



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

2/27/2014

ΘΕΜΑ : Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΤΟΥ
ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΥ ΤΟΠΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΤΩΝ
ΕΠΙΚΟΝΙΑΣΤΩΝ

ΕΚΠΟΝΗΣΗ: ΖΑΧΑΡΙΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

Καθ. ΠΕΤΑΝΙΔΟΥ ΘΕΟΔΩΡΑ

ΕΠΙΤΡΟΠΗ: Καθ. ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Καθ. ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΜΥΤΙΛΗΝΗ 2014

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο	Τίτλος	Σελίδα
	Ευχαριστίες	2
	Περίληψη	3
	ABSTRACT	3
1	Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας	4
1.1	<i>Η επιστήμη της οικολογίας τοπίου</i>	4
1.2	<i>Η οικολογία των άγριων μελισσών και της επικονίασης</i>	6
1.3	<i>Χρήση/κάλυψη γης - Δομή/εξέλιξη/μεταβολή του τοπίου</i>	8
1.4	<i>Οικολογία τοπίου και Σ.Γ.Π.</i>	10
1.5	<i>Εφαρμογές τηλεπισκόπησης</i>	11
2	Υλικά και Μέθοδοι	12
2.1	<i>Λήμνος</i>	12
2.2	<i>Κλίμα Λήμνου</i>	13
2.3	<i>Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων</i>	14
2.4	<i>Επιλογή και Εκτίμηση των Δεικτών Χωρικής Διάρθρωσης του τοπίου</i>	16
2.5	<i>Στατιστική επεξεργασία δεδομένων στην R</i>	17
3	Αποτελέσματα για συζήτηση	18
3.1	<i>Χάρτες επεξεργασίας και αποτελεσμάτων της περιοχής</i>	18
3.2	<i>Στατιστικά αποτελέσματα</i>	24
4	Συμπεράσματα	34
5	Παράρτημα	35
6	Βιβλιογραφία	39

Ευχαριστίες

Η παρούσα μελέτη εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Βιογεωγραφίας και Οικολογίας του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2013-2014 στο πλαίσιο του προπτυχιακού προγράμματος του Τμήματος Γεωγραφίας

Πριν την παρουσίαση της πτυχιακής μου εργασίας θεωρώ πως είναι απαραίτητο να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν, με τις γνώσεις και την βοήθειά τους για την ολοκλήρωση της διατριβής μου, καθώς και την επίλυση διαφόρων προβλημάτων τα οποία προέκυψαν στην πορεία. Έτσι λοιπόν θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα αυτής της εργασίας και καθηγήτρια μου κα. Πετανίδου Θεοδώρα για την άριστη συνεργασία που είχαμε όλο αυτό τον καιρό, για της συμβουλές καθώς και για την εμπιστοσύνη της στο θέμα το οποίο μου ανέθεσε. Επίσης τον Λέκτορα (υπό διορισμό) του Τμήματος Γεωγραφίας κ. Tscheulin Thomas για την συμμετοχή του στην τριμελή επιτροπή, αλλά και για την συνεχή και κοντινή επίβλεψη του καθ' όλη την διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας. Οι χρήσιμες υποδείξεις του καθώς και το μεγάλο ενδιαφέρον του ήταν απαραίτητα και χρήσιμα για την διεκπεραίωση της εργασίας μου.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή του Τμήματος περιβάλλοντος Κ. Χατζόπουλο Ιωάννη και τον Κ. Δημητρακόπουλο Παναγιώτη για την συμμετοχή τους στην επιτροπή εξέτασης της διατριβής μου. Ένα μεγάλο ευχαριστώ επίσης στους Νεοκοσμίδη Λάζαρο και Devalez Jelle όπου ήταν πάντα πρόθυμοι και υπομονετικοί να με βοηθήσουν όταν χρειαζόταν αντίστοιχα ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά την τηλεπισκόπηση και τις άγριες μέλισσες, και βέβαια και στα υπόλοιπα μέλη του εργαστηρίου Καντσά Αφροδίτη και Αντωνία Χρόνη που απαντούσαν πρόθυμα σε όλες τις απορίες μου.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον καλό μου φίλο και συνάδελφο Τσαλκάτη Παναγιώτη για την στήριξη, συμπαράσταση και τις γνώσεις του στο κομμάτι ενδιαφέροντος του σχετικά με την οικολογία των μελισσών.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά την επίδραση του τοπίου, στο νησί της Λήμνου, πάνω στην αφθονία και ποικιλότητα 5 οικογενειών μελισσών. Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων μελισσών (Μελισσοθήκη του Αιγαίου) που συλλέχθηκαν το 2012 από μέλη του Εργαστηρίου Βιογεωγραφίας και Οικολογίας στο πλαίσιο του έργου Θαλής, καθώς και δορυφορικές εικόνες του νησιού. Η υπόθεση εργασίας, που στηρίχθηκε σε προηγούμενες εργασίες, ήταν ότι το τοπίο επηρεάζει την αφθονία των μελισσών που συλλέχθηκαν σε κάθε περιοχή.

