιωτοποίησης» και της απομόνωσης. Από την άλλη πλευρά, ακριβώς λόγω του ίδιου γεγονότος, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η συσχέτιση των δύο παραγόντων δεν έχει νόημα.

Οι Nilsson *et al.* (1988) εφαρμόζουν τη σχέση έκτασης – αριθμού ξυλωδών ειδών φυτών για 17 νησιά της λίμνης Μέλερεν στη Σουηδία και βρίσκουν χαμηλή κλίση της ευθείας παλινδρόμησης, ίση με 0,1 και πολύ καλή προσαρμογή της στα δεδομένα, δίνοντας όμως μόνο μια ερμηνεία της τιμής αυτής σε σύγκριση με τον αριθμό των ειδών ξυλωδών φυτών και τον αριθμό ειδών των άλλων δύο ταξονομικών ομάδων που μελετούν, δηλαδή των σκαθαριών Carabidae και των χερσαίων μαλακίων.

3.6 Αποτελέσματα και συζήτηση για τη σταθερά c

Στον Πίνακα 3.5 δίνονται συγκεντρωτικά οι τιμές της κλίσης z, της σταθεράς c και του R² για τις 27 εφαρμογές της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών της παρούσας εργασίας.

Αρχικά παρατηρούμε ότι οι τιμές του c κυμαίνονται σε διαφορετικά διαστήματα όταν αναφερόμαστε στο σύνολο της χλωρίδας και στις ομάδες των νησιών και σε διαφορετικά διαστήματα όταν αναφερόμαστε σε συγκεκριμένες οικογένειες, οικολογικές ομάδες και βιομορφές.

Εφαρμόζοντας απλή παλινδρόμηση ανάμεσα στις τιμές του z και του c για τις ομάδες των νησιών, παρατηρούμε ότι με την αύξηση του z το c μειώνεται. (Ο Gould (1979) και ο Rosenzweig (1995) έχουν προτείνει ότι το c εξαρτάται από την τιμή του z). Το R² της ευθείας αυτής είναι 0,45, αλλά είναι P < 0,05, που δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση ανάμεσα στις παραμέτρους z και c σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Δεν ισχύει όμως το ίδιο στη συσχέτιση του z με το c για τις οικογένειες, τις οικολογικές ομάδες και τις βιομορφές. Πρέπει όμως να λάβουμε υπόψη ότι τα δεδομένα για τις οικολογικές ομάδες και τις βιομορφές είναι λίγα για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Σύμφωνα με το t-test δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις σταθερές των ευθειών του συνόλου των νησιών και της χλωρίδας με τις ομάδες της Κρήτης, της Καρπάθου, της Ρόδου, της Κρήτης - Καρπάθου και της Καρπάθου – Ρόδου σε επίπεδο σημαντικότητας 90% (P ≥ 0,10). Αντιθέτως, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις σταθερές των ευθειών του συνόλου των νησιών και της χλωρίδας με τις ομάδες της Καρπάθου και των δορυφορικών νησίδων της σε επίπεδο σημαντικότητας 90% (P < 0,10) και της Κάσου σε επίπεδο σημαντικότητας 95% (P < 0,05).

Η απλή παλινδρόμηση ανάμεσα στα z και c του συνόλου των νησιών και των φυτικών ειδών και των ομάδων νησιών των οποίων οι ευθείες logA – logS δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τη σταθερά c, δείχνει ότι με την αύξηση του z το c μειώνεται με R² = 0,79 και P < 0,05, που δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση ανάμεσα στις παραμέτρους z και c σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

Η ευθεία των μεγάλων νησιών και η ευθεία των μικρών νησιών δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το c σε επίπεδο σημαντικότητας 90% (P ≥ 0,10). Το c είναι μεγαλύτερο για τα μεγάλα νησιά.

Οι τιμές του c για τις ομάδες των νησιών δεν μπορούν να συσχετιστούν άμεσα με την απομόνωση των νησιών και τη σημερινή απόστασή τους από τις ηπειρωτικές περιοχές.

Όπως αναφέραμε στην εισαγωγή, ένα από τα λάθη στη χρησιμοποίηση του c είναι ότι μερικοί θεωρούν δεδομένο ότι αυτό, ως τιμή του S για A=1 και logA=0, πρέπει να αντιπροσωπεύει τον αριθμό των ειδών στη μονάδα της έκτασης. Όμως, η τιμή του c στις αναλύσεις για τις ομάδες των νησιών δεν μπορεί να αντιπροσωπεύει τον αναμενόμενο αριθμό των ειδών στη μονάδα της έκτασης, ιδιαίτερα για τα μικρά νησιά.

Πιο «ρεαλιστικές» ως προς τον αναμενόμενο αριθμό ειδών στη μονάδα της έκτασης φαίνεται να γίνονται οι τιμές του c καθώς από τη γενικότητα του συνόλου της χλωρίδας περνάμε στην ανάλυση των οικογενειών, των οικολογικών ομάδων και των βιομορφών.

Χαρακτηριστικό επίσης είναι ότι οι οικογένειες με τα περισσότερα είδη στο Τόξο (Πίνακας 3.4), δηλαδή οι Asteraceae, Poaceae, Fabaceae και Caryophyllaceae δίνουν και υψηλότερες τιμές c στην ευθεία $\log A - \log S$. Καθώς ο αριθμός των ειδών στην οικογένεια αυξάνεται, αυξάνεται και η τιμή του c γραμμικά (εφαρμόζοντας απλή παλινδρόμηση) με $R^2 = 0,92$ και $P < 0,01$, που δείχνει στατιστικά σημαντική σχέση ανάμεσα στις παραμέτρους «συνολικός αριθμός ειδών της οικογένειας στα νησιά του Τόξου» και «τιμή του c ».

	z	c	R²
Ομάδες νησιών			
48 νησιά (σύνολο)	0,34	117	0,83
Ομάδα Κρήτης	0,26	162	0,88
Κάρπαθος & μικρονήσια	0,33	170	0,85
Κάσος & μικρονήσια	0,38	89	0,72
Ομάδα Καρπάθου	0,38	89	0,82
Ομάδα Ρόδου	0,31	110	0,89
Ομάδες Κρήτης & Καρπάθου	0,30	158	0,89
Ομάδες Καρπάθου & Ρόδου	0,34	107	0,80
Μικρά νησιά	0,38	138	0,50
Μεγάλα νησιά	0,27	155	0,90
Οικογένειες			
Chenopodiaceae	0,13	4	0,57
Plumbaginaceae	0,15	2	0,60
Cistaceae	0,21	2	0,76
Euphorbiaceae	0,25	3	0,86
Boraginaceae	0,29	3	0,84
Asteraceae	0,30	17	0,80
Ranunculaceae	0,33	2	0,69
Caryophyllaceae	0,33	5	0,88
Poaceae	0,34	11	0,83
Fabaceae	0,38	10	0,83
Οικολογικές ομάδες			
Υδροχαρή	0,55	1	0,96
Χασμόφυτα	0,27	45	0,59
Αλόφυτα στα νησιά	0,26	35	0,68
Αλόφυτα στις ακτές των νησιών	0,46	91	0,67
Βιομορφές ξυλωδών			
Θάμνοι	0,26	24	0,90
Δέντρα	0,44	0,31	0,83
Θάμνοι - δέντρα	0,40	1	0,89

Πίνακας 3.5: Για τις 27 εφαρμογές της σχέσης έκτασης – αριθμού ειδών δίνονται συγκεντρωτικά οι τιμές της κλίσης z , της σταθεράς c και του R^2 . Για τη διευκόλυνση της σύγκρισης, οι τιμές του c έχουν στρογγυλοποιηθεί στο ακέραιο μέρος τους.

3.7 Αποτελέσματα ορισμού ενδιαιτημάτων των φυτών

3.7.1 Ορισμός ενδιαιτημάτων φυτών της Κρήτης

Τα ενδιαιτήματα που προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τον πίνακα της Κρήτης που περιέχεται στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων για καθεμιά από τις ζώνες βλάστησης του νησιού παρατίθενται παρακάτω. Τονίζεται ότι ο προσδιορισμός των ενδιαιτημάτων γίνεται με βάση συγκεκριμένες συνθήκες και χαρακτηριστικά του αβιοτικού περιβάλλοντος, τα οποία συνθέτουν τους «φυσικούς υποδοχείς» των φυτών. Ο χαρακτηρισμός μιας φυτοκοινωνίας ή διάπλασης ως ενδιαίτημα αναφέρεται μόνο στα είδη εκείνα των φυτών που απαιτούν τους συγκεκριμένους αβιοτικούς παράγοντες, αλλά σε συνδυασμό με την ύπαρξη των φυτικών ειδών της εκάστοτε διάπλασης, από τα οποία εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα.

Από την υποδιαίρεση των βασικών ενδιαιτημάτων σε πιο εξειδικευμένες υποκατηγορίες φαίνεται ότι είναι δυνατή η λεπτομερέστερη ανάλυση, αναλόγως με τα κριτήρια που θέτει καθένας.

Θερμομεσογειακή ζώνη βλάστησης: 0-300m

Ενδιαιτήματα:

1. Βραχώδη

- α) ανοιχτά γκρεμνά ακτών
 - i) σχισμές ασβεστολιθικών βράχων
 - ii) κροκαλοπαγή
 - iii) κορυφές βράχων
- β) γκρεμνά φαραγγιών (σχισμές βράχων)
- γ) σχισμές μεμονωμένων βράχων
- δ) είσοδοι σπηλαίων
- ε) ανοιχτά βραχώδη εδάφη

2. Αμμώδη

- α) αμμώδεις ακτές
- β) αμμόλοφοι (αμμοθίνες)
- γ) αμμώδη εδάφη σε κοίτες και εκβολές χειμάρρων / ποταμών
- δ) αμμώδη εδάφη επηρεαζόμενα από το αλάτι
- ε) αμμώδη εδάφη στην ενδοχώρα
 - i) ξηρά
 - ii) εναλλασσόμενα υγρά

3. Πετρώδη

- α) χαλικώδεις / πετρώδεις ακτές
- β) πετρώδη εδάφη στην ενδοχώρα
- γ) σάρες

4. Υγρές θέσεις

- α) όχθες ποταμών
- β) αλμυρά έλη

5. Υποόροφος δασών κωνοφόρων

- α) τραχείας πεύκης: κυρίως σε ασβεστολιθικά εδάφη από το επίπεδο της θάλασσας
- β) κυπαρισσιού

6. Κενός χώρος ανάμεσα στους θάμνους των φρυγάνων

- α) αλοξηρόφιλων φρυγάνων σε αμμώδη εδάφη επηρεαζόμενων από το αλάτι (πλησίον των ακτών)
- β) φρυγάνων σε βραχώδη εδάφη
- γ) φρυγάνων σε πετρώδη εδάφη

7. Παρόχθια δάση και στοές

Μεσομεσογειακή ζώνη βλάστησης: 200-900m

Ενδιαιτήματα:

1. Βραχώδη

- α) γκρεμνά φαραγγιών
 - i) σχισμές βράχων
 - σκιερές (καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας)
 - ✓ υγρές: με ρέων ή σταλάζων ύδωρ
 - ✓ δροσερές
 - ✓ ευήλιες
 - με βόρεια έκθεση
 - με νότια έκθεση
 - ii) βάσεις βράχων
- β) σχισμές μεμονωμένων βράχων
 - σκιερές (καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας)
 - ✓ υγρές: με ρέων ή σταλάζων ύδωρ
 - ✓ δροσερές
 - ✓ ευήλιες
 - με βόρεια έκθεση
 - με νότια έκθεση
- γ) είσοδοι σπηλαίων
- δ) κορυφές βράχων
- ε) βάσεις βράχων
- στ) ανοιχτά βραχώδη εδάφη

2. Αμμώδη

σε κοίτες ποταμών

3. Πετρώδη

- α) πετρώδη εδάφη
- β) χαλικώδη εδάφη
 - i) σε κοίτες ποταμών
 - ii) σε άλλες θέσεις
- γ) σάρες

4. Υγρές θέσεις:

- α) όχθες ρυακίων/ χειμάρρων / ποταμών
- β) πηγές

γ) έλη

5. Πηλώδεις επιφάνειες:

α) ξηρές

β) υγρές κατά το χειμώνα

6. Υπόροφος δασών

α) κωνοφόρων

i) τραχείας πεύκης: κυρίως σε ασβεστολιθικά εδάφη

ii) κυπαρισσιού

β) καστανιάς

γ) δρυός (φυλλοβόλων)

7. Κενός χώρος ανάμεσα στους θάμνους των φουγάνων

α) σε βραχώδη εδάφη

β) σε πετρώδη εδάφη

8. Υπόροφος / κενός χώρος σε θαμνώνες με ύψος θάμνων μέχρι 5 m (αείφυλλα σκληρόφυλλα): σε όλους τους τύπους εδαφών

α) βραχώδη εδάφη

β) πετρώδη εδάφη

Υπερμεσογειακή ζώνη βλάστησης: 800-1.500m

Ενδιαιτήματα:

1. Βραχώδη

α) ανοιχτά γκρεμνά

i) σχισμές βράχων

- σκιερές (καθ' όλη τη διάρκεια στους ημέρας)

✓ υγρές: με ρέων ή σταλάζων ύδωρ

✓ δροσερές

✓ ευήλιες

- με βόρεια έκθεση

- με νότια έκθεση

ii) βάσεις βράχων

β) είσοδοι σπηλαίων

γ) κορυφές βράχων

δ) ανοιχτά βραχώδη εδάφη

2. Πετρώδη

α) πετρώδη εδάφη

β) χαλικώδη εδάφη

γ) σάρες

3. Υγρές θέσεις:

α) όχθες ρυακιών

β) πηγές

4. Πηλώδεις επιφάνειες:

- α) ξηρές
- β) υγρές κατά το χειμώνα

5. Δολίνες

- α) υγρές
- β) ξηρές
- γ) με ανοιχτό χαλικώδες έδαφος
- δ) με ανοιχτό πηλώδες έδαφος

6. Υπόροφος δασών

- α) κυπαρισσιού
- β) πουρναριού
- δ) σφενδάμου

7. Κενός χώρος ανάμεσα στους θάμνους των οροφρουγάνων

- α) σε βραχώδη εδάφη
- β) σε πετρώδη εδάφη

8. Εδάφη που καλύπτονται από χιόνι

Ορομεσογειακή ζώνη βλάστησης: 1.300 – 1.700m
και υψομεσογειακή (υπαλπική) ζώνη βλάστησης: 1.500 – 2.450 m

Ενδιαιτήματα:

1. Βραχώδη

- α) ανοιχτά γκρεμνά
 - i) σχισμές βράχων
 - σκιερές (καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας)
 - ✓ υγρές: με ρέων ή σταλάζων ύδωρ
 - ✓ δροσερές
 - ✓ ευήλιες
 - με βόρεια έκθεση
 - με νότια έκθεση
 - ii) βάσεις βράχων
- γ) είσοδοι σπηλαίων
- δ) κορυφές βράχων
- ε) ανοιχτά βραχώδη εδάφη

2. Πετρώδη

- α) πετρώδη εδάφη
- β) χαλικώδη εδάφη
- γ) σάρες

3. Υγρές θέσεις:

- α) όχθες ρυακιών
- β) πηγές

4. Πηλώδη βυθίσματα καρστ

5. Δολίνες

- α) υγρές
- β) ξηρές
- γ) με ανοιχτό χαλικώδες έδαφος
- δ) με ανοιχτό πηλώδες έδαφος

6. Κενός χώρος ανάμεσα στους θάμνους των οροφρυγάνων

7. Κενός χώρος ανάμεσα στους θάμνους των υπαλτικών θαμνώνων (με μαξιλαρόμορφους αγκαθωτούς θάμνους)

- α) σε βραχώδη εδάφη
- β) σε πετρώδη εδάφη

8. Εδάφη που καλύπτονται από χιόνι

9. Ανοιχτά εδάφη στα μεγαλύτερα υψόμετρα

«Ειδικά ενδιαίτηματα»

1. Επίφυτα σε άλλα είδη φυτών

2. Υπό την προστασία αγκαθωτών θάμνων των φρυγάνων

3. Πάνω σε μυρμηγκοφωλιές

Ανθρωπογενή ενδιαίτηματα και διαταραγμένες θέσεις

1. Καλλιεργούμενα εδάφη με:

- α) Ελαιώνες
- β) Αμπέλια
- γ) Οπωροφόρα δέντρα
- δ) Λαχανικά
- ε) Δημητριακά

2. Όρια καλλιεργειών / φράχτες

3. Κανάλια άρδευσης καλλιεργειών

4. Δρόμοι

- α) κράσπεδα
- β) πρανή

5. Ξηρολιθοδομές, τείχη, τοίχοι σπιτιών και ερειπίων

6. Πρωτογενείς θέσεις (π.χ. όπου αποτίθενται οικοδομικά υλικά και υλικά εκσκαφής)

3.7.2 Συζήτηση των αποτελεσμάτων του ορισμού των ενδιαιτημάτων της Κρήτης

Με το παραπάνω σκεπτικό, ο αριθμός των βασικών κατηγοριών ενδιαιτημάτων για όλη την Κρήτη, ανεξάρτητα από το υψόμετρο, είναι 24:

1. Βραχώδη
2. Αμμώδη
3. Πετρώδη
4. Υγρές θέσεις
5. Παρόχθια δάση και στοές
6. Πηλώδεις επιφάνειες
7. Δολίνες
8. Πηλώδη βυθίσματα καρστ
9. Εδάφη που καλύπτονται από χιόνι
10. Υποόροφος δασών
11. Κενός χώρος ανάμεσα στους θάμνους των φρυγάνων
12. Υποόροφος / κενός χώρος σε θαμνώνες με ύψος θάμνων μέχρι 5 m (αείφυλλα σκληρόφυλλα): σε όλους τους τύπους εδαφών
13. Κενός χώρος ανάμεσα στους θάμνους των οροφρυγάνων
14. Κενός χώρος ανάμεσα στους θάμνους των υπαλπικών θαμνώνων
15. Ανοιχτά εδάφη στα μεγαλύτερα υψόμετρα
16. Επίφυτα σε άλλα είδη φυτών
17. Υπό την προστασία αγκαθωτών θάμνων των φρυγάνων
18. Πάνω σε μυρμηγκοφωλιές
19. Καλλιεργούμενα εδάφη
20. Όρια καλλιεργειών / φράχτες
21. Κανάλια άρδευσης
22. Δρόμοι
23. Ξηρολιθοδομές, τείχη, τοίχοι σπιτιών και ερειπίων
24. Πρωτογενείς θέσεις (π.χ. όπου αποτίθενται οικοδομικά υλικά και υλικά εκσκαφής)

Όμως, οι υποδιαίρεσεις αυτών των κατηγοριών, όπως παρουσιάζονται παραπάνω δείχνουν την τεράστια απώλεια πληροφορίας που θα προκαλούσε η υιοθέτηση του καταλόγου αυτού. Ο αριθμός τους ανέρχεται σε 61 (αυτές που υπάρχουν σε περισσότερες από μία ζώνες βλάστησης έχουν προσμετρηθεί μόνο μία φορά, ενώ στον αριθμό αυτό έχουν συμπεριληφθεί και οι κύριες κατηγορίες που δεν έχουν καμία υποδιαίρεση).

Μέσα σε αυτές τις υποδιαίρεσεις μπορούν να διακριθούν άλλες 15 μικρότερες ομάδες, που επίσης είναι σαφώς διακριτά ενδιαιτήματα για τα είδη που υποστηρίζουν.

Η δυσκολία στον ορισμό των ενδιαιτημάτων έγκειται λοιπόν στο γεγονός ότι μπορεί να ληφθεί υπόψη ως κριτήριο ένα πλήθος φυσικών παραγόντων, ώστε πρακτικά είναι δυνατή η εξειδίκευση της περιγραφής των ενδιαιτημάτων ενός φυτικού είδους ή μιας ομάδας φυτικών ειδών στο επίπεδο που επιδιώκει ο ερευνητής.

3.8 Αποτελέσματα από την εφαρμογή του προτύπου «χώρος» (choros model) για 7 νησιά

Αρκετά σαφής και διακριτός ορισμός των ενδιαιτημάτων κατέστη δυνατός για πέντε δορυφορικά νησιά της Κρήτης και 2 Κασονήσια, για τα οποία εφαρμόστηκε το πρότυπο «Χώρος» και συγκρίθηκε με τη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών φυτών για τα συγκεκριμένα νησιά. Τα δεδομένα συνοψίζονται στον Πίνακα 3.6 και η εφαρμογή του προτύπου παρουσιάζεται στο Γράφημα 3.19.

Τα ενδιαιτήματα κάθε νησιού είναι:

Αρμάθια:

1. Απόκρημνες ακτές εκτεθειμένες στη θραύση των κυμάτων
2. Αμμώδης ακτή προστατευμένη από τους ανέμους (νότιο τμήμα νησιού)
3. Αμμόλοφοι (ακτή)
4. Βραχώδη εδάφη (καρστικοποιημένα ασβεστολιθικά)
5. Λίμνη με υφάλμυρο νερό (δολινοειδής σχηματισμός)
6. Εγκαταλελειμμένες καλλιέργειες (αναβαθμίδες)
7. Ερείπια, τείχη (εγκαταλελειμμένος οικισμός)

Μακρονήσι:

1. Απόκρημνες ακτές εκτεθειμένες στη θραύση των κυμάτων
2. Αμμώδης ακτή προστατευμένη από τους ανέμους (νότιο τμήμα νησιού)
3. Λεπτόκοκκα σαθρά αμμώδη αργιλικά εδάφη
4. Εγκαταλελειμμένες καλλιέργειες

Χρυσή:

1. Αμμώδεις ακτές
2. Αμμόλοφοι (ακτές)
3. Βράχοι ακτών
4. Αλμυρά έλη
5. Ανοιχτό πετρώδες έδαφος
6. Αμμώδες έδαφος στην ενδοχώρα (κιτρινωπή χονδρόκοκκη άμμος στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του νησιού)

Μικρονήσι (Χρυσής):

1. Βράχοι ακτών
2. Βραχώδες έδαφος

Γαύδος:

1. Βραχώδεις ακτές
2. Αμμώδεις ακτές
3. Αλμυρά έλη (ακτές)
4. Αμμώδη εδάφη στην ενδοχώρα
5. Αλατούχα εδάφη σε μικρές αλλουβιακές αποθέσεις σε εξόδους ρεμάτων (χειμάρρων) (σε διάφορα σημεία του νησιού)
6. Υγρές και σκιερές σχισμές βράχων
7. Ρέματα
8. Θαμνώνες
9. Πευκώνες

10. Εγκαταστάσεις ανθρώπων (οικισμοί, δρόμοι)
11. Καλλιέργειες

Ήμερη Γραμβούσα:

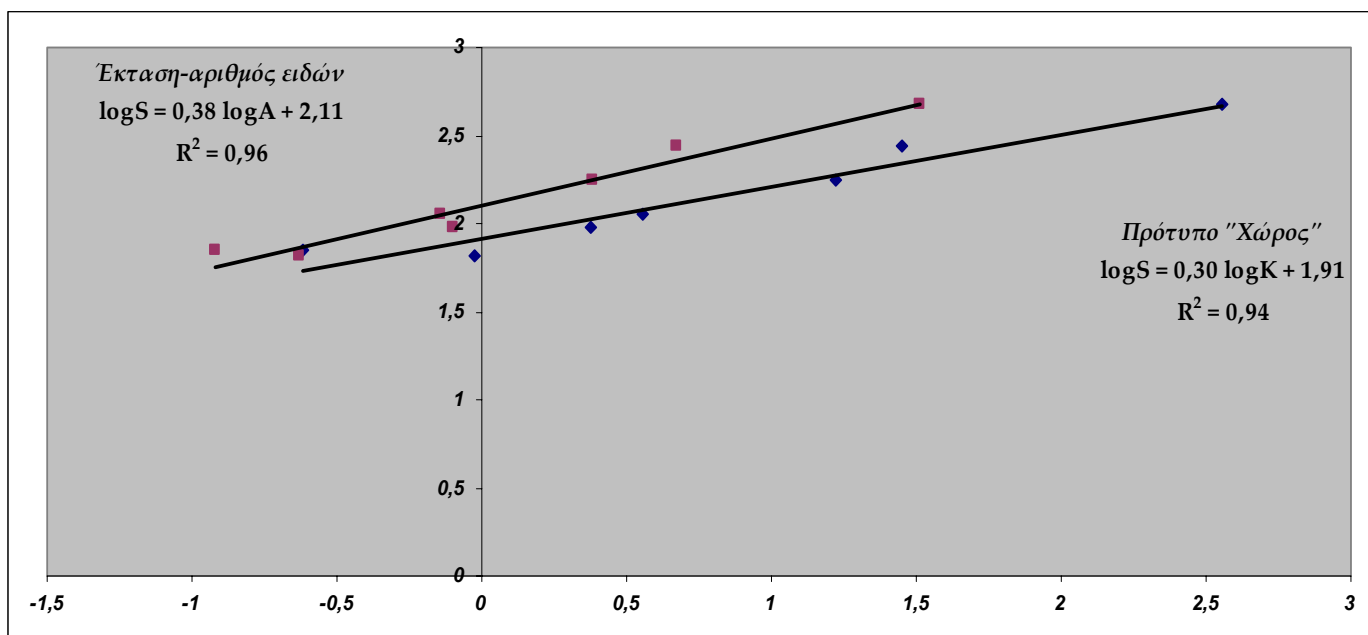
1. Βραχώδεις ακτές
2. Αμμώδεις ακτές
3. Πετρώδες έδαφος
4. Σχισμές βράχων
5. Φρύγανα

Άγρια Γραμβούσα:

1. Βραχώδεις ακτές
2. Βραχώδη εδάφη
3. Φρύγανα

Νησί	A	S	H	K=H*A	logA	logS	logK
Χρυσή	4,73	275	6	28,37	0,67	2,44	1,45
Μικρονήσι	0,12	70	2	0,24	-0,92	1,85	-0,62
Αρμάθια	2,40	175	7	16,78	0,38	2,24	1,22
Μακρονήσι	0,24	65	4	0,95	-0,63	1,81	-0,02
Γαύδος	32,72	471	11	359,91	1,51	2,67	2,56
Ήμερη Γραμβούσα	0,72	112	5	3,60	-0,14	2,05	0,56
Άγρια Γραμβούσα	0,80	94	3	2,40	-0,10	1,97	0,38

Πίνακας 3.6: Υπολογισμός της παραμέτρου K για τα επτά νησιά. A: η έκταση των νησιών σε km², S: ο αριθμός των ειδών φυτών, και H: ο αριθμός των ενδιαιτημάτων των φυτών.



Γράφημα 3.19: Σχέση έκτασης – αριθμού ειδών φυτών νησιά και εφαρμογή του προτύπου «Χώρος» για τα επτά νησιά. Κατά σειρά έκτασης, αρχίζοντας από το μικρότερο, είναι: Μικρονήσι, Μακρό, Ήμερη Γραμβούσα, Άγρια Γραμβούσα, Αρμάθια, Χρυσή και Γαύδος.

3.8.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του προτύπου «χώρος» (choros model) για 7 νησιά

Στο Γράφημα 3.19, ανάμεσα στη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών και στο πρότυπο «Χώρος», παρατηρούνται:

1) Μείωση (κατά 0,02) της τιμής του R^2 από 0,96 σε 0,94. Για τη σύγκριση των δυο εξισώσεων ως μέτρο καλύτερης προσαρμογής και περιγραφής των δεδομένων, θεωρούνται οι τιμές του R^2 . Με δεδομένο ότι και τα δύο μοντέλα έχουν την ίδια μορφή και φέρουν και τον ίδιο αριθμό παραμέτρων, οι τιμές του R^2 είναι άμεσα συγκρινόμενες χωρίς να απαιτείται καμία διαδικασία προσαρμογής των δεδομένων (Kvalseth 1985, Loehle 1990).

2) Μείωση της κλίσης της ευθείας παλινδρόμησης από 0,38 σε 0,30.

3) Μείωση της τιμής της σταθεράς c από 128 περίπου σε 82 περίπου.

Σύμφωνα με το t -test, με $P \geq 0,10$ δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις κλίσεις των δύο ευθειών, ενώ υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις σταθερές c , με $P \leq 0,01$.

Η μείωση της τιμής του R^2 σημαίνει ότι η παράμετρος K , που στη λογαριθμική της μορφή αντιπροσωπεύει το άθροισμα του λογαρίθμου της έκτασης και του λογαρίθμου του αριθμού των ενδιαιτημάτων, ερμηνεύει λιγότερη από τη μεταβλητότητα που παρατηρείται στις τιμές του S . Η σχέση $\log A - \log S$ προσαρμόζεται επομένως καλύτερα στα δεδομένα απ' ό,τι το πρότυπο «Χώρος».

Ο Rosenzweig (1995) καταγράφει δύο περιπτώσεις από τη βιβλιογραφία, όπου η ποικιλότητα των ενδιαιτημάτων δεν έχει καμία σημασία για τη διαμόρφωση του αριθμού των φυτικών ειδών. Από την εργασία των Rydin & Borgegaard (1988) για τα φυτά των νησιών της λίμνης Χιάλμαρεν στη Σουηδία εξάγεται το συμπέρασμα ότι εφόσον ένα νησί έχει δύο ή περισσότερα ενδιαιτήματα, μπορεί να έχει οποιονδήποτε αριθμό φυτικών ειδών από τα είδη που υπάρχουν συνολικά στα νησιά αυτά. Τα νησιά με ένα ενδιαιτήμα έχουν πράγματι λίγα είδη, όμως τα νησιά αυτά έχουν και τη μικρότερη έκταση. Αφού η έκταση ερμηνεύει ικανοποιητικά τα αποτελέσματα, δεν υπάρχει λόγος να εισαχθεί μία δεύτερη παράμετρος, όπως είναι η ποικιλότητα των ενδιαιτημάτων. Στην εργασία των Nilsson *et al.* (1988) για τα φυτά και άλλα τάξα των νησιών της λίμνης Μέλερεν στη Σουηδία, η έκταση συσχετίζεται σημαντικά με τον αριθμό των φυτικών ειδών, ενώ η ποικιλότητα των ενδιαιτημάτων όχι.

3.9 Αποτελέσματα της ανάλυσης μονοπατιού για τα 7 νησιά

Η πολλαπλή παλινδρόμηση μεταξύ του αριθμού των ειδών της έκτασης και των ενδιαιτημάτων των 7 νησιών του Πίνακα 3.6 είναι:

$$S = 14,3105 + 6,34795 * A + 23,605 * H , \text{ με } R^2 = 0,91 \text{ και } P < 0,01 \quad (1)$$

η απλή παλινδρόμηση μεταξύ των ενδιαιτημάτων και της έκτασης, είναι:

$$H = 4,1279 + 0,2182 * A , \text{ με } R^2 = 0,75 \text{ και } P < 0,05 \quad (2)$$

Οι παράμετροι της ανάλυσης μονοπατιού υπολογίζονται ως εξής:

Η σταθερά a_1 αποτελεί την σταθερά συσχέτισης (R) της εξίσωσης (2), ενώ οι σταθερές b_1 και b_2 αποτελούν τις στανταρισμένες σταθερές μερικής παλινδρόμησης (standardized partial regression coefficients) της εξίσωσης (1).

Οι σταθερές μερικής παλινδρόμησης ονομάζονται επίσης σταθερές παλινδρόμησης (regression coefficients), σταθμιστές μερικής παλινδρόμησης (partial regression weights), σταθερές κλίσης (slope coefficient) ή σταθερές μερικής κλίσης (partial slope coefficient). Χρησιμοποιούνται στην ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης και δίνουν την ποσότητα κατά την οποία η εξαρτημένη μεταβλητή (στην περίπτωση μας ο αριθμός των ειδών) αυξάνεται, όταν μία ανεξάρτητη μεταβλητή (εδώ η έκταση των νησιών ή ο αριθμός των ενδιαιτημάτων των φυτών των νησιών) αυξάνεται κατά μία μονάδα, ενώ όλες οι άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές παραμένουν σταθερές. Σε γενικές γραμμές, η τιμή της μερικής σταθεράς μιας ανεξάρτητης μεταβλητής εξαρτάται από τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές που περιέχονται στην εξίσωση της παλινδρόμησης, εξ ου και ο χαρακτηρισμός «μερική» (Abdi 2003).

Άρα είναι:

Η επίδραση της έκτασης στην ετερογένεια των ενδιαιτημάτων (άμεση): $a_1 = 0,869$.

Η επίδραση των ενδιαιτημάτων στον αριθμό των ειδών (άμεση): $b_1 = 0,478$.

Η επίδραση της έκτασης στον αριθμό των ειδών (άμεση): $b_2 = 0,511$.

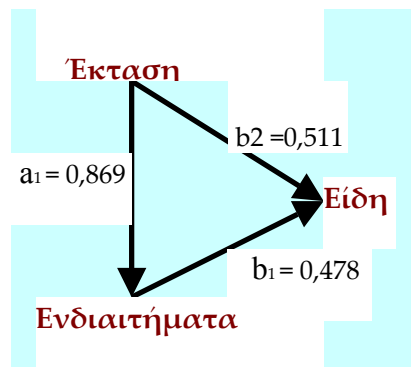
Η επίδραση της έκτασης στον αριθμό των ειδών (έμμεση): $a_1 * b_1 = 0,869 * 0,478 = 0,389$.

Effect coefficients:

Η συνολική επίδραση της έκτασης στον αριθμό των ειδών: άμεση (b_2) + έμμεση ($a_1 * b_1$) = **0,900**.

Η συνολική επίδραση των ενδιαιτημάτων στον αριθμό των ειδών: άμεση (b_1) = **0,478**

Οι Path coefficients και οι Effect coefficients είναι άμεσα συγκρινόμενοι, χωρίς οι τιμές τους να απαιτούν κάποια μετατροπή.



Σχήμα 3.1: Οι τιμές των παραμέτρων του βασικού μοντέλου της σχέσης της έκτασης, των ενδιαιτημάτων και του αριθμού των ειδών, για την ανάλυση του μονοπατιού στην περίπτωση των επτά μελετούμενων νησιών.

3.9.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης μονοπατιού για τα 7 νησιά

Είναι φανερό από τα αποτελέσματα της ανάλυσης μονοπατιού, ότι αφενός η έμμεση επίδραση της έκτασης στον αριθμό των ειδών είναι μικρότερη από την άμεσή της επίδραση ($0,389 < 0,511$) και αφετέρου ότι η άμεση επίδραση των ενδιαιτημάτων είναι μικρότερη από την άμεση επίδραση της έκτασης ($0,478 < 0,511$) και η συνολική επίδραση της έκτασης είναι μεγαλύτερη αυτής των ενδιαιτημάτων ($0,900 > 0,478$) (Σχήμα 3.1).

Στην εργασία των Kohn & Walsh (1994), που επίσης εφαρμόζουν την ανάλυση μονοπατιού για την έκταση και τον αριθμό των ενδιαιτημάτων, η έκταση έχει το μεγαλύτερο ρόλο στη διαμόρφωση του αριθμού των φυτικών ειδών.

Η πολλαπλή παλινδρόμηση που έγινε με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των ειδών φυτών στα παραπάνω επτά νησιά και με ανεξάρτητες μεταβλητές την έκταση των νησιών και τον αριθμό των ενδιαιτημάτων των φυτών σε αυτά, στατιστικά έδειξε ότι θα πρέπει να εξεταστεί η απλοποίηση του μοντέλου (χωρίς απώλεια της σημαντικότητάς του) μέσω της αφαίρεσης της παραμέτρου των ενδιαιτημάτων από την εξίσωση (1). Η μεγαλύτερη τιμή P των ανεξάρτητων μεταβλητών (έκταση και ενδιαιτήματα) είναι 0,1803 και ανήκει στα ενδιαιτήματα. Αφού λοιπόν η τιμή του P είναι μεγαλύτερη ή ίση του 0,10 ($P \geq 0,10$), η επίδραση των ενδιαιτημάτων δεν είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο εμπιστοσύνης 90%. Άρα, μπορούμε να αφαιρέσουμε την παράμετρο των ενδιαιτημάτων από την εξίσωση. Μία απάντηση στο ερώτημα αυτό δίνεται από τον Rosenzweig (1995), που τονίζει πως στην περίπτωση της πολλαπλής παλινδρόμησης, υπάρχει μια στατιστική παγίδα στην περίπτωση ανεξάρτητων μεταβλητών που αλληλοσχετίζονται, αφού στην ουσία εξαιτίας της συσχέτισής τους η μια

υπερκαλύπτει την άλλη με αποτέλεσμα, η τελική εικόνα να είναι ότι η μια παράμετρος συνεισφέρει σημαντικά ενώ η άλλη όχι.

Ίδιο στατιστικό αποτέλεσμα είχε και ο Τριάντης (2002) στην πολλαπλή παλινδρόμηση αριθμού ειδών χερσαίων μαλακίων, έκτασης και αριθμού ενδιαιτημάτων στο αρχιπέλαγος της Σκύρου.

Πάντως, η πολλαπλή αυτή παλινδρόμηση του αριθμού των ειδών φυτών των επτά νησιών με τις ανεξάρτητες μεταβλητές της έκτασης και του αριθμού των ενδιαιτημάτων, αφήνει ανεξήγητο μικρό μέρος της διακύμανσης του αριθμού των ειδών ($R^2 = 0,91$).

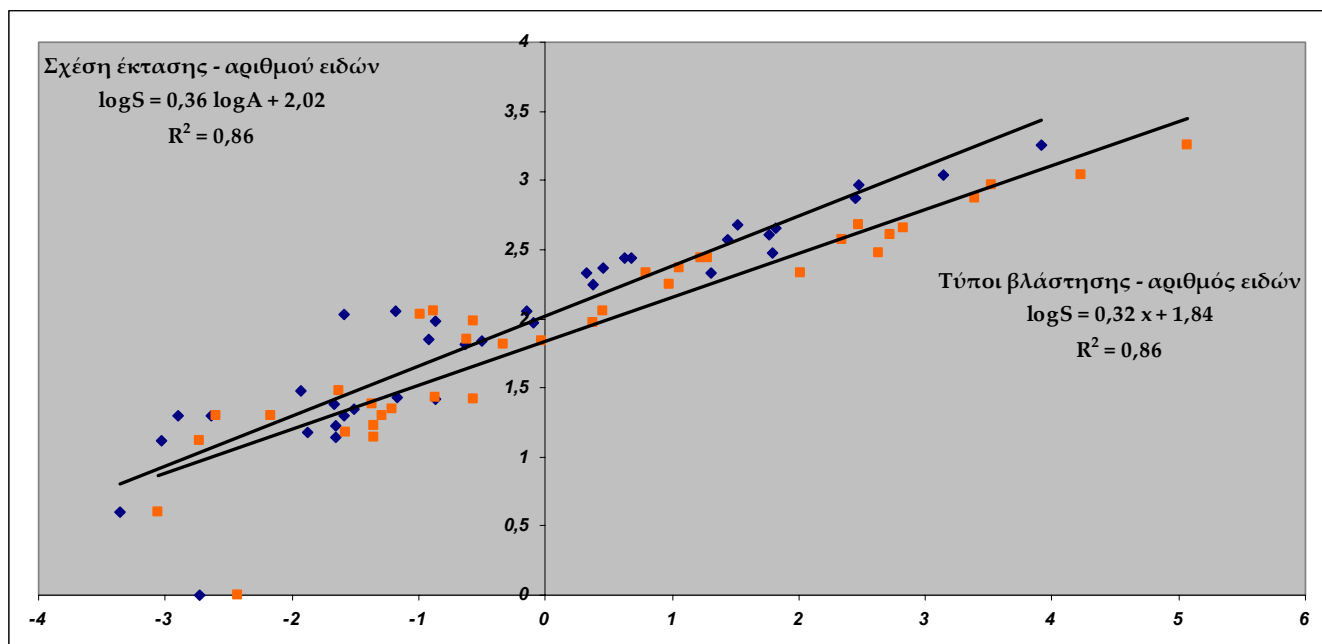
Σύμφωνα με το αποτέλεσμα της ανάλυσης μονοπατιού η έμμεση επίδραση της έκτασης στον αριθμό των ειδών είναι μικρότερη από την άμεσή της επίδραση και η άμεση επίδραση των ενδιαιτημάτων είναι μικρότερη από την άμεση επίδραση της έκτασης. Η συνολική επίδραση της έκτασης είναι μεγαλύτερη αυτής των ενδιαιτημάτων. **Αυτό σημαίνει ότι μεγάλο μέρος της συμβολής των ενδιαιτημάτων στη διαμόρφωση του αριθμού των ειδών αποτελεί ταυτοχρόνως συμβολή της έκτασης και ότι η συνολική συμμετοχή του μεγέθους του νησιού ενσωματώνει ένα ποσοστό συμμετοχής του αριθμού των ενδιαιτημάτων.**

Η αυξημένη άμεση επίδραση της έκτασης στον αριθμό των ειδών φυτών σε ένα νησιωτικό συγκρότημα μπορεί να αποδοθεί στην παρουσία μη εξειδικευμένων ως προς τα ενδιαιτήματα ειδών, τα οποία είναι ευρύοικα και απαντώνται σε περισσότερα του ενός ενδιαιτήματα, οπότε η παρουσία τους δεν εξαρτάται από την παρουσία κάποιου συγκεκριμένου κατάλληλου ενδιαιτήματος. Πράγματι, στην περίπτωση της Γαύδου, που είναι το μεγαλύτερο από τα επτά νησιά για τα οποία γίνεται η ανάλυση αυτή, ποσοστό περίπου 67,1% της χλωρίδας αποτελούν ευρύοικα είδη, ενώ η κατηγορία των εξειδικευμένων ως προς το ενδιαίτημα ειδών περιλαμβάνει τα αλόφυτα και κάποια είδη των χαμηλών υψομέτρων. Στην περίπτωση των χειροπτέρων που μελέτησαν οι Ricklefs & Lovette (1999), το χαμηλό ποσοστό των εξειδικευμένων ως προς το ενδιαίτημα ειδών (specialists), είχε επίσης ως αποτέλεσμα την πολύ μικρή συμβολή των ενδιαιτημάτων στον καθορισμό των ειδών των χειροπτέρων και παράλληλα τη σημαντική συμβολή της έκτασης.

Όπως έχει προαναφερθεί, είναι δύσκολο να συσχετιστεί η ικανότητα διασποράς των φυτών με τη διαμόρφωση του αριθμού των ειδών στις συγκεκριμένες εκτάσεις. Τέτοια ανάλυση (Ricklefs & Lovette 1999), όπως και αυτή για την εντός του νησιού μετακίνηση (Ricklefs & Cox 1972, Brown & Kodric-Brown 1977), έχει γίνει από κάποιους μελετητές με σκοπό την ερμηνεία του ρόλου της έκτασης στη διαμόρφωση του αριθμού ζωικών ειδών.

3.10 Αποτελέσματα από την εφαρμογή του προτύπου «χώρος» (choros model) για τους τύπους βλάστησης

Δεκατέσσερις γενικευμένοι αλλά αντιπροσωπευτικοί τύποι βλάστησης ορίστηκαν σύμφωνα με τα άρθρα που χρησιμοποιήθηκαν για τη βάση δεδομένων, αλλά και σύμφωνα με συμπληρωματική βιβλιογραφία, όπου ήταν απαραίτητο (Economidou *et al.* 1988, Christodoulakis *et al.* 1990, Καρέτσος *et al.* 1995, και Gehu *et al.* 1989) (Πίνακας 3.6) για όλα τα νησιά μελέτης, εκτός των Καρπαθησίων. Χαρακτηριστικό είναι ότι τα μικρότερα νησιά έχουν μόνο δύο τύπους βλάστησης. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η παράμετρος K του προτύπου «Χώρος», αντικαθιστώντας τον αριθμό των ενδαιτημάτων με τον αριθμό των τύπων βλάστησης σε κάθε νησί.



Γράφημα 3.20: Σχέση έκτασης – αριθμού ειδών φυτών νησιά και εφαρμογή «Χώρος» για 37 νησιά, αλλά με τον αριθμό των τύπων βλάστησης αντί του αριθμού των ενδαιτημάτων .

3.10.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του προτύπου «Χώρος» (Choros model) για τους τύπους βλάστησης

Στο Γράφημα 3.20, ανάμεσα στη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών και στο πρότυπο «Χώρος», αλλά με τον αριθμό των τύπων βλάστησης αντί του αριθμού των ενδαιτημάτων, παρατηρείται:

1) Ότι η τιμή του R^2 παραμένει η ίδια (στην πραγματικότητα υπάρχει μια μικρή μείωση (κατά 0,0005) της τιμής του R^2 από 0,8634 σε 0,8629). Για τη σύγκριση των δυο εξισώσεων, ως μέτρο καλύτερης

προσαρμογής και περιγραφής των δεδομένων, θεωρούνται οι τιμές του R^2 . Με δεδομένο ότι και τα δύο μοντέλα έχουν την ίδια μορφή και φέρουν και τον ίδιο αριθμό παραμέτρων, οι τιμές του R^2 είναι άμεσα συγκρινόμενες χωρίς να απαιτείται καμία διαδικασία προσαρμογής των δεδομένων (Kvalseth 1985, Loehle 1990).

2) Μείωση της κλίσης της ευθείας παλινδρόμησης από 0,36 σε 0,32.

3) Μείωση της τιμής της σταθεράς c από 105 περίπου σε 69 περίπου.

Σύμφωνα με το t -test, με $P \geq 0,10$ δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις κλίσεις των δύο ευθειών, ενώ υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις σταθερές c , με $P \leq 0,01$.

Παρατηρούμε ότι το πρότυπο «Χώρος» για τους τύπους βλάστησης δε μεταβάλλει το πρότυπο που ακολουθούν τα δεδομένα βάσει της σχέσης $\log A - \log S$. Η ύπαρξη ή μη κάθε τύπου βλάστησης εξαρτάται άμεσα από την έκταση των νησιών.

Βλάστηση	Νησιά																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Αμμωδών / χαλικωδών ακτών		+	+	+					+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Βραχωδών ακτών	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Φρύγανα	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Θαμνώνες*			+					+	+	+		+		+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
Μακία																+	+						+	+
Δάση																+	+	+			+		+	+
Θαμνώνες με προσκεφαλόμορφους θάμνους																								+
Υδροχαρής																+	+	+		+	+	+	+	+
Χασμοφυτική στην ενδοχώρα																+	+	+	+	+	+	+	+	+
Σαρών (λιθώνων)																	+						+	+
Δολινών																								+
Λιβαδική				+				+					+										+	+
“Ζιζάνια” καλλιερχειών																+	+	+		+	+	+	+	+
Διαταραγμένων – ανθρωπογενών ενδιαιτημάτων																+	+	+		+	+	+	+	+

Πίνακας 3.6: Οι γενικευμένοι αλλά αντιπροσωπευτικοί αυτοί τύποι βλάστησης ορίστηκαν σύμφωνα με τα άρθρα που χρησιμοποιήθηκαν για τη βάση δεδομένων, αλλά και με: Economidou et al. (1988), Christodoulakis et al. (1990) και Καρέτσος et al. (1995) για τις Διονυσάδες και Gehu et al. (1989) για την Κάρπαθο.

1: Κασονήσια εκτός Καροφύλλου και Αρμάθιας, 2: Καρόφυλλο, 3: Αρμάθια, 4: Στρογγυλή, 5: Μακρουλή, 6: Μικρονήσι, 7: Τράχηλος, 8: Παξιμάδα, 9: Ημερη Γραμβούσα, 10: Αγρια Γραμβούσα, 11: Γιανισάδα, 12: Δραγονάδα, 13: Κουφονήσι, 14: Χρυσή, 15: Γαύδος, 16: Κάρπαθος, 17: Κάσος, 18: Σαρία, 19: Χάλκη, 20: Σύμη, 21: Τήλος, 22: Κύθηρα, 23: Ρόδος, 24: Κρήτη.

* Ως «θαμνώνες» έχουν οριστεί οι τύποι βλάστησης που περιλαμβάνουν ορισμένα θαμνώδη είδη, τα οποία δεν μπορούν να θεωρηθούν ούτε ως φρύγανα, ούτε ως μακία με τη στενή έννοια, όπως είναι οι διαπλάσεις των αρκεύθων, οι ερεικώνες, οι πυκνοί θαμνώνες με καλά αναπτυγμένο *Pistacia lentiscus* κ.λ.π.

3.11 Αποτελέσματα της ανάλυσης μονοπατιού για έκταση και τύπους βλάστησης

Εφαρμόζεται το ίδιο βασικό μοντέλο επίδρασης του Σχήματος 3.1, αλλά με τους τύπους βλάστησης στη θέση των ενδιαιτημάτων.

Η πολλαπλή παλινδρόμηση μεταξύ του αριθμού των ειδών της έκτασης και των τύπων βλάστησης των 37 νησιών είναι:

$$S = - 119,336 + 0,111 * A + 74,158 * x \text{ , με } R^2 = 0,95 \text{ και } P < 0,01 \quad (3)$$

Όπου x είναι ο αριθμός των τύπων βλάστησης

η απλή παλινδρόμηση μεταξύ των τύπων βλάστησης και της έκτασης, είναι:

$$x = 4,0356 + 0,0014 * A \text{ , με } R^2 = 0,32 \text{ και } P < 0,05 \quad (4)$$

Οι παράμετροι της ανάλυσης μονοπατιού υπολογίζονται ως εξής:

Η σταθερά a_1 αποτελεί την σταθερά συσχέτισης (R) της εξίσωσης (4), ενώ οι σταθερές b_1 και b_2 αποτελούν τις στανταρισμένες σταθερές μερικής παλινδρόμησης (standardized partial regression coefficients) της εξίσωσης (3).