Χρησιμοποιήσαμε 10 περιοχές δειγματοληψίας (sites) για τις οποίες δημιουργήσαμε δυο ζώνες εγγύτητας (buffers): μια 250 μέτρων και μία 500 μέτρων. Στην αρχή δημιουργήσαμε ένα χάρτη κάλυψης της Λήμνου μέσω του λογισμικού Erdas imagine 2013 για να τον χρησιμοποιήσουμε στην εξαγωγή δεικτών τοπίου μέσω του λογισμικού Fragstat. Ακολούθως, μέσω του λογισμικού R έγινε στατιστική ανάλυση των δεικτών σε σχέση με τα δεδομένα για κάθε οικογένεια μελισσών για να ερευνήσουμε το πώς επηρεάζει το τοπίο της οικογένειες μελισσών που μελετήσαμε. Τα αποτελέσματα δεν ήταν και τόσο αναμενόμενα διότι στους 100 συνδυασμούς δεικτών και μελισσών παρατηρήθηκαν 8 στατιστικά σημαντικά, 4 στα 250 μέτρα και 4 στα 500 μέτρα για δυο μόνο οικογένειες από τις πέντε που είχαμε αρχικά.

ABSTRACT

This study concerns the landscape's influence on the abundance and diversity on five different pollinators' families in the island of Limnos. For this research I've used the bee records in the THALIS-database (Melissothikh tou Aigaiou). The bees were collected in 2012 by researchers of the laboratory of Biogeography and Ecology, at the Geography Faculty of the University of the Aegean. Accomplishing the Program "Thalis", by combining satellite images of the island. The hypothesis was based on an earlier work, says that the landscape affects the abundance of bees collected in each area. At the beginning we used 10 different sampling areas (sites), for which one of them, we created two proximity zones (Buffers): a 250 meter and one 500 meters.

We established a land cover map of Limnos, with the software "Erdas Imagine 2013", to export landscape's indexes via "Fragstat". After that, using the statistical software "R", we made a statistical analysis about the indexes compared with the data for each bee family. We would like to research how much the landscape influence the different bee's families we previously studied. The results at this final research were not quite expected, because the expectation is to have a higher number of connections among landscape and pollinators. At our 100 combinations of indexes and bees, we observed 8 different indexes with a high significance, 4 of them at 250 meters, and another 4 at 500 meters for only two of the five bees' families we had at the beginning of our research.

Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

1.1 Η επιστήμη της οικολογίας τοπίου

Η οικολογία τοπίου θεωρείται ένας από του νεότερους κλάδους της οικολογίας. Οι αρχές της επιστήμης θεμελιώθηκαν μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο κυρίως στην κεντρική και ανατολική Ευρώπη αν και υπήρξε ποιο ευδιάκριτη ως επιστημονικός κλάδος στην βόρεια Αμερική στην αρχή της δεκαετίας του 1980 (Farina, 2000). Ο όρος “οικολογία τοπίου” αναφέρθηκε για πρώτη φορά από τον Γερμανό βίο γεωγράφο Carl Troll στα τέλη του 1939 με σκοπό να μπορέσει να περιγράψει μια νέα για εκείνη την εποχή επιστήμη, η οποία προήλθε από την ένωση της οικολογίας των φυτοκοινωνιών με την αντίληψη της γεωμορφολογίας μιας περιοχής αλλά και την χρήση αεροφωτογραφίας.

Οι Vos και Stortelder (1992), όρισαν την οικολογία τοπίου ως την μελέτη των λειτουργικών και δομικών χαρακτηριστικών που διαμορφώνουν μία χαρακτηριστική διάταξη οικοσυστημάτων, καθώς επίσης και τις μεταβολές των χαρακτηριστικών αυτών στο χρόνο. Από την άλλη οι Naveh και Liberman (1994) αναφέρουν ότι η οικολογία τοπίου συνδέει τις γεωγραφικές, οικολογικές, ιστορικές και πολιτισμικές πλευρές των τοπίων μέσα από την μελέτη των χρήσεων γης. Ο Farina (1998) προτείνει ότι κάθε τοπίο αποτελείται από ένα σύνολο κοινωνικοοικονομικών και οικολογικών λειτουργιών που δρουν μέσα σε αυτό, ενώ σύμφωνα με τον Bankon (1998), η οικολογία τοπίου στοχεύει στο να εξηγήσει τον τρόπο με τον οποίο οι φυσικές και πολιτισμικές διεργασίες αλληλεπιδρούν κι επεξηγούν την ανθρώπινη επίδραση στο περιβάλλον. Έτσι τα κύρια χαρακτηριστικά στα οποία εστιάζει η οικολογία τοπίου είναι:

- Η Δομή του τοπίου, δηλαδή η χωρική σχέση μεταξύ των διακριτών οικοσυστημάτων ή «στοιχείων» του τοπίου, της κατανομής ενέργειας, της ύλης και των ειδών, σε σχέση με το μέγεθος, το σχήμα, τον αριθμό, το χαρακτήρα και τη μορφή των οικοσυστημάτων,
- Η Λειτουργία του τοπίου, δηλαδή η αλληλεπίδραση μεταξύ των χωρικών στοιχείων-συστατικών όπως της ροής της ενέργειας, της ύλης και των ειδών στα οικοσυστήματα,
- Η Αλλαγή του τοπίου, δηλαδή η μεταβολή στη δομή και τη λειτουργία του οικολογικού μωσαϊκού με την πάροδο του χρόνου

Η οικολογία τοπίου συνδυάζει τη μελέτη των επαναλαμβανόμενων μοτίβων (patterns) του τοπίου, την αλληλεπίδραση μεταξύ των διακριτών τμημάτων του (patches) στο μωσαϊκό του τοπίου και το πώς τα επαναλαμβανόμενα μοτίβα του τοπίου και οι αλληλεπιδράσεις τους αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Επίσης, η οικολογία τοπίου εξετάζει την εξέλιξη και τη δυναμική της χωρικής ετερογένειας,