Άρα είναι:

Η επίδραση της έκτασης στην ετερογένεια των τύπων βλάστησης (άμεση): $a_1 = 0,464$.

Η επίδραση των τύπων βλάστησης στον αριθμό των ειδών (άμεση): $b_1 = 0,682$.

Η επίδραση της έκτασης στον αριθμό των ειδών (άμεση): $b_2 = 0,411$.

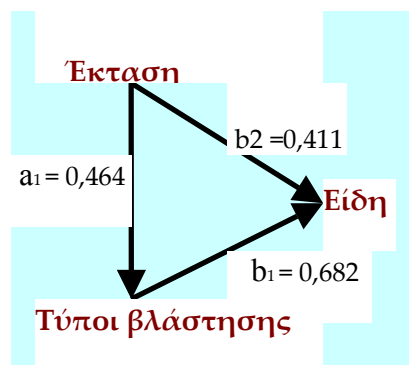
Η επίδραση της έκτασης στον αριθμό των ειδών (έμμεση): $a_1 * b_1 = 0,464 * 0,682 = 0,316$.

Effect coefficients:

Η συνολική επίδραση της έκτασης στον αριθμό των ειδών: άμεση (b_2) + έμμεση ($a_1 * b_1$) = $0,727$.

Η συνολική επίδραση των τύπων βλάστησης στον αριθμό των ειδών: άμεση (b_1) = $0,682$.

Οι Path coefficients και οι Effect coefficients είναι άμεσα συγκρινόμενοι, χωρίς οι τιμές τους να απαιτούν κάποια μετατροπή.



Σχήμα 3.2: Οι τιμές των παραμέτρων του βασικού μοντέλου της σχέσης της έκτασης, των ενδιαιτημάτων και του αριθμού των ειδών, για την ανάλυση του μονοπατιού στην περίπτωση των επτά μελετούμενων νησιών.

3.11.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης μονοπατιού για έκταση και τύπους βλάστησης

Είναι φανερό από τα αποτελέσματα της ανάλυσης μονοπατιού, ότι αφενός η έμμεση επίδραση της έκτασης στον αριθμό των ειδών είναι μικρότερη από την άμεσή της επίδραση ($0,316 < 0,411$) και αφετέρου ότι η άμεση επίδραση των τύπων βλάστησης είναι μεγαλύτερη από την άμεση επίδραση της έκτασης ($0,682 > 0,411$), αλλά η συνολική επίδραση της έκτασης είναι μεγαλύτερη αυτής των τύπων βλάστησης ($0,727 > 0,682$) (Σχήμα 3.2).

Επομένως, οι τύποι βλάστησης έχουν σημασία στη διαμόρφωση του αριθμού των φυτικών ειδών, αλλά και πάλι η έκταση είναι η καθοριστική παράμετρος. Διαφορετικοί τύποι βλάστησης συντίθενται από διαφορετικά είδη και η συνύπαρξη αυτών των τύπων βλάστησης σε ένα νησί έχει ως αποτέλεσμα το νησί αυτό να έχει πλουσιότερη χλωρίδα, όμως η συνύπαρξη αυτών των διαφορετικών τύπων βλάστησης προϋποθέτει το νησί να έχει μεγαλύτερη έκταση. Μεγάλο μέρος της συμβολής της έκτασης στη διαμόρφωση του αριθμού των ειδών αποτελεί ταυτοχρόνως συμβολή του αριθμού των τύπων βλάστησης και η συνολική συμμετοχή του μεγέθους του νησιού ενσωματώνει ένα ποσοστό συμμετοχής του αριθμού των τύπων βλάστησης. Πάντως, οι γενικευμένοι αυτοί τύποι βλάστησης, όπως ορίστηκαν, στην πραγματικότητα αντανακλούν έναν μεγάλο αριθμό ενδiciaτημάτων των φυτών, με τα οποία είναι αλληλένδετοι.

Η **πολλαπλή παλινδρόμηση** με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των φυτικών ειδών στα 37 νησιά και με ανεξάρτητες μεταβλητές την έκταση των νησιών και τον αριθμό των τύπων βλάστησης σε αυτά, στατιστικά έδειξε ότι δε χρειάζεται να γίνει απλοποίηση του μοντέλου (χωρίς απώλεια της σημαντικότητάς του) μέσω της αφαίρεσης κάποιας εκ των ανεξάρτητων μεταβλητών ($P < 0.01$). Η πολλαπλή αυτή παλινδρόμηση του αριθμού των ειδών φυτών των 37 νησιών με τις ανεξάρτητες μεταβλητές της έκτασης και του αριθμού των τύπων βλάστησης, αφήνει ανεξήγητο πολύ μικρό μέρος της διακύμανσης του αριθμού των ειδών ($R^2 = 0,95$).



S*υμπεράσματα*

4. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Ο μεγάλος αριθμός μικρών νησιών που περιλαμβάνονται στο σύνολο των 48 μελετούμενων νησιών του Τόξου του Νοτίου Αιγαίου επιδρά σημαντικά στην αύξηση της κλίσης της ευθείας $\log A - \log S$. Όταν η ανάλυση γίνει μόνο για τα μεγάλα νησιά, το z μειώνεται σημαντικά. Ο μικρός κοινός αριθμός φυτικών ειδών ανάμεσα στα μεγάλα και μικρά νησιά συμβάλλει στη «γρηγορότερη» αύξηση του αριθμού των ειδών με την αύξηση της έκτασης, οπότε και το z για το σύνολο των νησιών και της χλωρίδας* είναι υψηλό.

Μεγάλο αριθμό μικρών νησιών έναντι μεγάλων έχουν επίσης και οι ομάδες της Καρπάθου και των δορυφορικών νησίδων της και της Κάσου και των δορυφορικών νησίδων της. Θεωρούμε ότι ο μεγάλος αριθμός μικρών νησιών συμβάλλει στην αύξηση της κλίσης των δύο αυτών ευθειών $\log A - \log S$.

2. Ο μικρός κοινός αριθμός φυτικών ειδών ανάμεσα στα μεγάλα και μικρά νησιά συμβάλλει στη «γρηγορότερη» αύξηση του αριθμού των ειδών με την αύξηση της έκτασης, οπότε και το z είναι σχετικά υψηλό.

3. Η τιμή του z βρίσκεται εντός των διαστημάτων που δίνονται στη βιβλιογραφία για τα νησιωτικά συγκροτήματα και για τα ηπειρωτικά, μετρίως απομονωμένα νησιά. Υπάρχει δηλαδή συμφωνία με τη γεωιστορία της περιοχής μελέτης.

4. Παρ' όλ' αυτά, η τιμή του z είναι υψηλή και δείχνει ότι τα νησιά «συμπεριφέρονται» με διαφορετικό τρόπο και δεν αποτελούν τμήματα μιας ενιαίας φυτογεωγραφικής περιοχής ή ενότητας. Παρατηρώντας τις επιμέρους ομάδες νησιών για τις οποίες εφαρμόστηκε η σχέση $\log A - \log S$, διαπιστώνουμε ότι το σύμπλεγμα της Καρπάθου τοποθετείται φυτογεωγραφικά πλησιέστερα στην ομάδα της Κρήτης, παρά το ότι αυτή αποκόπηκε νωρίτερα από την ενιαία ηπειρωτική περιοχή. Αντιθέτως, το υψηλότερο z στην ομάδα Καρπάθου και Ρόδου μαζί, δείχνει ότι τα νησιά αυτά είναι φυτογεωγραφικά πιο απομακρυσμένα μεταξύ τους.

Αυτά τα αποτελέσματα της ανάλυσης μας συμφωνούν με την άποψη του Raus (1991) ότι τα νησιά στο σύμπλεγμα της Καρπάθου συνδέονται περισσότερο με τη δύση απ' ό,τι με την ανατολή και με εργασίες που αναγνωρίζουν και εξετάζουν την Κρήτη και το σύμπλεγμα νησιών της Καρπάθου ως μια ξεχωριστή φυτογεωγραφική ενότητα (*Flora Europaea*, Turland et al. (1993),

* Η ευθεία που προέκυψε από την εφαρμογή της σχέσης $\log A - \log S$ για το σύνολο των 48 νησιών και όλα τα είδη της χλωρίδας αναφέρεται ως «γενικό πρότυπο».

Jahn & Schoenfelder (1995)). Η μεγαλύτερη φυτογεωγραφική απομόνωση του συμπλέγματος της Καρπάθου από την ομάδα της Ρόδου υποστηρίζεται και από τη σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών μόνο για τα μεγάλα νησιά.

Αν πρέπει να τεθούν αυστηρά φυτογεωγραφικά όρια, τότε η Ρόδος πρέπει να θεωρηθεί νησί του Ανατολικού Αιγαίου, αλλιώς, βάσει της κλίσης της ευθείας για την ομάδα της Ρόδου, που είναι μικρότερη από την κλίση για τις ομάδες Καρπάθου και Ρόδου μαζί, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ενισχύεται η επισήμανση του Rechinger (1951) ότι η Ρόδος κρατά μια διπλή χλωριδική θέση ανάμεσα στο Νότιο και το Ανατολικό Αιγαίο.

5. Θεωρητικά θα περιμέναμε η Ομάδα της Ρόδου να έχει το χαμηλότερο z από τις εξεταζόμενες ομάδες, επειδή ήταν πιθανώς ενωμένη με τη γειτονική ηπειρωτική περιοχή της Ανατολίας μέχρι το Ανώτερο Πλειόκαινο – Κατώτερο Πλειστόκαινο (Sondaar 1971, Meulenkaamp *et al.* 1972, Daams & van de Weerd 1980, Meulenkaamp 1985). Επίσης, σήμερα απέχει τη μικρότερη απόσταση από ηπειρωτική περιοχή σε σχέση με τις ομάδες της Κρήτης και της Καρπάθου.

6. Η τιμή του z για την ομάδα της Κρήτης είναι χαμηλότερη από τις τιμές του z των άλλων επιμέρους ομάδων προφανώς επειδή ακόμη και κατά το Πλειστόκαινο τα περισσότερα μικρονήσια της Κρήτης ήταν ακόμη ενωμένα με την περιοχή που αποτελεί σήμερα την Κρήτη.

Η μικρότερη κλίση που έχει η ευθεία $\log A - \log S$ μόνο για την Κάρπαθο και τα μικρονήσια της, σε σχέση με την κλίση για την ομάδα της Καρπάθου, αποδίδεται επίσης στο γεγονός ότι όλες οι δορυφορικές νησίδες της Καρπάθου ήταν ενωμένες με το σημερινό νησί της Καρπάθου μέχρι το ανώτερο Πλειστόκαινο (Greuter 1970).

7. Από τη σύγκριση της κλίσης της ευθείας $\log A - \log S$ για τα χερσαία μαλάκια (Βαρδινογιάννη 1994) και τα φυτά του Τόξου προκύπτει ότι το z για τα φυτά είναι μεγαλύτερο. Αν θεωρήσουμε ότι τα φυτά διασπείρονται πιο εύκολα από τα χερσαία μαλάκια, θα έπρεπε να έχουμε μικρότερη κλίση της ευθείας $\log A - \log S$ για τα φυτά. Υπάρχει όμως μεγάλη διαφορά ανάμεσα στο συνολικό αριθμό των ειδών των διαφορετικών ταξινομικών ομάδων χερσαίων μαλακίων – φυτών, με τα είδη των φυτών να είναι πολύ περισσότερα, γεγονός στο οποίο μπορεί να οφείλεται η παρατηρούμενη διαφορά στις τιμές του z (ενδεικτικά Gotelli & Abele 1982, Nillson *et al.* 1988).

Πάντως, αν μεμονωμένα λάβουμε υπόψη ότι τα φυτά διασπείρονται ευκολότερα σε μεγάλες αποστάσεις (Barry Cox & Moore 1994) σε σχέση με πολλές ομάδες ζωικών οργανισμών, θα περιμέναμε να έχουμε μικρότερη κλίση της ευθείας $\log A - \log S$ στο γενικό πρότυπο.

8. Από τη σύγκριση της τιμής z του γενικού προτύπου με τις τιμές του z από 18 μελέτες που αφορούν τη σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών σε νησιά του ίδιου αρχιπελάγους ή και σε ομάδες νησιών που βρίσκονται σε λίμνες, προκύπτει ότι για τα φυτά, στις 13 από τις 20 περιπτώσεις, το z υπερβαίνει το 0,30. Ο Roden (1998) αναφέρει ότι για τα φυτά σε νησιά λιμνών το z της ευθείας παλινδρόμησης $\log A - \log S$ φαίνεται να κυμαίνεται σε μεγαλύτερο διάστημα τιμών από το προτεινόμενο από τους McArthur & Wilson. Με βάση τις φυτογεωγραφικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορα νησιωτικά συγκροτήματα ανά τον κόσμο, μερικές από τις οποίες παρουσιάστηκαν σύντομα στην εργασία αυτή, θεωρούμε ότι πρέπει να εξεταστεί εάν πραγματικά το εύρος τιμών του z , όσον αφορά στα φυτικά είδη σε νησιωτικά συγκροτήματα γενικώς, είναι κατά κανόνα μεγαλύτερο από το αντίστοιχο εύρος τιμών για ζωικά είδη και ποιες αιτίες προκαλούν αυτή τη διαφορά (Περισσότερα είδη στα τάξα των φυτών; Μεγαλύτερη ικανότητα διασποράς των φυτών; Μεγαλύτερο ποσοστό ευρύοικων ειδών στη χλωρίδα, που θα σήμαινε ότι η έκταση είναι σημαντικότερη;). Χρειάζεται όμως μια λεπτομερέστερη ανάλυση και να πρέπει να ληφθούν υπόψη συγκεκριμένα δεδομένα για κάθε νησιωτικό συγκρότημα όπου έχει εφαρμοστεί ή μπορεί να εφαρμοστεί η σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών.

9. Τόσο το γενικό πρότυπο της σχέσης $\log A - \log S$, όσο και ορισμένα χαρακτηριστικά των περισσότερων μικρών νησιών του Τόξου, που καταγράφονται στη βιβλιογραφία (Hoener & Greuter 1988, Raus 1989, Christodoulakis *et al.* 1991, Bergmeier *et al.* 2001), αποτελούν ένδειξη ότι παρατηρείται το φαινόμενο των μικρών νησιών. Παρ' όλ' αυτά, η εφαρμογή της εξίσωσης των Lomolino & Weiser (2001) εντάσσει μόνο το μικρότερο από τα 48 νησιά στο φαινόμενο των μικρών νησιών και επομένως δε φαίνεται να έχει κάποια βιογεωγραφική σημασία.

Αντιθέτως, η εφαρμογή της εξίσωσης των Lomolino & Weiser (2001) στην ημιλογαριθμική της μορφή, δείχνει ότι το φαινόμενο των μικρών νησιών παρατηρείται σε 38 από τα 48 νησιά του Τόξου. Η ομαδοποίηση αυτή έχει βιογεωγραφική έννοια, καθώς διαχωρίζει τα νησιά με έκταση μικρότερη των 5 km² από τα μεγαλύτερα. Τα 10 μεγάλα νησιά που δεν εντάσσονται στο φαινόμενο των μικρών νησιών έχουν το χαρακτηριστικό ότι οι χλωρίδες τους μοιράζονται αρκετά κοινά υπολειμματικά είδη και συνενδημικά φυτικά είδη και είναι τα νησιά μελέτης που σήμερα κατοικούνται. Η μετανάστευση φυτικών ειδών προς τα νησιά αυτά μέσω της ανθρωποχωρίας έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο. Ο Greuter (1971a, 1979) εκτιμά ότι σχεδόν το 1/3 των ειδών της χλωρίδας της Κρήτης έχει φτάσει στο νησί χάρη στον άνθρωπο, ενώ στα μικρότερα νησιά θεωρεί το ποσοστό των ανθρωπόχρων ειδών ακόμα μεγαλύτερο.

Η ημιλογαριθμική εξίσωση δείχνει πιο ξεκάθαρα τις δύο διαφορετικές τάσεις των νησιών στη σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών, ενώ η διπλή λογαριθμική εξίσωση προσαρμόζει το σύνολο των δεδομένων στην ευθεία, γι' αυτό και δεν παρουσιάζει εμφανώς τις διαφορές αυτές.