την επίδρασή της στις οικολογικές διεργασίες καθώς και τη διαχείρισή της (McGarigal and Marks, 1994), ενώ η εννοιολογική και θεωρητική βάση της οικολογίας τοπίου συνδέει τις φυσικές με τις κοινωνικές επιστήμες. Συνεπώς, η οικολογία τοπίου εστιάζει (www.landscape-ecology.org):

- στο χωρικό μοτίβο ή τη δομή του τοπίου, που μπορεί να κυμαίνεται από μια φυσική περιοχή έως και ένα αστικό περιβάλλον
- τη σχέση μεταξύ μοτίβου και εξελίξεων στο τοπίο
- τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο μοτίβο του τοπίου, καθώς επίσης την εξέλιξη ή την αλλαγή του τοπίου
- την επίδραση της διαταραχής και της κλίμακας στην οποία λαμβάνει χώρα, στο τοπίο

Έτσι λοιπόν, η οικολογία τοπίου δεν θα πρέπει να γίνεται αντιληπτή ως χωρική επίπτωση της κλιμακούμενης αύξησης του πληθυσμού και της οικολογίας των οικοσυστημάτων ή ως ένας άλλος κλάδος της βιογεωγραφίας, αλλά σαν μια σύνθεση μεταξύ επιστημών που σκοπό έχει την λύση των προβλημάτων, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ της οικολογίας των οργανισμών και της οικολογίας του ανθρώπου. Αυτή η προσέγγιση αποτελεί επιτακτική ανάγκη για τη βιώσιμη διαχείριση του τοπίου, ενόψει της ταχύτατης παγκόσμιας υποβάθμισής του και της απώλειας των βιολογικών, πολιτιστικών και θεματικών στοιχείων του και απαιτεί μια καλύτερη κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του τοπίου και των πολιτιστικών και κοινωνικών δυνάμεων που το οδήγησαν στην παρούσα κατάσταση και μορφή του (Naveh, 1995).

1.2 Οικολογία των άγριων μελισσών και τις επικονίασης

Η σχέση φυτών - επικονιαστών θεωρείται και είναι μία από τις πιο σημαντικές αλληλεπιδράσεις στην οικολογία μεταξύ φυτών και ζώων. Θα ήταν πολύ δύσκολο χωρίς τους επικονιαστές να αναπαραχθούν και να δώσουν σπέρματα. Χωρίς τα φυτά, φυσικά, τα οποία παρέχουν οξυγόνο, δεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα, δίνουν γύρη, νέκταρ και άλλα χρήσιμα για την επιβίωση γνωρίσματα, ο πληθυσμός πολλών αν όχι όλων των οργανισμών θα μειωνόταν δραστικά με άμεσες συνέπειες και για άλλα είδη (Kearns et al. 1998). Αν κοιτάξουμε σε παγκόσμια κλίμακα, οι επικονιαστές δεν είναι μόνο εξημερωμένοι πληθυσμοί αλλά και άγριοι όπως έντομα, πουλιά και άλλα είδη, στην πλειονότητά τους όμως, οι επικονιαστές είναι έντομα, στα οποία οι σημαντικότερες ομάδες (ταξινομικές, αλλά και λειτουργικές) είναι οι μέλισσες (Hymenoptera Apoidea:), οι Συρφίδες (Diptera: Syrphidae) και οι Βομβυλίδες (Diptera: Bombyliidae:) (Πετανίδου 2010).

Οι μέλισσες χωρίζονται σε τρεις ομάδες: σε κοινωνικές, άγριες μοναχικές μέλισσες και τις άγριες κοινωνικές μέλισσες (δηλ. τους βομβίνους) (Steffan-Dewenter et al. 2002). Το εύρος πτήσης των άγριων μοναχικών μελισσών είναι περίπου 250 m (Steffan-Dewenter et al. 2002, Krauss et al. 2003). Ενώ, το εύρος πτήσης των άγριων κοινωνικών μελισσών και των κοινωνικών μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 3.000 m (Steffan-Dewenter et al. 2002, Krauss et al. 2003, Jonsen & Fahrig 1997).

Η επικονίαση είναι η διαδικασία μεταφοράς της γύρης από τους ανθήρες ενός άνθους στο στίγμα του ίδιου άνθους ή στο στίγμα άλλου άνθους του ίδιου ή άλλου φυτού (Πετανίδου 1999). Η επικονίαση πραγματοποιείται τόσο με βιοτικό τρόπο (μέσο κάποιου ζώου, συνήθως εντόμων), όσο και με αβιοτικό τρόπο (π.χ. άνεμος, νερό). Ειδικότερα, η επικονίαση με βιοτικό τρόπο πραγματοποιείται κυρίως με τη βοήθεια πουλιών, εντόμων, νυχτερίδων, θηλαστικών. Τα έντομα επικονιαστές που πραγματοποιούν την επικονίαση είναι: οι μέλισσες (υπεροικογένεια Apoidea), οι συρφίδες (οικογένεια Syrphidae) καθώς και άλλες ομάδες (Πετανίδου 2011). Οι σχέσεις φυτών και επικονιαστών θεωρείται από τις πιο οικολογικά σημαντικές. Χωρίς τους επικονιαστές, πολλά φυτά δεν θα μπορούσαν να παράγουν σπόρους και να αναπαραχθούν. Επίσης, οι ανθικές παροχές γύρης και νέκταρος είναι σημαντικότερες έως και θεμελιώδεις για την επιβίωση διάφορων ομάδων επικονιαστών (Kearns et al. 1998).

Ως διαδικασία η επικονίαση είναι πολύ σημαντική καθώς αποτελεί έναν καταλυτικό παράγοντα εξέλιξης της ζωής. Υπάρχει μία ιδιαίτερη αλληλεξάρτησης μεταξύ επικονιαστών και φυτών, που σχετίζεται με την επιβίωση και την εξέλιξη τους. Έτσι, αποδεικνύεται η στενή εξελικτική σχέση μεταξύ τους (Πετανίδου 1999). Η εξέλιξη μεταξύ των ανθοφόρων φυτών και επικονιαστών ξεκίνησε 100 εκατομμύρια χρόνια πριν, στην αρχή της Κρητιδικής περιόδου στη Βόρεια Ισπανία, όπου εντοπίστηκε ένα απολίθωμα, όπου υπήρχαν έντομα (Peñalver et al. 2012).

Αν εστιάσουμε στην γειτονιά μας, δηλαδή στην μεσογειακή λεκάνη, η σημασία της επικονίασης για τη βιοποικιλότητα είναι τεράστια καθώς θεωρείται ένα από τα 18 παγκόσμια «θερμά σημεία» βιοποικιλότητας (biodiversity “hotspots”) (Myers 1990). Πράγματι τα μεσογειακά οικοσυστήματα μπορούν να χαρακτηριστούν από μεγάλη χωρική καθώς και χρονική ετερογένεια, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός δυναμικού μωσαϊκού ενδιατημάτων (Rundel et al. 1998). Μάλιστα, οι αλληλεπιδράσεις των γεωλογικών, τοπογραφικών, εδαφολογικών, κλιματικών και ανθρωπογενών παραγόντων, οι οποίοι καθορίζουν την πολυπλοκότητα αυτών των περιοχών, μπορούν να θεωρηθούν ως υπεύθυνες για τη

δημιουργία και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας (Blondel & Aronson 1999). Τη ποικιλότητα αυτή μπορούμε να τη διακρίνουμε τόσο χωρικά όσο και χρονικά καθώς μπορεί και αντανακλάται στα μεγάλα επίπεδα ενδημισμού όπου αναφέρονται στα φυτά (Gomez-Campo 1985) καθώς και στα έντομα (Baletto & Casale 1991). Οι Blondel & Aronson (1999) αναφέρουν ότι η Μεσογειακή λεκάνη της Νότιας Ευρώπης περιέχει το 7,8% της φυτικής χλωρίδας του κόσμου με 25.000 είδη (Quezel 1985), εκ των οποίων η μεγαλύτερη πλειοψηφία είναι εντομόφιλα (Petanidou & Vokou 1993, Dafni & O'Toole 1994), αν και αντιπροσωπεύουν μόνο το 1,6% της επιφάνειας του πλανήτη.

1.3 Χρήση / Κάλυψη Γης– Δομή / Εξέλιξη / μεταβολή του Τοπίου

Για τις έννοιες της χρήσης γης (land use) και της κάλυψης γης (land cover) έχουν αναπτυχθεί διάφορες απόψεις. Το Συμβούλιο της Καλιφόρνια (California Council on Intergovernmental Relation 1973) όρισε ως χρήση γης την κατοχή ή διασφάλιση οποιασδήποτε επιφάνειας, υδάτινης ή χερσαίας, για ανθρώπινη δραστηριότητα με προκαθορισμένο σκοπό. Οι Vos and Stortelder (1992) ονόμασαν χρήση γης την όποια μόνιμη ή περιοδική ανθρώπινη επέμβαση, υλικά ή/και πνευματικά, στους φυσικούς ή τεχνητούς πόρους με σκοπό την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών. Ο Karteris (1991) συνόψισε τη χρήση γης στη συσχέτιση μιας επιφάνειας γης με τις ανθρώπινες δραστηριότητες και κυρίως τις οικονομικές. Ο ίδιος συμπληρώνει ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες που αναπτύσσονται στις χρήσεις γης δεν είναι άμεσα ορατές αλλά διαπιστώνονται εκ του αποτελέσματός τους. Ο όρος κάλυψη γης (land cover) συμπληρώνει τη φυσική διάσταση στη χρήση γης. Όπως διατύπωσε ο Bankon το 1998 με τον όρο κάλυψη γης περιγράφονται οι κατηγορίες των στοιχείων που καλύπτουν την επιφάνεια του τοπίου, όπως κτίρια, λίμνες, δάση, βραχώδεις εξάρσεις κ.α. Όσον αφορά στην αναγνώριση των κατηγοριών χρήσης γης και κάλυψης γης, σύμφωνα με τον Bankon (1998), για την πρώτη δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα με τη χρήση μεθόδων τηλεπισκόπησης και φωτοερμηνείας, καθώς δεν είναι πάντα εμφανείς, σε αντίθεση με τις κατηγορίες κάλυψης γης, οι οποίες είναι ευδιάκριτες. Ο ίδιος πάντως αναφέρει ότι στα μεσογειακά τοπία, τα οποία είναι ποικιλόμορφα και διασπασμένα, λόγω της έντονης ανθρώπινης δραστηριότητας αιώνων, καθίσταται δυνατό από τις κατηγορίες κάλυψης γης να εξαχθούν οι αντίστοιχες κατηγορίες χρήσης γης. Γι' αυτό προτείνει τη χρήση του όρου χρήση/κάλυψη γης, συμφωνώντας με τους Καρτέρη και Τσομπανίκο, (1986) οι οποίοι είχαν διατυπώσει την ίδια άποψη, όρος που γίνεται αποδεκτός και στην παρούσα εργασία.