10. Για τις δύο οικογένειες που περιλαμβάνουν αλόφυτα, τα Chenopodiaceae και τα Plumbaginaceae, οι μικρές κλίσεις των ευθειών μπορούν να αποδοθούν στο γεγονός ότι τα είδη τους περιορίζονται σε συγκεκριμένο ή συγκεκριμένα ενδιαιτήματα στην παράκτια ζώνη. Οι Nillson & Nillson (1982), ο Buckley (1985), οι Deshayes & Morisset (1988) και ο Roden (1998) στη σχέση έκτασης – αριθμού ειδών καταγράφουν επίσης μικρότερο z για τις φυτοκοινότητες των ακτών των νησιών τους. Αυτό σημαίνει ότι στα νησιωτικά αυτά συμπλέγματα, οι φυτοκοινότητες των περιμέτρων των νησιών περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό των ειδών που δυνητικά θα μπορούσαν να εποικίσουν τις εκτάσεις αυτές (Roden 1998).

Για τις οικογένειες με κατά κανόνα ποώδη, πολυάριθμα, κοσμοπολίτικα και ευρύοικα είδη, δηλαδή Asteraceae, Caryophyllaceae, Fabaceae και Poaceae, οι κλίσεις των ευθειών είναι υψηλές.

Είναι δύσκολο να συσχετιστεί η κλίση των ευθειών των οικογενειών με την οικολογία της διασποράς των ειδών της κάθε οικογένειας επειδή ο τρόπος διασποράς των σπερμάτων μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στα είδη της ίδιας οικογένειας και για να γίνει ο συσχετισμός και να εξαχθούν αντιπροσωπευτικά συμπεράσματα, απαιτείται μια λεπτομερής μελέτη, που θα διακρίνει παράλληλα το υπολειμματικό στοιχείο από τα είδη που εποίκισαν τα νησιά ή εισήχθησαν σε αυτά από τον άνθρωπο ή μέσω αυτού (ανθρωπόχωρα), λαμβάνοντας υπόψη και την εξέλιξη των χλωρίδων των νησιών στο χρόνο, αλλά και τη σύγχρονη δυναμική τους, ιδιαιτέρως για τα μικρά νησιά (αναστροφή ειδών (species turnover) ή ψευδοαναστροφή (pseudoturnover), καταστροφή της χλωρίδας από τυχαία γεγονότα και επανεποίκιση κ.λ.π.).

Για τα Boraginaceae και Euphorbiaceae η κλίση είναι 0,29 και 0,25. Και οι δύο αυτές οικογένειες στην περιοχή μελέτης περιλαμβάνουν θαμνώδη και ποώδη είδη, τα οποία έχουν σχετικώς ευρεία κάθετη εξάπλωση, καταλαμβάνοντας έτσι ποικιλία ενδιαιτημάτων.

Η οικογένεια των Cistaceae, για την οποία η τιμή του z είναι 0,21, περιλαμβάνει κυρίως πολυετή θαμνώδη είδη στην περιοχή μελέτης και λίγα μονοετή. Πρόκειται για μικρή οικογένεια, με μόνο 19 είδη στην περιοχή μελέτης. Επίσης, ορισμένα από τα είδη της έχουν μόνο στενή, σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια του Τόξου, εξάπλωση σε περιοχές της Κρήτης.

Τα Ranunculaceae είναι μια οικογένεια με σχετικώς μικρό αριθμό ειδών στην περιοχή μελέτης, που όμως δίνει υψηλή τιμή του z . Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι η οικογένεια περιλαμβάνει αρκετά υδροφιλά είδη. Στα μικρά νησιά δεν υπάρχουν επιφανειακά νερά, στάσιμα ή ρέοντα. Με την αύξηση της έκτασης αναμένεται να υπάρχουν και περισσότερα ενδιαιτήματα κατάλληλα για την εξάπλωση των ειδών της οικογένειας, επομένως και περισσότερα είδη. Το ίδιο ισχύει και για τα είδη της οικογένειας που φύονται σε διαταραγμένες θέσεις και σε καλλιεργούμενες περιοχές.

11. Για τα υδροχαρή φυτά η κλίση είναι υψηλή και δείχνει ότι τα νησιά «συμπεριφέρονται» σαν απομονωμένες περιοχές. Είναι η μοναδική ανάλυση έκτασης – αριθμού ειδών στην παρούσα εργασία, όπου το z υπερβαίνει την τιμή 0,50, την οποία οι Rosenzweig (1995) και οι Brown & Lomolino (1998) δίνουν ως κατώτερο όριο για το z μεταξύ βιογεωγραφικών επαρχιών. Στα μικρά νησιά δεν υπάρχουν επιφανειακά νερά, στάσιμα ή ρέοντα. Με την αύξηση της έκτασης αναμένεται να υπάρχουν και περισσότερα ενδιαιτήματα κατάλληλα για την εξάπλωση των υδροχαρών ειδών.

Αντιθέτως, σε όλα τα νησιά υπάρχουν βραχύδη ενδιαιτήματα διαθέσιμα στα φυτά που έχουν προσαρμοστεί σε αυτά. Επειδή τα χασμόφυτα είναι κοινό χαρακτηριστικό των μεγάλων και των μικρών νησιών, η κλίση της ευθείας $\log A - \log S$ μειώνεται σημαντικά συγκρινόμενη με το πρότυπο της συνολικής χλωρίδας όλων των νησιών.

Η κλίση της ευθείας έκτασης παράκτιας ζώνης των νησιών – αριθμού αλοφυτικών ειδών είναι μεγαλύτερη από την κλίση της ευθείας συνολικής έκτασης νησιών – αριθμού αλοφυτικών ειδών. Με την αύξηση της επιφάνειας της παράκτιας ζώνης αυξάνεται και ο αριθμός των αλοφύτων, κάτι που γίνεται με πολύ μικρότερο ρυθμό, εάν αυξάνεται συνολικά η έκταση του νησιού (ακτής και ενδοχώρας). Όπως είχε παρατηρηθεί παραπάνω, η κλίση των ευθειών για τις οικογένειες των αλοφυτικών ειδών *Chenopodiaceae* και *Plumbaginaceae* ήταν πολύ μικρή, εφόσον η εξίσωση εφαρμόστηκε για τη συνολική επιφάνεια των νησιών.

12. Η αυξημένη κλίση των ευθειών για τα δέντρα και τους θάμνους – δέντρα σημαίνει απλώς ότι με την αύξηση της έκτασης αυξάνεται με γρηγορότερο ρυθμό ο αριθμός των ειδών αυτών. Αντιθέτως, τα περισσότερα νησιά έχουν πολλά είδη θάμνων κοινά μεταξύ τους. Όσον αφορά το ρόλο της ικανότητας διασποράς των ειδών στη διαμόρφωση της τιμής του z , θα μπορούσε να εξεταστεί από δύο οπτικές γωνίες: από τη μία πλευρά θα περιμέναμε χαμηλότερες κλίσεις για τις ευθείες έκτασης – αριθμού ειδών δέντρων και έκτασης – αριθμού ειδών δέντρων – θάμνων, διότι τα περισσότερα από τα είδη αυτά, τα οποία αυτοφύονται στην περιοχή μελέτης και είναι σίγουρο ότι δεν έχουν εισαχθεί από τον άνθρωπο, δεν εποίκισαν τα νησιά διασπείροντας «εύκολα» τα σπέρματά τους μέσω του ανέμου ή μέσω του νερού της θάλασσας, αλλά είναι είδη υπολειμματικά, που προϋπήρχαν της «νησιωτοποίησης» και της απομόνωσης. Από την άλλη πλευρά, ακριβώς λόγω του ίδιου γεγονότος, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η συσχέτιση των δύο παραγόντων δεν έχει νόημα.

13. Για τη σταθερά c , της οποίας η βιολογική σημασία δεν έχει προσδιοριστεί, παρατηρούμε ότι:

Οι τιμές της κυμαίνονται σε διαφορετικά διαστήματα όταν αναφερόμαστε στο σύνολο της χλωρίδας και στις ομάδες των νησιών και σε διαφορετικά διαστήματα όταν αναφερόμαστε σε συγκεκριμένες οικογένειες, οικολογικές ομάδες και βιομορφές. Εφαρμόζοντας απλή παλινδρόμηση ανάμεσα στις τιμές του z και του c για τις ομάδες των νησιών, παρατηρούμε ότι με την αύξηση του z το c μειώνεται. (O Gould (1979) και ο Rosenzweig (1995) έχουν προτείνει ότι το c εξαρτάται από την τιμή του z). Δεν ισχύει όμως το ίδιο στη συσχέτιση του z με το c για τις οικογένειες, τις οικολογικές ομάδες και τις βιομορφές. Πρέπει όμως να λάβουμε υπόψη ότι τα δεδομένα για τις οικολογικές ομάδες και τις βιομορφές είναι λίγα για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Οι τιμές του c για τις ομάδες των νησιών δεν μπορούν να συσχετιστούν άμεσα με την απομόνωση των νησιών και τη σημερινή απόστασή τους από τις ηπειρωτικές περιοχές.

Η τιμή του c στις αναλύσεις για τις ομάδες των νησιών δεν μπορεί να αντιπροσωπεύει τον αναμενόμενο αριθμό των ειδών στη μονάδα της έκτασης, ιδιαίτερα για τα μικρά νησιά.

Πιο «ρεαλιστικές» ως προς τον αναμενόμενο αριθμό ειδών στη μονάδα της έκτασης φαίνεται να γίνονται οι τιμές του c καθώς από τη γενικότητα του συνόλου της χλωρίδας περνάμε στην ανάλυση των οικογενειών, των οικολογικών ομάδων και των βιομορφών.

Οι οικογένειες με τα περισσότερα είδη στο Τόξο, δηλαδή οι Asteraceae, Poaceae, Fabaceae και Caryophyllaceae δίνουν και υψηλότερες τιμές c στην ευθεία $\log A - \log S$. Καθώς ο αριθμός των ειδών στην οικογένεια αυξάνεται, αυξάνεται και η τιμή του c γραμμικά (εφαρμόζοντας απλή παλινδρόμηση).

14. Στον ορισμό των ενδιαιτημάτων των φυτών, θεωρούμε ότι είναι σημαντικό να γίνεται αρχικά ένας κάθετος διαχωρισμός των ζωνών βλάστησης, όπου βέβαια θα παρατηρείται κάποια αλληλεπικάλυψη των ενδιαιτημάτων, αλλά και σημαντικές διαφορές. Πάντως, η δυσκολία στον ορισμό των ενδιαιτημάτων έγκειται στο γεγονός ότι μπορεί να συμπεριληφθεί πλήθος φυσικών παραγόντων, ώστε πρακτικά είναι δυνατή η εξειδίκευση της περιγραφής των ενδιαιτημάτων ενός φυτικού είδους ή μιας ομάδας φυτικών ειδών στο επίπεδο που επιδιώκει ο ερευνητής.

15. Η σχέση $\log A - \log S$ για επτά νησιά μελέτης, για τα οποία ορίστηκαν τα ενδιαιτήματα των φυτών, προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα απ' ό,τι το πρότυπο «Χώρος». Στην περίπτωση της εφαρμογής του προτύπου «Χώρος» με τους τύπους βλάστησης 37 νησιών στη θέση των ενδιαιτημάτων, δε μεταβάλλεται το πρότυπο που ακολουθεί η σχέση $\log A - \log S$.

16. Η αυξημένη άμεση επίδραση της έκτασης στον αριθμό των ειδών φυτών σε ένα νησιωτικό συγκρότημα, όπως και για τα επτά νησιά μελέτης, για τα οποία ορίστηκαν τα ενδιαιτήματα των

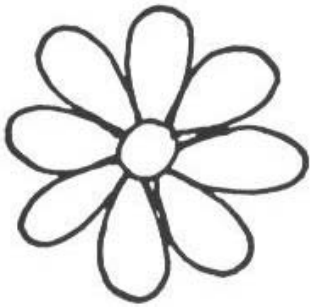
φυτών, μπορεί να αποδοθεί στην παρουσία μη εξειδικευμένων ως προς τα ενδιαίτηματα ειδών, τα οποία είναι ευρύοικα και απαντώνται σε περισσότερα του ενός ενδιαίτηματα, οπότε η παρουσία τους δεν εξαρτάται από την παρουσία κάποιου συγκεκριμένου κατάλληλου ενδιαίτηματος.

Το αποτέλεσμα της ανάλυσης μονοπατιού δείχνει ότι μπορούμε να αφαιρέσουμε την παράμετρο των ενδιαιτημάτων από την εξίσωση. Η απάντηση στο ερώτημα αυτό δίνεται από τον Rosenzweig (1995), που τονίζει πως στην περίπτωση της πολλαπλής παλινδρόμησης, υπάρχει μια στατιστική παγίδα στην περίπτωση ανεξάρτητων μεταβλητών που αλληλοσχετίζονται, αφού στην ουσία εξαιτίας της συσχέτισής τους η μια υπερκαλύπτει την άλλη με αποτέλεσμα, η τελική εικόνα να είναι ότι η μια παράμετρος συνεισφέρει σημαντικά ενώ η άλλη όχι.

17. Οι τύποι βλάστησης έχουν σημασία στη διαμόρφωση του αριθμού των φυτικών ειδών στα 37 νησιά που μελετήθηκαν ως προς την παράμετρο αυτή, αλλά και πάλι η έκταση είναι ο καθοριστικός παράγοντας. Διαφορετικοί τύποι βλάστησης συντίθενται από διαφορετικά είδη και η συνύπαρξη αυτών των τύπων βλάστησης σε ένα νησί έχει ως αποτέλεσμα το νησί αυτό να έχει πλουσιότερη χλωρίδα, όμως η συνύπαρξη αυτών των διαφορετικών τύπων βλάστησης προϋποθέτει το νησί να έχει μεγαλύτερη έκταση. Μεγάλο μέρος της συμβολής της έκτασης στη διαμόρφωση του αριθμού των ειδών αποτελεί ταυτοχρόνως συμβολή του αριθμού των τύπων βλάστησης και η συνολική συμμετοχή του μεγέθους του νησιού ενσωματώνει ένα ποσοστό συμμετοχής του αριθμού των τύπων βλάστησης. Πάντως, οι γενικευμένοι αυτοί τύποι βλάστησης, όπως ορίστηκαν, στην πραγματικότητα αντανακλούν έναν μεγάλο αριθμό ενδιαιτημάτων των φυτών, με τα οποία είναι αλληλένδετοι.

Η πολλαπλή παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των φυτικών ειδών στα 37 νησιά και με ανεξάρτητες μεταβλητές την έκταση των νησιών και τον αριθμό των τύπων βλάστησης σε αυτά, στατιστικά έδειξε ότι δε χρειάζεται να γίνει απλοποίηση του μοντέλου (χωρίς απώλεια της σημαντικότητάς του) μέσω της αφαίρεσης κάποιας εκ των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Πάντως, όπως οι Kohn & Walsh (1994) και οι Ricklefs & Lovette (1999) τόνισαν, η απάντηση στο ερώτημα ποια από τις υποθέσεις *area per se* ή *habitat hypothesis* ισχύει, είναι «ισχύουν και οι δύο». Χωρίς αμφιβολία, τα μεγάλα νησιά μπορούν να υποστηρίξουν περισσότερα ενδιαίτηματα, γεγονός που παρέχει τη δυνατότητα ύπαρξης περισσότερων ειδών.



*Π*ερίληψη - **S**ummary

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης, από τον Ιούνιο του 2002 έως το Νοέμβριο του 2003. Βασίζεται σε εργασίες σχετικές με τη χλωρίδα και τη βλάστηση της πλειοψηφίας των νησιών του Τόξου του Νοτίου Αιγαίου, καθώς και της Σύμης και της Τήλου, που βρίσκονται βορείως της Ρόδου και ανήκουν στο Ανατολικό Αιγαίο. Αντικείμενο της μελέτης αυτής ήταν η εξέταση της περιοχής με βάση τη Θεωρία της Βιογεωγραφίας των Νήσων. Η προσέγγιση αυτή είναι πρωτότυπη, συγκρινόμενη με τη συσσωρευμένη γνώση που έχει αποκτηθεί από τις μακροχρόνιες και εκτεταμένες μελέτες της χλωρίδας και της βλάστησης των περισσότερων νησιών, αλλά και των φυτογεωγραφικών σχέσεων τους με τις γειτονικές ηπειρωτικές περιοχές. Πιο συγκεκριμένα, σκοπός της μελέτης αυτής ήταν να εξετάσει τη σχέση έκτασης – αριθμού φυτικών ειδών στα νησιά του Τόξου του Νοτίου Αιγαίου. Επίσης, έγινε μια προσπάθεια να ενσωματωθεί η έννοια του ενδιαίτηματος στη φυτογεωγραφική αυτή μελέτη.