Η αναγνώριση των κατηγοριών χρήσης/κάλυψης γης που συγκροτούν ένα τοπίο, καθώς και η διάρθρωσή τους σ' αυτό, αποδίδει το μωσαϊκό του τοπίου, το οποίο είναι η απεικόνιση της αλληλεπίδρασης ανθρώπου- περιβάλλοντος. Τα στοιχεία που απορρέουν από αυτή την πληροφορία είναι σημαντικά για τη λήψη διαφόρων αποφάσεων σε μια πληθώρα τομέων από κοινωνικοοικονομικούς και περιβαλλοντικούς μέχρι καθαρά επιστημονικούς.

Η μελέτη και ανάλυση ενός τοπίου μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή ίσως να δίνει πληροφορίες επαρκείς για την κάλυψη της γης αλλά όχι και για τη χρήση της γης. Για να μπορεί να εκτιμηθεί σφαιρικά το μωσαϊκό ενός τοπίου δεν αρκεί η χωρολογική ανάλυσή του, αλλά είναι απαραίτητη και η διαχρονική μελέτη της εξέλιξης του μέσα από την εξέλιξη των κατηγοριών χρήσης/κάλυψης γης που το συγκροτούν. Όπως αναφέρει και ο Bankon (1998), η κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα τοπία και ιδιαίτερα τα μεσογειακά

είναι αποτέλεσμα των διαχρονικών αλλαγών των χρήσεων γης, οι οποίες προέκυπταν από τα εκάστοτε καθεστώτα διαχείρισής τους. Επομένως, η ανάλυση των διαχρονικών μεταβολών του τοπίου οδηγεί σε χρήσιμα συμπεράσματα για το μέλλον. Για παράδειγμα οι Vos and Stortelder (1992) μελετώντας τη διαχρονική εξέλιξη των χρήσεων γης στην κοιλάδα Solano της Ιταλίας, έκαναν πρόβλεψη σχετικά με τη μελλοντική εξέλιξη των χρήσεων γης στην περιοχή. Το ίδιο έκανε και ο Χουβαρδός (2007) στο τοπίο του Λαγκαδά με την δημιουργία μελλοντικών σεναρίων και πρόγνωσης με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης των διαχρονικών μεταβολών της περιοχής. Οι παράγοντες που επιδρούν και διαμορφώνουν τα τοπία καθορίζοντας την εξέλιξή τους είναι απαραίτητη πληροφορία για την ολοκληρωμένη εικόνα της πορείας των αλλαγών που συντελούνται στα τοπία. Εδώ μπορούμε να συμπληρώσουμε ότι εκτός της αλλαγής του τοπίου έχουμε και αλλαγή της οικολογία, της βιοποικιλότητας και μερικές φορές εξαφάνιση κάποιων ειδών μιας περιοχής και εμφάνιση νέων συμβατών με τη χρήση/κάλυψη γης. Το ερώτημα είναι όμως πως συμβαίνει αυτή η αλλαγή και σε τι χρονικό ορίζοντα.

Οι παράγοντες αυτοί είναι είτε φυσικοί είτε ανθρωπογενείς (Farina 1998). Τα φυσικά φαινόμενα που επιδρούν στα τοπία είναι κυρίως απόρροια κλιματικών συνθηκών (πλημμύρες, κεραυνοί, παγετός, φωτιά κ.α.). Οι ανθρωπογενείς παράγοντες είναι μεγαλύτερης βαρύτητας λόγω της επαναλαμβανόμενης δράσης τους (Χουβαρδός 2001). Σύμφωνα με τον Farina (1998), τα αίτια των αλλαγών στα τοπία που συνδέονται με ανθρώπινες δραστηριότητες είναι:

1. Εντατικοποίηση της αγροτικής παραγωγής
2. Εγκατάλειψη της γης
3. Επίδραση των πυρκαγιών
4. Υλοτομίες
5. Επίδραση βόσκησης
6. Αστική ανάπτυξη

ενώ ο Χουβαρδός (2001) συμπλήρωσε και τα εξής:

7. Κατασκευή τεχνητών υδάτινων μαζών όπως τα φράγματα
8. Εξορύξεις
9. Πολιτική απόλυτης προστασίας

Ιδιαίτερα για τα παραδοσιακά τοπία, ιδίως στις μεσογειακές χώρες, ο Farina (1998) αναφέρει ότι λόγω του γεγονότος ότι είναι αποτέλεσμα της έντονης ανθρώπινης δραστηριότητας αιώνων, είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε κοινωνικοοικονομικές αλλαγές, όπως η εγκατάλειψη της υπαίθρου και η μηχανοποίηση της γεωργίας και της κτηνοτροφίας. Γι' αυτό και όπως σημειώνει ο Skelton (1998) τα τοπία αυτά εμφανίζουν τάσεις έντονης αλλοίωσης. Σύμφωνα και με τους Ispikoudis and Chouvardas (2005) τα μεσογειακά τοπία υπό την επίδραση δημογραφικών, κοινωνικών, φυσικών και οικονομικών παραγόντων υπόκεινται σε ραγδαίες αλλαγές, συχνά μη αναστρέψιμες.

1.4 Οικολογία τοπίου και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών

Η οικολογία τοπίου μελετά τη δομή και τη διάταξη του τοπίου σε διάφορες χρονικές και χωρικές κλίμακες. Η διάταξη αυτή δημιουργείται ως αποτέλεσμα των διάφορων βιοτικών και αβιοτικών διεργασιών, καθώς και των διαταραχών που συμβαίνουν στο τοπίο. Εξαιτίας λοιπόν των μεταβολών που λαμβάνουν χώρα στα τοπία, η δομή των οικολογικών διαδικασιών στο σύνολό της επηρεάζεται και γεννάται η ανάγκη διεξαγωγής μελετών σε επίπεδο τοπίου. Προκειμένου να γίνουν κατανοητές οι λειτουργίες και οι αλλαγές/μεταβολές που συμβαίνουν, με το πέρασμα του χρόνου, στα τοπία, η ποσοτικοποίηση της δομής/διάταξής τους αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση (Turner, 1990; Lausch and Herzog, 2002).