Η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών στη διπλή λογαριθμική της μορφή ($\log A - \log S$), ως το πρότυπο που χρησιμοποιείται σήμερα περισσότερο από τους βιογεωγράφους, εφαρμόστηκε για τη συνολική έκταση και τη χλωρίδα 48 μεγάλων νησιών και νησίδων του Τόξου, έπειτα ξεχωριστά για τα μεγάλα νησιά και ξεχωριστά για τις νησίδες, για τις επιμέρους ομάδες νησιών στις οποίες μπορούν να διακριθούν τα 48 αυτά νησιά, για δέκα επιλεγμένες οικογένειες φυτών, για τρεις οικολογικές ομάδες και τα ξυλώδη είδη φυτών.

Η τιμή του z για τα 48 νησιά και το σύνολο της χλωρίδας βρίσκεται εντός του διαστήματος τιμών που αντιπροσωπεύει ηπειρωτικά, μετρίως απομονωμένα νησιά, γεγονός σύμφωνο με τη γεωιστορία της περιοχής μελέτης. Παρ' όλ' αυτά, η τιμή του z είναι υψηλή και δείχνει ότι τα νησιά «συμπεριφέρονται» διαφορετικά και δεν αποτελούν τμήματα ενιαίας φυτογεωγραφικής περιοχής. Ο μεγάλος αριθμός νησίδων που περιλαμβάνονται στα 48 μελετούμενα νησιά συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση της κλίσης της ευθείας $\log A - \log S$. Όταν η ίδια σχέση εφαρμόζεται μόνο για τα μεγάλα νησιά του Τόξου, η κλίση της ευθείας μειώνεται σημαντικά. Ο μικρός κοινός αριθμός φυτικών ειδών μεταξύ μικρών και μεγάλων νησιών συμβάλλει στη «γρηγορότερη» αύξηση του αριθμού των ειδών αυτών, ώστε το z είναι υψηλό.

Το πρότυπο που ακολουθεί η σχέση $\log A - \log S$ όσον αφορά στην κλίση z και στην σταθερά c , μεταβάλλεται αναλόγως με την ομάδα των νησιών ή την ομάδα των φυτών που εξετάζεται κάθε φορά.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσής μας δείχνουν ότι το σύμπλεγμα νησιών της Καρπάθου σχετίζεται φυτογεωγραφικά περισσότερο με τη δύση (ομάδα νησιών Κρήτης) παρά με την ανατολή (ομάδα νησιών Ρόδου).

Η ύπαρξη του φαινομένου των μικρών νησιών για 38 από τα 48 νησιά του Τόξου, μια ομαδοποίηση με κάποια φυτογεωγραφική σημασία, καταδεικνύεται μόνο αν χρησιμοποιηθεί η ημιλογαριθμική μορφή του μοντέλου.

Ο ορισμός των ενδιαιτημάτων είναι εξαιρετικά δύσκολος, διότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα πλήθος φυσικών παραμέτρων, έτσι ώστε πρακτικά για ένα φυτικό είδος ή μια ομάδα φυτικών ειδών είναι δυνατή η εξειδίκευση του ορισμού μέχρι το επίπεδο που επιδιώκει ο ερευνητής.

Η εφαρμογή του μοντέλου «Χώρος» και η ανάλυση μονοπατιού για την έκταση και τα ενδιαιτήματα επτά νησιών και την έκταση και τους τύπους βλάστησης 37 νησιών του Τόξου δείχνουν ότι η έκταση διαδραματίζει το σημαντικότερο ρόλο στη διαμόρφωση του αριθμού των φυτικών ειδών στα νησιά του Τόξου.

SUMMARY

This study took place at the Natural History Museum of the University of Crete, Department of Biology, from June 2002 to November 2003. It is based on publications concerning the flora and vegetation of the majority of the South Aegean Arc's islands, as well as of the islands Symi and Tilos, located on the northern part of Rhodes and belonging to the East Aegean. Its subject was the study of the area from the point of view of Theory of Island Biogeography. This approach is actually original, compared to the accumulated knowledge on the islands' flora and vegetation and the phytogeographical relationships of the islands with the neighboring mainland. The purpose of this study is in particular the examination of the plant species – area relationship on the South Aegean island Arc. In addition, this study tried to embody the concept of plants' habitat in this phytogeographical study.

The species – area relationship in its double logarithmic form ($\log A - \log S$), as the pattern used by most biogeographers today, was applied for the area and flora of 48 Arc's islands and islets, the islands and islets separately, for various subgroups of the 48 islands, ten selected plant families, three ecological groups and the woody species.

The z -value for the 48 islands and the whole flora lays in the range indicating island groups and continental, moderately isolated islands. Thus, this result is in accordance with the geological history of the study area. However, the z -value is high, indicating that the islands perform in a different way and do not comprise parts of a united phytogeographical region. The great number of islets included in the analysis of the 48 South Aegean Arc's islands influences significantly the slope of the $\log A - \log S$ straight line, causing its increase. When the same analysis is performed only for the great islands, the z -value decreases significantly. The small number of common plant species among great and small islands contributes to the "faster" increase in the species number, so that the z -value is high.

The $\log A - \log S$ pattern, as far as the slope z and the intercept c are concerned, changes according to the island or the plant group analyzed each time.

The results of our analysis indicate that there is a greater phytogeographical relationship between the islands in Karpathos' island complex and the west (Crete's island group) than the east (Rhodes' island group).

There is evidence of *small island effect* for 38 of the 48 islands, a grouping with a certain phytogeographical significance, only if the semi-logarithmic form of the model is used.

It was rather difficult to determine the habitats, because a large number of physical parameters can be used, so that it is practically possible to specialize the description of the habitat of a plant species or of a group of plant species to the level at which the researcher aims.

The use of “*Choros*” model and the path analysis, applied for plant habitats on seven islands and for vegetation types on 37 islands indicates that the area plays the most significant part in the determination of the plant species number on Arc’s islands.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Abbott, I. (1977).** *Species Richness, turnover and equilibrium in insular floras near Perth, Western Australia*, Australian Journal of Ecology 1:275-280.
- Abdi, H. (2003).** *Partial Regression Coefficients*, in : Lewis-Beck, M., A. Bryman & T. Futing (eds.) (2003), *Encyclopedia of Social Sciences Research Methods*, Thousand Oaks (CA): Sage.
- Amerson, A.B. Jr. (1975).** *Species richness on the nondisturbed Northwestern Hawaiian islands*, Ecology, 56: 435-444.
- Anastasakis, G.C. & M. Dermizakis (1990).** *Post-Middle-Miocene paleogeographic evolution of the Central Aegean Sea and detailed Quaternary reconstruction of the region. Its possible influence on the distribution of the Quaternary mammals of the Cyclades islands*, Neues Jahrbuch, Geologie und Palaeontologie Monatsheft, 1: 1-16.
- Andrewartha, H.C. & L.C. Birch (1954).** *The distribution and abundance of animals*. University of Chicago Press, Chicago.
- Andreanszky, G. (1963).** *Das Trockenelement in der jungtertiären Flora Mitteleuropas*, Vegetatio, 11:155-172.
- Angelier, J. (1979).** *Néotectonique de l' Arc Egeen*, Thèse d' Etat des Sciences, Nat. Paris 6, pp. 418.
- Arrhenius, O. (1921).** *Species and area*. Journal of Ecology, 9, 95-99.
- Azzaroli, A. (1977).** *Considerazioni sui mammiferi fossili delle isole mediterranee*, Bolletino Zoologico, 44 : 201-211.
- Αναστασάκης, Γ. (1988).** *Το ηπειρωτικό περιθώριο ανάμεσα σε Κύθηρα – Αντικύθηρα, ΒΔ Κρήτη. Αβαθής σχηματισμός και εξέλιξη κατά το ανώτ. Καινοζωικό, Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ., 20: 369-381.*
- Baldi, A. & D. McCollin (2003).** *Island ecology and contingent theory: the role of spatial scale and taxonomic bias*, Global Ecology & Biogeography, 12: 1-3.
- Barbero, M. & P. Quezel (1980).** *La végétation forestière de Crète*, Ecol. Mediterr. 5 : 175-210.
- Barbero, M. & P. Quezel (1989).** *Contribution a l' etude phytosociologique des mattorals de Mediterranee orientale*, Lazaroa 11 : 37-60.
- Barbour, M.G., J.H. Burk & W.D. Pitts (1980).** *Terrestrial plant ecology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, California.
- Barrier, E. (1979).** *Etude néotectonique des îles de Karpathos et Kassos. Etude géologique de l' île de Kassos (Dodécanèse, Grèce)*, Thèse de 3eme Cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- Barry Cox, C. & P.D. Moore (1994).** *Biogeography – An ecological and evolutionary approach*, Blackwell Scientific Publications, 5th edition.
- Βαρδινογιάννη Κ. (1994).** *Βιογεωγραφία των χερσαίων μαλακίων στο νότιο νησιωτικό αιγαιακό τόξο*, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Βιολογίας.

- Begon, M. & M. Mortimer (1981).** *Population ecology: a unified study of animals and plants.* Blackwell Sci. Publ., Oxford.
- Benda, L. (1973).** *Late Miocene sporomorph assemblages from the Mediterranean and their possible palaeoclimatological implications.* In: Drogger, C.W. (ed.), *Messinian events in the Mediterranean.* Geodyn. Sci. Rep. K. Ned. Akad. Wet., 7: 256-259.
- Benda, L., J.E. Meulenkaamp & A. van de Weerd (1977).** *Biostratigraphic correlations in the Eastern Mediterranean Neogene,* Newsl. Stratigr., 6(2): 117-130.
- Berger, W. (1953).** *Flora und Klima im Jungtertiaer des Wiener Beckens,* Z. Deutsch. Geol. Ges., 105: 228-233.
- Berger, W. (1958).** *Untersuchungen an der obermiozaenen (sarmatischen) Flora von Gabbro (Monti Livornesi) in der Toskana,* Paleontogr. Ital., 51: 1-96.
- Bergmeier, E. (2003).** *The vegetation of islets in the Aegean and the relation between the occurrence of islet specialists, island size and grazing,* Phytocoenologia, 33(2-3):447-474.
- Bergmeier, E. (2002).** *The vegetation of the high mountains of Crete – a revision and multivariate analysis,* Phytocoenologia, 32(2): 205 – 249.
- Bergmeier, E., R. Jahn & A. Jagel (1997).** *Flora and vegetation of Gavdos (Greece), the southernmost European island. I. Vascular flora and chorological relations,* Candollea 52:305-358.
- Bergmeier, E., Z. Kyriotakis, R. Jahn, N. Boehling, P. Dimopoulos, T. Raus & D. Tzanoudakis (2001).** *Flora and phytogeographical significance of the islands Chrysi, Koufonisi and nearby islets (S Aegean, Greece),* Willdenowia 31:329-356.
- Bergmeier, E. & P. Dimopoulos (2001).** *Chances and limits of floristic island inventories – the Dionysades group (South Aegean, Greece) re-visited,* Phytos (Horn, Austria) Vol. 41, Fasc. 2: 277-293.
- Bergmeier, E. & P. Dimopoulos (2001).** *The vegetation of islets in the Aegean and the relation between the occurrence of islet specialists, island size and grazing,* Phytocoenologia, 33 (2-3):447-474.
- Bertoldi, R., D. Rio & R. Thunell (1989).** *Pliocene – Pleistocene vegetational and climatic evolution of the south-central Mediterranean.* Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 72: 263-275.
- Boecklen, W.J. (1986).** *Effects of habitat heterogeneity on the species–area relationships of forest birds.* Journal of Biogeography, 13: 59–68.
- Boecklen, W.J. & N.J. Gotelli. (1984).** *Island biogeographic theory and conservation practice: species-area or specious-area relationships?* Biological Conservation 29: 90-111.
- Boehling, N. (1995).** *Zeigerwerte der Phanerogamen – Flora von Naxos (Griechenland). Ein Beitrag zur oekologischen Kennzeichnung der mediterranen Pflanzenwelt,* Stuttgarter Beitr. Naturk., Ser. A, Nr. 533, 75 S.
- Bond, W.J. (1983).** *On alpha diversity and the richness of the Cape flora: a study in southern cape fynbos,* in: Kruger, F.J., D.T. Mitchell & J.U.M. Jarvis (eds.), *Mediterranean-type ecosystems. The role of nutrients,* Springer-Verlag, New York, pp. 337-356.

- Bostroem, U. & S. G. Nilsson (1983).** *Latitudinal gradients and local variations in species richness and structure of bird – communities on raised peat bogs in Sweden*, *Ornis Scandinavica*, 14: 213-226.
- Bottema, S. (1980).** *Palynological investigations on Crete*, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 31:193-217.
- Bothmer, R. von (1974).** *Studies in the Aegean Flora, XXI. Biosystematic Studies in the Allium ampeloprasum complex*, *Opera Bot.*, 34: 1-104.
- Bramson, M., T.J. Cox & R. Durrett (1998).** *Spatial models for Species Area Curves*, *Annals of Probability*, 26: 658-709.
- Braun – Blanquet, J. (1932).** *Plant Sociology. The Study of Plant Communities*, Reprint 1983, Koeltz Scientific Books.
- Brooks, T.M., S.L. Pimm, & J.O. Oyugi (1999a).** *Time lag between deforestation and bird extinction in tropical forest fragments*, *Conservation Biology*, 13:1-11.
- Brooks, T.M., S.L. Pimm, V. Kapos & C. Ravilious (1999b).** *Threat from deforestation to montane and lowland birds and mammals in insular South-east Asia*, *Journal of Animal Ecology*, 68: 1-20.
- Browicz, K. (1978).** *Chorology of trees and shrubs in South-West Asia*, Vol. I.
- Brown, J.H. (1995).** *Macroecology*, University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Brown, J.H. & A.C. Gibson (1983).** *Biogeography*, C.V. Mosby Company.
- Brown, J.H. & M.V. Lomolino (1998).** *Biogeography*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Bruijn, H. de, M.R. Dawson & P. Mein (1970).** *Upper Pliocene Rodentia, Lagomorpha and Insectivora (Mammalia) from the isle of Rhodes (Greece) 2.*-*Proc. K. Ned. Akad. Wet. Ser. B. Paleontol. Geol. Phys. Chem.*, 73(5) : 535-584.
- Buckley, R. (1982).** *The habitat-unit model of island biogeography*, *Journal of Biogeography*, 9: 39–344.
- Buckley, R.C. (1985).** *Distinguishing the effects of area and habitat type on island plant species richness by separating floristic elements and substrate types and controlling for island isolation*, *Journal of Biogeography*, 12: 527-535.
- Cain, S.A. (1938).** *The species-area curve*, *Amer. Midl. Nat.*, 19 : 573-581.
- Candolle De, A.P. (1813).** *Theorie elementaire de la botanique*, VIII+500 S. – Paris.
- Carlstroem, A. (1987).** *A survey of the Flora and Phytogeography of Rodhos, Simi, Tilos and the Marmaris peninsula (SE Greece, SW Turkey)*, University of Lund, Department of Systematic Botany.
- Christodoulakis, D., Th. Georgiadis, E. Economidou, G. Iatrou & D. Tzanoudakis (1990).** *Flora und Vegetation der Dionysaden-Inseln (Suedaegaeis, Griechenland)*, *Willdenowia* 19:425-443.

Christodoulakis, D., E. Economidou & Th. Georgiadis (1991). *Geobotanische Studie der Grabusen – Inseln (Suedaegaeis – Griechenland)*, Botanica Helvetica 101/1:53-67.

Coleman, B.D. (1981). *On random placement and species – area relations*, Mathematical Biosciences, 54: 191 - 215.

Collins, M.D., D.P. Vazquez & N.J. Sanders (2002). *Species – area curves, homogenization and the loss of global diversity*, Evolutionary Ecology Research 4: 457-464.

Connor, E.F. & E.D. McCoy (1979). *The statistics and biology of the species – area relationship*, The American Naturalist, 113(6): 791-833.

Creutzburg, N. (1963). *Paleogeographic evolution of Crete from Miocene till ourdays*, Cretan annals, 15/16, 336-342.

Critopoulos, P. (1973). *The endemic taxa of Crete*, Problems of Balkan Flora and Vegetation, Proceedings of the First International Symposium on Balkan Flora and Vegetation, Varna, June 7-14, 1973, Publishing House of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia 1975, p. 167-179.