Μια από τις δυσκολίες που αντιμετώπιζε μέχρι σχετικά πρόσφατα η επιστήμη της οικολογίας τοπίου ήταν το γεγονός ότι δεν υπήρχαν τα απαραίτητα “εργαλεία” για την ανάλυση του όγκου των δεδομένων που απαιτείται, προκειμένου να διεξαχθούν μελέτες στο επίπεδο του τοπίου. Σήμερα, το πρόβλημα αυτό έχει ξεπεραστεί με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών(ΓΣΠ), γνωστά ευρέως και ως GIS (Geographical Information Systems), αποτελούν συστήματα διαχείρισης χωρικών δεδομένων και σχετιζόμενων ιδιοτήτων, ικανά να ενσωματώσουν, αποθηκεύσουν, προσαρμόσουν, αναλύσουν και παρουσιάσουν γεωγραφικά συσχετισμένες (geographically referenced) πληροφορίες (Longley et al., 2005). Στα ΓΣΠ τα δεδομένα αναπαρίστανται με δύο βασικές μορφές: 1) ως διανυσματικά δεδομένα (vector format) με τη μορφή σημείων, γραμμών και πολυγώνων και 2) ως δικτυωτά ή ψηφιδωτά δεδομένα (raster format) οργανωμένα συστηματικά σε κελιά. Η πληροφορία που αποθηκεύεται σε ένα ΓΣΠ έχει δύο ιδιότητες (Μανιάτης, 1993):

- Χωρική πληροφορία που περιγράφει την τοποθεσία και το σχήμα των γεωγραφικών χαρακτηριστικών και τις χωρικές σχέσεις τους με άλλα χαρακτηριστικά και
- Περιγραφική ή μη χωρική πληροφορία η οποία σχετίζεται ή περιγράφει τα χαρακτηριστικά, τις ιδιότητες ή τις τιμές της χωρικής τους θέσης

Η δύναμη του συστήματος βασίζεται στη δυνατότητα που έχει να συνδυάζει τα δύο αυτά είδη πληροφορίας, δηλαδή να συνδέει τις χωρικές με τις περιγραφικές πληροφορίες. Οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες αποτελούν πολύτιμες πηγές δεδομένων για την επιστήμη της οικολογίας τοπίου. Τόσο η χρήση των αεροφωτογραφιών, όσο και των δορυφορικών εικόνων παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, ανάλογα με το είδος και την κλίμακα της έρευνας που επιθυμούμε να διεξάγουμε. Η κυριότερη διαφορά των αεροφωτογραφιών με τις δορυφορικές εικόνες, εκτός του κόστους απόκτησης, που στην περίπτωση των δορυφορικών εικόνων είναι σημαντικά μεγαλύτερο, έγκειται στη χωρική τους ανάλυση (spatial resolution), δηλαδή στη λεπτομέρεια απεικόνισης που συνήθως μετριέται με το μέγεθος του εικονοστοιχείου (pixel). Οι δορυφορικές εικόνες, στην τυπική τους μορφή, παρέχουν δεδομένα με μέγεθος εικονοστοιχείου που κυμαίνεται από 0,6m έως 1km, ενώ οι πολυφασματικοί σαρωτές που χρησιμοποιούνται για τη λήψη αεροφωτογραφιών έχουν ανάλυση η οποία συνήθως κυμαίνεται από 0,1m-5m. Έτσι οι αεροφωτογραφίες προσφέρονται ιδιαίτερα για έρευνες στις οποίες απαιτούνται λεπτομερείς απεικονίσεις, ενώ οι δορυφορικές εικόνες στις περιπτώσεις που επιθυμούμε την κάλυψη μεγαλύτερων γεωγραφικών εκτάσεων (Cox, 1992; Ozesmy and Bauer, 2002; Longley et al., 2005).

Οι εφαρμογές των ΓΣΠ τα τελευταία χρόνια στην επιστήμη της οικολογίας τοπίου είναι αμέτρητες. Ο συνδυασμός δορυφορικών εικόνων ή/και αεροφωτογραφιών με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, έχει εφαρμοστεί σε μεγάλη κλίμακα και έχει αναγνωριστεί ως χρήσιμο και αποτελεσματικό “εργαλείο” για τον προσδιορισμό των αλλαγών/μεταβολών των χρήσεων γης και της μορφής του τοπίου, κυρίως λόγω της αυξημένης βιομηχανοποίησης και αστικοποίησης (Ehlers et al., 1990; Meaille and Wald, 1990; Treitz et al., 1992; Westmoreland and Stow, 1992; Harris and Ventura, 1995; Yeh and Li, 1999), αλλά και εξαιτίας ορισμένων φυσικών διαταραχών (Baker, 1993; Turner, et al., 1994; Lloret, et al., 2002).

1.5 Εφαρμογές Τηλεπισκόπησης

Οι πληροφορίες που λαμβάνουμε από τηλεπισκοπικούς ανιχνευτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μια απλή απεικόνιση ενός τμήματος της επιφάνειας του πλανήτη έως τον υπολογισμό μεταβολής του ανάγλυφου μετά από ένα σεισμικό γεγονός. Πολλοί επιστημονικοί τομείς αξιοποιούν τα δεδομένα αυτά για ειρηνικούς σκοπούς, ο καθένας σύμφωνα με τις ανάγκες του: μετεωρολόγοι για την παρακολούθηση της ατμόσφαιρας και την πρόβλεψη του καιρού, χωροτάκτες για το σχεδιασμό χρήσεων γης, βιολόγοι για τη μελέτη των οικοσυστημάτων και την εφαρμογή και δοκιμή μοντέλων, γεωπόννοι για την αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση γεωργικών εκτάσεων, δασολόγοι για την πρόγνωση και παρακολούθηση δασικών πυρκαγιών, ωκεανογράφοι για τη χαρτογράφηση των βιοφυσικών παραμέτρων των ωκεανών, γεωλόγοι για τον εντοπισμό κοιτασμάτων, τοπογράφοι για την δημιουργία ψηφιακών μοντέλων εδάφους κ.α..

Υλικά και μέθοδοι

2.1 Λήμνος

Η γεωγραφική τοποθεσία της νήσου Λήμνου εντοπίζεται στο βόριο ανατολικό αιγαίο. Θεωρείται το όγδοο μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας το οποίο έχει έκταση 476 τετραγωνικά χιλιόμετρα καθώς είναι και το τέταρτο σε μήκος ακτογραμμής (260 χιλιόμετρα). Μαζί με τον Άγιο Ευστράτιο αποτελούν την επαρχία Λήμνου του νομού Λέσβου. Η πρωτεύουσα και το κύριο λιμάνι της Λήμνου είναι η Μύρινα, το οποίο το όνομα δόθηκε από την γυναίκα του πρώτου βασιλιά του νησιού, του Θόαντα. Ως το 1955 η Μύρινα ονομαζόταν Κάστρο, ονομασία που επικράτησε κατά την ύστερη βυζαντινή περίοδο.

Η Λήμνος είναι ένα ηφαιστειογενές νησί. αξιοσημείωτο είναι πως σε όλο το νησί δεν υπάρχει δάσος, παρά μόνον εκτεταμένες εύφορες πεδιάδες καλλιεργημένες με σιτηρά και αμπέλια. Οι βασικές ασχολίες των κατοίκων είναι η κτηνοτροφία, η γεωργία και η αλιεία. Επίσης, ο τουρισμός, το εμπόριο και τα ναυτικά επαγγέλματα. Ο πληθυσμός του νησιού ανέρχεται σε 16,992 (Απογραφή ΕΛΣΤΑΤ 2011) κατοίκους περίπου βάσει της απογραφής του 2011.

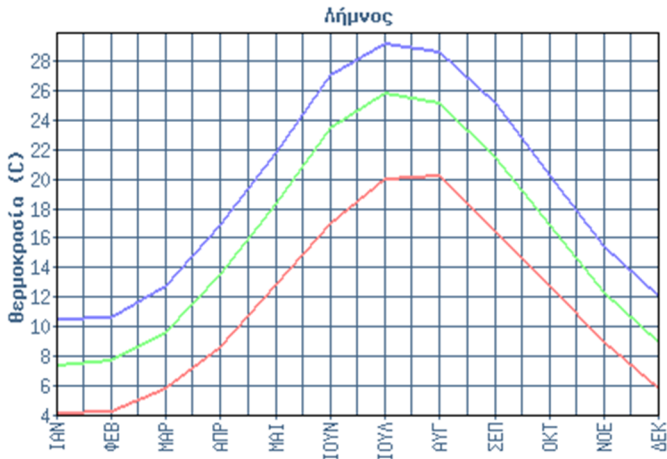


Γεωγραφία

Αρχιπέλαγος	Αιγαίο Πέλαγος
Έκταση	476 χλμ ²
Υψόμετρο	470 μ
Υψηλότερη κορυφή	Σκοπιά
Χώρα	Ελλάδα
Περιφέρεια	Βορείου Αιγαίου
Νομός	Λέσβου
Πρωτεύουσα	Μύρινα

2.2 Κλίμα της Λήμνου

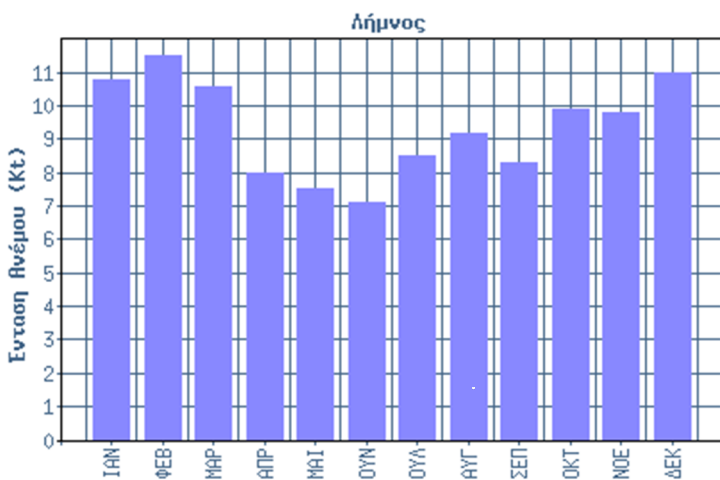
Στα παρακάτω διαγράμματα μπορούμε να αντιληφθούμε αρκετά καλά το κλίμα της Λήμνου καθώς οι μέσοι όροι προέρχονται από μια μετεωρολογική βάση από το 1958-2010 συνεπώς παρατηρούμε στην περιοχή μελέτης έναν ήπιο χειμώνα και ένα σχετικά δροσερό καλοκαίρι επίσης τα ποσοστά βροχοπτώσεις είναι αρκετά υψηλά όλο το χρόνο πλην την περίοδο του καλοκαιριού το ίδιο ισχύει και για τους ανέμους (Πηγή των δεδομένων εθνική μετεωρολογική υπηρεσία <http://www.hhms.gr/>).