Γεωργιάδου-Δικαιούλια Ε., Μ.Δ. Δερμιτζάκη & Χ. Ντρίνια (1994), *Οι Παγετώδεις Περίοδοι του Τεταρτογενούς με ειδικότερες αναφορές στην Ελλάδα. Δελτίο Ελληνικής Σπηλαιολογικής εταιρείας, Τόμος XXI.*

Γιαννίτσας, Α. Γρ. (1969). *Συμβολή εις την γνώσιν της χλωρίδος και βλαστήσεως της νήσου των Κυθήρων*, Διατριβή επί διδακτορία, Φυσικομαθηματική Σχολή Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Γκανιάτσας, Κ. (1967). *Φυτογεωγραφία*, Θεσσαλονίκη.

Daams, R. & A. van de Weerd (1980). *Early Pliocene small mammals from the Aegean island Karpathos (Greece) and their paleogeographic significance*, Geol. Mijnbouw, 59: 327-331.

Daubenmire, R. (1968). *Plant communities*. Harper and Row, New York.

Davidar, P., K. Yoganand & T. Ganesh (2001). *Distribution of forest birds in the Andaman Islands: importance of key habitats*, Journal of Biogeography, 28(5): 663-672.

Dermitzakis, D.M. (1990). *Paleogeography, geodynamic processes and event stratigraphy during the Late Cenozoic of the Aegean Area*, International Symposium on: Biogeographical Aspects of Insularity, Roma, Accad. Naz. Lincei 85, 263-288.

Deshaye, J. & P. Morisset (1988). *Floristic richness, area and habitat diversity in a hemiarctic archipelago*, Journal of Biogeography, 15: 747-757.

Dony, J.G. (1963). *The expectation of plant records from prescribed areas*. Watsonia 5: 377-385.

Δερμιτζάκης, Μ.Δ. & Δ.Ι. Παπανικολάου (1981). *Παλαιογεωγραφία και γεωδυναμική της περιοχής του Αιγαίου κατά το Νεογενές*, Annales Géologiques des Pays Helléniques: 245-289 (in greek).

- Economidou, E. (1976).** *Bibliographie botanique sur la Grèce (Plantes Vasculaires – Végétation)*. Veroff. Geobot. Inst. ETH. Stiff. Rubel 56:190-242.
- Economidou, E., T. Georgiadis & D. Christodoulakis (1988).** *Ecologie et végétation de quelques îlots au voisinage de la Crète*, Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 31, 2: 127.
- Ellenberg, H. & D. Mueller-Dombois (1967).** *A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions*, Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftg. Ruebel, Zuerich 37:56-73.
- Fischer, U. (1980).** *Karpathos als Besonderheit unter den Aegaeischen Inseln*. Exkursionsber. Inst. Geogr. Univ. Salzburg, 6:175-200.
- Fox, B.J. & M.D. Fox (2001).** *Factors determining mammal species richness on habitat islands and isolates: habitat diversity, disturbance, species interactions and guild assembly rules*, Global Ecology & Biogeography, 9: 19-37.
- Frey, W. & Loesch, R. (1998).** *Lehrbuch der Geobotanik. Pflanze und vegetation in Raum und Zeit*, Gustav Fischer Verlag.
- Gehu, J.M., N. Apostolides, J. Gehu-Franck & K. Arnold (1989).** *Premières données sur la végétation littorale des îles de Rhodos et de Karpathos (Grèce)*, Colloques Phytosociologiques, XIX, 545-582.
- Gibson, C.W.D. (1986).** *Management history in relation to changes in the flora of different habitats on an Oxfordshire estate, England*. Biological Conservation, 38: 217-232.
- Gilbert, F. (1980).** *The equilibrium theory of island biogeography: fact or fiction?*, Journal of Biogeography 7: 209-235.
- Gleason, H.A. (1922).** *On the relation between species and area*, Ecology, 3: 158-162.
- Gleason, H.A. (1925).** *Species and area*, Ecology, Vol. VI, No. I, p. 66-74.
- Goldacker, B., P. Juergenliemk, J. Kluemann, H. Woith & H.J. Gregor (1985).** *Palaeoökologie und Stratigraphie des Agios Mamas Beckens (Neogen) der Insel Kythira (Griechenland)*, Doc. Nat., 25: 15-20.
- Gotelli, N.J. & L.G. Abele (1982).** *Statistical distributions of West Indian land bird families*, Journal of Biogeography, 9: 421-435.
- Gould, S.T. (1979).** *An allometric interpretation of species-area curves: The meaning of the coefficient*, American Naturalist 114(3), 335-343.
- Gradstein, S.R. & J.H. Smittenberg (1977).** *The hydrophilous vegetation of western Crete*. Vegetatio, 34: 65-86.
- Granados, M., R. J. Kennon, et al. (2001).** *Plant species-area relationships in ten north central Texas protected natural areas*, SIDA 19(4): 1061-1072.
- Greuter, W. (1970).** *Zur Palaeogeographie und Florengeschichte der suedlichen Aegaeis*, Feddes Repertorium, Band 81, Heft 1-5: 233-242.

- Greuter, W. (1971).** *Betrachtungen zur Pflanzengeographie der Suedaegaeis*, στο A. Strid (Ed.): *Evolution in the Aegean*, pp. 49-64. *Opera Botanica* no. 30.
- Greuter, W. (1971a).** *L'apport de l'homme a la flore spontanée de la Crète*, *Boissiera* 19 : 329-337.
- Greuter, W. (1975).** *Historical Phytogeography of the Southern Half of the Aegean Area*, *Problems of Balkan Flora and Vegetation*, Sofia.
- Greuter, W. (1975a).** *Floristic Studies in Greece*. *European Floristic & Taxonomic Studies* (ed. S.M. Walters):18-37.
- Greuter, W. (1975b).** *Die Insel Kreta – eine geobotanische Skizze*, *Veroeff. Geobot. Inst. ETH Stiftung Ruebel*, 55: 141-197.
- Greuter, W. (1979).** *The Origins and Evolution of Island Floras as exemplified by the Aegean Archipelago*, στο Bramwell, D. (ed.), *Plants and islands*, London.
- Greuter, W. (1991).** *Botanical diversity, endemism, rarity, and extinction in the Mediterranean area: an analysis based on the published volumes of Med-Checklist*, *Bot. Chron.*, 10: 63-79.
- Greuter, W. (1995).** *Origin and peculiarities of Mediterranean island floras*. *Ecologia Mediterranea* XXI (1/2):1-10.
- Greuter, W. (2001).** *Diversity of Mediterranean island floras*, *Bocconea* 13: 55-64.
- Greuter, W., R. Pleger & T. Raus (1983).** *The vascular flora of the Karpathos island group (Dodecanesos, Greece)*, *Willdenowia* 13: 43-78.
- Greuter, W. & K.H. Rechinger (1967).** *Flora der Insel Kythera, gleichzeitig Beginn einer nomenklatorischen Ueberpruefung der Griechischen Gefaesspflanzenarten*, *Boissiera*, Vol. 13:11-195.
- Hager, J. (1985).** *Pflanzenoekologische Untersuchungen in den subalpinen Dornpolsterfluren Kretas*, *Diss. Bot.* 89: 196 S., Vaduz.
- Haila, Y. (1983).** *Land birds on northern islands: a sampling metaphor for insular colonization*, *Oikos*, 41: 334-351.
- Haila, Y., S. Jaervinen & S. Kuusela (1983).** *Colonization of islands by land birds: prevalence functions in a Finnish archipelago*, *Journal of Biogeography*, 10: 499-531.
- Hall, R., M.-G. Audley-Charles & D.-J. Carter (1984).** *The significance of Crete for the evolution of the Eastern Mediterranean*. In: Dixon, J.E. & A.H.F. Robertson (eds.), *The Geological evolution of the Eastern Mediterranean*, *Geological Society Special Publication* No. 17, p. 499-516.
- Hamilton, T.H. & N.E. Armstrong (1965).** *Environmental determination of insular variation in bird species abundance in the Gulf of Guinea*, *Nature* 207: 148-151.
- Hanson, H. (1962).** *Dictionary of ecology*. Peter Owen, London.
- Harner, R.F. & K.T. Harper (1976).** *The role of area, heterogeneity and favorability in plant species diversity of pinyon – juniper ecosystems*, *Ecology*, 57: 1254-1263.

- He, F. & P. Legendre (1996).** *On species – area relation relations*, American Naturalist, 148: 719-737.
- Heatwole, H. (1991).** *Factors affecting the number of species of plants on islands of the Great Barrier Reef, Australia*, Journal of Biogeography, 18: 213-221.
- Heatwole, H. & R. Levins (1973).** *Biogeography of the Puerto Rican Bank: species-turnover on a small cay, Cayo Ahogado*, Ecology, 54: 1042-1055.
- Heiselmayer, P. (1988).** *KRETA – Vegetation und Pflanzengeographie einer suedaegaischen Insel*, Ber. Nat.-med. Verein Innsbruck, Band 75, S. 251-260.
- Hoener, D. (1991).** *Mehrjaehrige Beobachtungen kleiner Vegetationsflaechen im Raume von Karpathos (Nomos Dhodekanisou, Griechenland). Ein Beitrag zur Klaerung des „Kleininselphaenomens“*, Diss. Bot., 173.
- Hoener, D. & W. Greuter (1988).** *Plant population dynamics and species turnover on small islands near Karpathos (South Aegean, Greece)*. Vegetatio 77: 129-137.
- Horvat, I., V. Glavac & H. Ellenberg (1974).** *Vegetation Suedeuropas*, 768 S. Stuttgart.
- Hsue, K.J., W.B.F. Ryan & M.B. Cita (1973).** *Late Miocene Dessication of thw Mediterranean*, Nature, 242: 240-244.
- Hsue, K.J., (1974).** *The Miocene Dessication of the Mediterranean and its climatical and zoogeographical implications*, Naturwissenschaften, 61: 137-142.
- Hydrographic Service (1976).** *Sailing Directions to the Greek Coasts, Πλοηγός Β', The Southeastern Coasts*, Athens.
- Hydrographic Service (1995).** *Supplement to Volume Β' of Πλοηγός 3*, Athens.
- Jahn, R. & P. Schoenfelder (1995).** *Exkursionsflora für Kreta*, Verlag Eugen Ulmer.
- Johnson, M.P., L.G. Mason & P.H. Raven (1968).** *Ecological parameters and plant species diversity*, American Naturalist, 102: 297-306.
- Kilburn, P.D. (1966).** *Analysis of the species-area relations*. Ecology, 47: 831-843.
- Καρέτσος, Γ., Γ. Μπρόφας, Π. Δημόπουλος, D. Ristow & M. Wink (1995).** *Αναγνώριση και αξιολόγηση Βιοτόπων Ορνιθοπανίδας για ένταξη στο κοινοτικό δίκτυο της Οδηγίας 79/409 Ε.Ο.Κ., Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία*.
- Keeley, J.E. (2003).** *Relating species abundance distributions to species – area curves in two Mediterranean – type shrublands*. Diversity and Distributions, in press.
- Keeley, J.E. & C.J. Fotheringham (2003).** *Species-area relationships in Mediterranean-climate plant communities*, Journal of Biogeography, 30: 1629-1657.
- Kitchener, D.J., A. Chapman, J. Dell, B.G. Muir & M. Palmer (1980a).** *Lizard assemblage and reserve size and structure in the Western Australian wheat belt and some implications for conservation*, Biological Conservation, 17: 25-62.

- Kitchener, D.J., A. Chapman, B.G. Muir & M. Palmer (1980b).** *The conservation value of mammals of reserves in the Western Australian wheat belt*, *Biological Conservation*, 18: 179-207.
- Kitchener, D.J., A. Chapman, B.G. Muir & M. Palmer (1982).** *Birds in Western Australian wheat belt reserves*, *Biological Conservation*, 22: 127-163.
- Kohn, D.D. & D.M. Walsh (1994).** *Plant species richness – the effect of island size and habitat diversity*, *Journal of Ecology*, 82: 367-377.
- Κομηνός, Θ.Π. (1995).** *Κύθηρα – Στο δρόμο των πουλιών*, Εταιρεία Κυθηραϊκών Μελετών, Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.
- Kotsakis, T., C. Petronio & G. Sirna (1980).** *The Quaternary vertebrates of the Aegean islands: Palaeogeographic implications*, *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 30: 31-64.
- Kotze, D.J., J. Niemela & M. Nieminen (2000).** *Colonization success of carabid beetles on Baltic islands*, *Journal of Biogeography*, 27(4): 807-820.
- Krebs, C.J. (1988).** *The message of ecology*, Harper and Row, New York.
- Krebs, C.J. (1994).** *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*, Harper and Row, New York.
- Kvalseth, T.O. 1985.** *Cautionary note R^2* , *The American Statistician*, 39:279-285.
- Κυπριωτάκης, Ζ. (1998).** Συμβολή στη μελέτη της χασμοφυτικής χλωρίδας της Κρήτης και της διαχείρισής της ως φυσικού πόρου, προς την κατεύθυνση του φυσιολατρικού τουρισμού, της ανθοκομίας, της Εθνοβοτανικής και της προστασίας των απειλούμενων φυτικών ειδών και βιοτόπων, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βιολογίας Φυτών.
- Lanza, B. & S. Vanni (1987).** *Hypotheses on the origin of the Mediterranean island batrachofauna*, *Bull. Soc. Zool. France*, 112(1-2): 179-196.
- Lawesson, J.E., G. de Blust, C. Grashof, L. Firbank, O. Honnay, M. Hermy, P. Hobitz & L.M. Jensen (1998).** *Species diversity and area-relationships in Danish beech forests*. *Forest Ecological Management*, 106: 235-245.
- Le Pichon, X. & J. Angelier (1979).** *The Hellenic Arc and Trench System: A key to the Neotectonic Evolution of the Eastern Mediterranean area*, *Tectonophysics* 60: 1-42.
- Le Pichon, X. & J. Angelier (1981).** *The Aegean Sea*, *Phil. Trans. Roy Soc., London A300*: 357-372.
- Linnaeus, C. (1753).** *Species plantarum*, Stockholm (reprint: London: Ray Society 140/142. 1957/59).
- Loehle, C., 1990.** *Proper statistical treatment of species-area data.*, *Oikos*, 57(1): 143-146.
- Lomolino, M.V. (2000).** *Ecology's most general, yet protean pattern: the species-area relationship*. *Journal of Biogeography*, 27:17-26.

- Lomolino, M.V. (2001).** *The species-area relationship: new challenges for an old pattern*, Progress in Physical Geography, 25,1, pp. 1-21.
- Lomolino, M.V. & Weiser, M.D. (2001).** *Towards a more general species – area relationship: diversity on all islands, great and small*. Journal of Biogeography, 28, 431-445.
- Looijen, R.C. (1995).** *On the distinction between habitat and niche, and some implications for species' differentiation*, Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities, 45: 87-108.
- Looijen, R.C. (1998).** *Holism and Reductionism in Biology and Ecology. The mutual Dependence of Higher and Lower Level Research Programmes*, PhD Thesis, p. 265, University of Groningen.
- Looijen, R.C. & J. van Andel (1999).** *Ecological communities: conceptual problems and definitions*, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 2(2):210-222.
- MacArthur, R.H. & E.O. Wilson (1963).** *An equilibrium theory of insular biogeography*, Evolution, 17: 273-387.
- MacArthur, R.H. & E.O. Wilson (1967).** *The Theory of Island Biogeography*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Major, C.J.F. & W. Barbey (1895).** *Amoi. Etude botanique*. Bull. Herb. Boissier, 3, 30.
- Maly, E.J. & W.L. Doolittle (1977).** *Effects of island area and habitat on Bahamian land and freshwater snail distribution*, American Midland Naturalist, 97(1): 59-67.
- Martin, T.E. (1981).** *Species – Area slopes and coefficients: A caution on their interpretation*, The American Naturalist, 118(6): 823-836.
- May, R.M. & P.H. Stumpf (2000).** *Species – area relationships in tropical forests*, Science, 290: 2084-2086.
- Mayer, A. (1994).** *Comparative study of the coastal vegetation of Sardinia (Italy) and Crete (Greece) with the respect of the effects of human influence*. 277 S. Diss. Univ. Regensburg.
- Mayer, H. (1984).** *Waelder Europas*, 691 S. Stuttgart, New York.
- McNaughton, S.J. & L.L. Wolf (1973).** *General ecology*. Holt, Reinhart and Winston, New York.
- Messerli, B. (1967).** *Die eiszeitliche und die gegenwaertige Vergletscherung im Mittelmeerraum*. Georg. Helv., 22:105-228.
- Meulenkamp, J. (1979).** *The Neogene and Pleistocene of the Pyrgos basin*. In: Symeonidis, N., D. Papanikolaou & M. Dermitzakis (eds.), *Field Guide to the Neogene of Megara-Peloponnisos-Zakynthos*, Publ. Dept. Geol. Paleontol. Univ. Athens, A, 34: 33-44.
- Meulenkamp, J.E. (1985).** *Aspects of the late Cenozoic evolution of the Aegean region*. In: Stanley, D.J. & F.C. Wezel (eds.), *Geological evolution of the Mediterranean Basin*, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo.
- Meulenkamp, J.E., E.F.J. de Mulder & A. van de Weerd (1972).** *Sedimentary history and paleogeography of the late Cenozoic of the island of Rhodos*, Z. Deutsch. Geol. Ges., 123: 541-553.

- Meulenkamp, J., M. Wortel, W. Van Vamel, W. Sparkman & E. Hoogerduyn Strating (1988).** *On the Hellenic subduction zone and the geodynamic evolution of Crete since the late Middle Miocene*, Tectonophysics, 146: 203-215.
- Meulenkamp, J.E., G.J. Van der Zwaan & W.A. Van Wamel (1994).** *On late Miocene to recent vertical motions in the Cretan segment of the Hellenic arc*, Tectonophysics, 234: 53-72.
- Montmollin de, B. (1991).** *Endémisme intra-creteois et trans-egeeo-creteois – origine et différenciation*, Bot. Chron. 10:125-135.
- Montmollin de, B. & G.A. Iatrou (1995).** *Connaissance et conservation de la flore de l' île de Crète*, Ecologia Mediterranea, XXI (1/2) : 173-184.
- Moody, A. (2000).** *Analysis of plant species diversity with respect to island characteristics on the Channel islands, California*, Journal of Biogeography, 27: 711-723.
- Morrison, L.W. (1997).** *The insular biogeography of small Bahamian cays*, Journal of Ecology, 85: 441-454.
- Μπότσαρης, Ι. (1996).** *Μελέτη πάνω στη βιογεωγραφία των χερσαίων μαλακίων του Σαρωνικού κόλπου*, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Βιολογίας.
- Μυλωνάς, Μ. (1982).** *Μελέτη πάνω στη ζωογεωγραφία και οικολογία των χερσαίων μαλακίων των Κυκλάδων*, Διδακτορική Διατριβή, Εργαστήριο Γενικής Ζωολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Newmark, W.D. (1986).** *Species–area relationship and its determinants for mammals in western North American national parks*, Biological Journal of the Linnean Society, 28: 83–98.
- Niering, W.A. (1963).** *Terrestrial Ecology of Kapingamarangi Atoll, Caroline Islands*, Ecological Monographs, Vol. 33, No. 2, 131-160.
- Nilsson, S.G., J. Bengtsson & S. Aas (1988).** *Habitat diversity or area per se? Species richness of woody plants, carabid beetles and land snails on islands*, Journal of Animal Ecology 57, 685-704.
- Nilsson, S.G. & I.N. Nilsson (1978).** *Species richness and dispersal of vascular plants to islands in lake Moeckeln, Southern Sweden*, Ecology 59(3):473-480.
- Nilsson, I.N. & S.G. Nilsson (1982).** *Turnover of vascular plant species on small islands in lake Moeckeln, South Sweden 1976-1980*, Oecologia, 53: 128-133.
- Olausson, E. (1971).** *Tephrochronology and the late Pleistocene of the Aegean Sea*, Opera Bot. 30: 29-39.
- Parent, G.H. (1988).** *Esquisse Biogéographique de la Crète*, Linneana Belgica, XI (8) : 344-388.
- Parizeau, M.-H. (1997).** *La biodiversité – Tout conserver ou tout exploiter?*, Sciences – Ethiques – Sociétés, De Boeck Université.
- Pennas, P. (1977).** *Das Klima Kretas*. Doctoral Thesis, University of Thessaloniki, 105 pp. (in Greek).

- Phitos, D. (1975).** *Taxonomic and floristic research in Greece during the last decade 1961-1971*, Mem. Soc. Proteriana 24:579-597.
- Pignatti, S. (1982).** *Flora d' Italia*, Bologna.
- Pleger, R. (1981).** *Zufallsbedingte Pflanzengemeinschaften der suedaegäischen Kleinstinseln*. Diploma thesis, Free University, Berlin (unpublished).
- Poulakakis, N., P. Lymberakis, A. Antoniou, D. Chalkia, E. Zouros, M. Mylonas & E. Valakos (2003).** *Molecular phylogeny and biogeography of the wall-lizard Podarcis erhardii (Squamata: Lacertidae)*, Molecular Phylogenetics and Evolution, 28: 38-46.
- Preston, F.W. (1962a).** *The canonical distribution of commonness and rarity*. Ecology 43: 185-215.
- Preston, F.W. (1962b).** *Time and space and the variation of species*, Ecology 43(2): 185-215.
- Παπαμίχος, Ν.Θ. (1990).** *Δασικά εδάφη. Σχηματισμός, ιδιότητες, συμπεριφορά*, Έκδοση Β' βελτιωμένη, Θεσσαλονίκη.
- Παπαπέτρου – Ζαμάνη, Α. (1966).** *Συμβολή στη γνώση των Νεογενών πετρωμάτων στην περιοχή του Ηρακλείου Κρήτης*, Ann. Geol. Pays Hellen., 16: 207-232.
- Παπαπέτρου – Ζαμάνη, Α. (1973).** *Φυσικογεωγραφική μελέτη της νήσου Κρήτης*, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Παπαπέτρου – Ζαμάνη, Α. & Ψαριανός, Π. (1978).** *Απόψεις για την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της Αιγαίδος*, Ann. Geol. Pays Hellen., 29: 187-194.
- Πουλακάκης, Ν. (1997).** *Βιογεωγραφική ανάλυση των χερσαίων μαλακίων του νησιωτικού συγκροτήματος του Καστελορίζου*, Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης.
- Quamen, D. (1996).** *Song of the Dodo*. Touchstone, New York.
- Rackham, O. (1978).** *The flora and vegetation of Thera and Crete before and after the Great Eruption*, in: Doumas, C. & Puchelt H.C., *Thera and the Aegean World*.
- Rackham, O. & J. Moody (1996).** *The making of the Cretan landscape*, Manchester University Press.
- Rafe, R.W., M.B. Usher, & R.G. Jefferson (1985).** *Birds on reserves: The influence of area and habitat on species richness*, Journal of Applied Ecology, 22: 327-335.
- Raus, T. (1989).** *Die Flora von Armathia und der Kleininseln um Kasos (Dodekanes, Griechenland)*, Bot. Chron. 9(1-2).
- Raus, Th. (1991).** *Asia or Europe? – The phytogeographical position of the Karpathos Archipelago (SE Aegean, Greece)*, Fl. Veg. Mundi 9:301-310.
- Rechinger, K.H. (1943).** *Flora Aegaea. Flora der Inseln und Halbinseln des aegäischen Meeres*, Akad. Wiss. Wien, Math. – Naturwiss. Kl., Denkschr. 105/1.

- Rechinger, K.H. (1950).** *Grundzuege der Pflanzenverbreitung in der Aegaeis I-III*, Vegetatio 2:55-119, 239-308, 365-386.
- Rechinger, K.H., Rechinger – Moser, F. (1951).** *Phytogeographia Aegaea*, Akad. Wiss. Wien, Math. – Naturwiss. Kl., Denkschr. 105/2.
- Rechinger, K.H. (1967).** *Die pflanzengeographische Stellung Kytheras und Antikytheras*, Boissiera 13:197-200.
- Rejmanek, M. & E. Rosen (1992).** *Influence of colonizing shrubs on species – area relationships in alvar plant communities*. Journal of Vegetation Science, 3: 625-630.
- Ricklefs, R.E. (1979).** *Ecology*, 2nd edition, Chiron Press, New York.
- Ricklefs, R.E. & D. Schulter (1993) (eds.).** *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*. Chicago University Press, Chicago.
- Ricklefs, R.E. & I.J. Lovette (1999).** *The roles of island per se and habitat diversity in the species-area relationships of four Lesser Antillean faunal groups*, Ecology, 68: 1142-1160.
- Rikli, M., Ruebel, E. (1923).** *Ueber Flora und Vegetation von Kreta und Griechenland*, Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zuerich 68:103-227.
- Roden, C.M. (1998).** *Persistence, extinction, and different species pools within the flora of lake islands in western Ireland*, Journal of Biogeography, 25: 301-310.
- Rosenzweig, M.L. (1995).** *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press.
- Runemark, H. (1969).** *Reproductive drift, a neglected principle in reproductive biology*, Bot. Not. 122: 90-129.
- Runemark, H. (1970).** *The role of small populations for the differentiation in plants*, Taxon, 19: 196-201.
- Runemark, H. (1971).** *The phytogeography of the Central Aegean*, Opera Botanica 30:20-28.
- Rydin, H. & S.O. Borgegard (1988).** *Plant species richness on islands over a century of primary succession: Lake Hjaelamaren*, Ecology, 69: 916-927.
- Sachse, M., Mohr, B.A.R. (1996).** *Eine obermiozaene Makro- und Mikroflora aus Suedkreta (Griechenland), und deren palaeoklimatische Interpretation.-Vorlaeufige Betrachtungen*, N. Jb. Geol. Palaeont. Abh. 200, ½, 149-182.
- Sakamoto, Y., M. Ishiguro & G. Itagawa (1986).** *Akaike Information Criterion Statistics*, KTK Scientific Publishers, Tokyo.
- Schoener, T.W. (1976).** *The species – area relationship within archipelagoes: models and evidence from island birds*, Proceedings of the XVI International Ornithological Congress, 6: 629-42.
- Sfenthourakis, S. (1996).** *The species–area relationship of terrestrial isopods (Isopoda; Oniscidea) from the Aegean archipelago (Greece): a comparative study*, Global Ecology and Biogeography Letters, 5: 149–157.

Shafer, C.L. (1990). *Nature reserves: Island Theory and Conservation Practice*, Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

Shmida, A. & M.V. Wilson (1985). *Biological determinants of species diversity*, *Journal of Biogeography*, 12:1-20.

Simberloff, D.S. (1976). *Experimental zoogeography of islands: effects of island size*, *Ecology* 57: 629-648.

Snogerup, S. (1967). *Studies in the Aegean Flora, XVI. Erysimum sect. Cheiranthus. B. Variation and Evolution in the small – population system*, *Opera Bot.*, 14: 1-86.

Snogerup, S. (1971). *Evolutionary and plant geographical aspects of chasmophytic communities*, in: Davis, P.H., P.C. Harper & L.C. Hedge (eds.), *Plant life of South-West Asia*, 157-170. Botanical Society of Edinburgh, Edinburgh.

Snogerup, S. & B. Snogerup (1987). *Repeated floristical observations on islets in the Aegean*, *Plant Syst. Evol.*, 155: 143-164.

Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. (1981). *Biometry*, 2nd edition, WH Freeman & Company, New York.

Sondaar, P.Y. (1971). *Paleozoogeography of the Pleistocene mammals from the Aegean*, *Opera Bot.*, 30: 65-70.

Sondaar, P.Y., Boekschoten, G.J. (1967). *Quaternary mammals in the South Aegean island arc; with notes on other fossil mammals from the coastal regions of the Mediterranean. I-II.* *Proc. Kon. Nederl. Akad. Wetensch. Ser. B*, 70:556-576.

Strid, A. (1970). *Studies in the Aegean Flora, XVI. Biosystematics of the Nigella arvensis complex with special reference to the problem of non-adaptive radiation*, *Opera Bot.*, 28: 1-169.

Strid, A. (1972). *Some Evolutionary and Phytogeographical Problems in the Aegean*, in: Valentine, D.H. (eds.): *Taxonomy, phytogeography and evolution*, Acad. Press, pp. 289-299.

Strid, A. (1996). *Phytogeographia Aegaea and the Flora Hellenica Database*, *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 98 B Suppl.:279-289.

Sugihara, G. (1980). *Minimal community structure: an explanation of species abundance patterns*, *American Naturalist*, 116: 770-787.

Σφενδουράκης, Σ. (1994). *Βιογεωγραφία, συστηματική και στοιχεία οικολογίας των χερσαίων ισοπόδων των νησιών του κεντρικού Αιγαίου*, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, pp. 293.

Tonn, W.M. & J.J. Magnuson (1982). *Patterns in the species composition and richness of fish assemblages in Northern Wisconsin Lakes*, *Ecology*, 63(4):149-166.

Triantis, K.A., M. Mylonas, K. Lika & K. Vardinoyannis (2003). *A model for the species-area-habitat relationship*, *Journal of Biogeography*, 30, 19-27.

Τριάντης, Κ. (2002). *Βιογεωγραφία, Συστηματική και Οικολογία των χερσαίων μαλακίων στο αρχιπέλαγος της Σκύρου*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας.

Τριχάς, Α. (1996). Οικολογία και Βιογεωγραφία των εδαφικών κολεοπτέρων στο Νότιο Αιγαίο, με έμφαση στη σύνθεση, εποχιακή και βιοτοπική διαφοροποίηση και ζωογεωγραφία των οικογενειών *Carabidae* και *Tenebrionidae*, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας.

Tzanoudakis, D. & Z. Kyriotakis (1993). *Allium platakisii*, a new species of the Greek insular flora. *Fl. Medit.*, 3, 309-314.

Tzanoudakis, D. & M. Panitsa (1995). *The flora of the Greek islands*, *Ecologia Mediterranea XXI* (1/2):195-212.

Tzanoudakis, D., G. Iatrou, M. Panitsa & P. Trigas (1998). *Contribution to the study of the Greek insular flora: Antikythera and the islets around Kythera*, in: Tsekos, I. & M. Moustakas (eds.), *Progress in botanical research: Proceedings of the 1st Balkan Botanical Congress*. Kluwer Academic Publishers, Boston and Dordrecht, pp. 177-180.

Turland, N.J., Chilton, L., Press, J.R. (1993). *Flora of the Cretan area. Annotated Checklist and Atlas*, London: H.M.S.O.

Velitzelos, E. & H.J. Gregor (1990). *Some Aspects of the Neogene Floral History in Greece*, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 62: 291-307.

Verginis, S. (1976). *Die Palaeogeographische Entwicklung des kykladischen Massivs (Alte Egeide) und ein Vergleich mit dem Alpinen Raum*, *Et. Kykl. Meleton*, 1974-76: 1-35.

Wagenitz, G. (1996). *Wörterbuch der Botanik*, Gustav Fischer Verlag Jena.

Willerslev, E., A.J. Hansen, K. Klitgaard Nielsen & H. Andersen (2002). *Number of endemic and native plant species in the Galapagos Archipelago in relation to geographical parameters*, *Ecography*, 25(1), 109 – 119.

Williams, C.B. (1964). *Patterns in the Balance of Nature*. London: Academic Press.

Williamson, M. (1981). *Island Populations*, Oxford University Press, Oxford.

Williamson, M. (1988). *Relationship of species number to area, distance and other variables*, in: *Analytical Biogeography* (A.A. Myres & P.S. Giller eds.) p. 91-115, Chapman & Hall, New York.

Wilson, E.O. (1961). *The nature of the taxon cycle in the Melanesian ant fauna*, *American Naturalist*, 95: 169-193.

Whittaker, R.H., S.A. Levin & R.B. Root (1973). *Niche, habitat and ecotope*, *American Naturalist* 107: 321-338.

Whittaker, R.H. (1975). *Communities and ecosystems*. MacMillan, New York.

Woodroffe, C.D. (1986). *Vascular plant species – area relationships on Nui Atoll, Tuvalu, Central Pacific: a reassessment of the small island effect*, *Australian Journal of Ecology*, 11: 21-31.

Wu, J. & J.L. Vankat (1995). *Island Biogeography: Theory and Applications*, in: Nierenberg, W.A. (ed.), *Encyclopedia of Environmental Biology*, Vol. 2, pp. 371 – 379, Academic Press, San Diego.

Χατζάκη, Μ. (2003). Η εδαφική αραχνοπανίδα της Κρήτης (Οικογένεια Gnaphosidae): Συστηματική Οικολογία και Βιογεωγραφία, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας.

Yannitsaros, A. (1998). *Additions to the flora of Kithira (Greece) I*, Willdenowia 28:77-94.

Yapp, R.H. (1922). *The concept of habitat*, Jour. Ecol. 10:1-17.

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (1999). Σεισμός. Η γνώση είναι προστασία. Οργανισμός αντισεισμικού σχεδιασμού και προστασίας, Αθήνα.

Zaffran, J. (1990). *Contributions a la flore et a la végétation de la Crète*. Publications de l' Université de Provence, Aix en Provence, 615 pp.

Zohary, M. & Orshan, G. (1966). *An outline of the Geobotany of Crete*, Israel Journal of Botany.