Σχήμα 1: Μηνιαίος μέσος όρος της ελάχιστης και της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας.



Σχήμα 2: Βροχόπτωση είναι οποιοδήποτε είδος νερού που πέφτει από τον ουρανό, στο πλαίσιο του καιρού. Αυτό περιλαμβάνει ψιχάλισμα, βροχή, χαλάζι, χιονόνερο ή χιόνι.



Σχήμα 3: Ένταση ανέμου η οποία υπολογίζεται σε Knot στην συγκεκριμένη περίπτωση.

2.3 Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων

Συλλογή Δεδομένων

Προκειμένου να γίνει η ανάλυση χρειαστήκαμε να συλλέξουμε και να επεξεργαστούμε κάποια δεδομένα τα οποία είναι τα εξής:

Δορυφορικές εικόνες από το site <http://www.usgs.gov/> το οποίο διαθέτει δωρεάν της δορυφορικές εικόνες από τον δορυφόρο Landsat 8. Για την επιλογή της τελικής εικόνα που διαλέξαμε για την ανάλυση μας χρειάστηκε να ληφθούν 4 διαφορετικές ημερομηνίας μεταξύ των οποίων επιλέξαμε αυτήν που είχε λιγότερα σύννεφα με χρονική περίοδο την Άνοιξη (25/05/2013) διότι χρειαζόμασταν η βλάστηση να μην έχει ξεραθεί για να μπορέσουμε να διακρίνουμε καλύτερα τους διάφορους τύπους της, όπως για παράδειγμα της καλλιέργειες από τα φρύγανα. (Εικόνας 1)



Εικόνα 1 : Επιλεγμένη προς επεξεργασία δορυφορική εικόνα Landsat 8

Επίσης άλλο ένα σημαντικό κομμάτι δεδομένων που χρειαστήκαμε ήταν η βάση δεδομένων της μελισσοθήκης του αιγαίου (T Petanidou, and E Lamborn, 2005) του εργαστηρίου βιογεωγραφίας και οικολογίας, στην οποία εμπεριέχονται μελέτες πολλών ετών σε έντομα που προέρχονται από μέρη όλης της Ελλάδος κυρίως όμως από νησιά του Βορείου Αιγαίου. Οι έγγραφες της βάσεις φτάνουν τις 100.000 έντομα αναγνωρισμένα και ταξινομημένα. Όπου από εκεί χρησιμοποιήθηκαν μόνο 5 οικογένειες μελισσών στο νησί

της Λήμνου. Η μέθοδος η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή του ερευνητικού υλικού, ήταν η μέθοδος των πινακοπαγίδων (pan traps) (Westphal et al. 2008). Τα pan traps έχει αποδειχθεί πως είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές και αμερόληπτες μεθόδους για την εκτίμηση του πλούτου των ειδών των μελισσών σε διάφορα ενδιαιτήματα, όπως για παράδειγμα μιας ορεινής κοιλάδα με δημητριακά, ή μιας αρδευόμενης παραγωγής φρούτων (Stephen & Rao 2005). Σε κάθε ένα από τα σημεία δειγματοληψίας, τοποθετήθηκαν από 10 τριπλέτες παγίδων χρώματος μπλε, άσπρου και κίτρινου. Σύμφωνα με τους Vrdoljak & Samways (2012) τα χρώματα θα πρέπει να αντανakλούν την υπεριώδη ακτινοβολία, έτσι οι παγίδες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ανάλογα βαμμένες. Αυτό γιατί ορισμένα είδη επικονιαστών έλκονται από συγκεκριμένα χρώματα. (Leong & Thorp 1999; Toler et al. 2005). Οι τριπλέτες τοποθετούνταν ανά 10 μέτρα, καταλαμβάνοντας έτσι μια απόσταση 100 μέτρων. Μέσα στις παγίδες, τοποθετούσαμε νερό με λίγο υγρό σαπούνι, για να ελαττώνεται η επιφανειακή τάση του νερού, ούτως ώστε τα έντομα να βουλιάζουν πιο εύκολα και να πνίγονται. Προφανώς υπήρχαν αρκετά προβλήματα στην διαδικασία αυτή και πολλές τριπλέτες καταστράφηκαν με αποτέλεσμα να χάσουμε αρκετά δεδομένα. Μερικά από τα προβλήματα ήταν να είχαν παγώσει τις πρώτες πρωινές ώρες οπότε δεν δούλευαν για κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ένα άλλο πρόβλημα ήταν ότι καταστρεφόντουσαν από τα ζώα της περιοχής και κυρίως από τους λαγούς που υπάρχουν σε αφθονία στην Λήμνο. Μετά τη συλλογή τους στο πεδίο, τα έντομα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου καρφιτσώθηκαν, αρχειοθετήθηκαν με τοποθέτηση σχετικής ετικέτας, και ταξινομήθηκαν από ερευνητές του εργαστηρίου, στην συνέχεια στάλθηκαν για αναγνώριση από έμπειρους ερευνητές και ξαναγύρισαν στο εργαστήριο όπου περάστηκαν στην βάση και αποθηκεύτηκαν.

Προεπεξεργασία

Η ορθή αξιοποίηση των τηλεπισκοπικών δεδομένων προϋποθέτει την κατάλληλη προεπεξεργασία τους, ώστε να απαλειφθεί μια σειρά σφαλμάτων, αλλοιώσεων και μεταβολών που εάν παραμείνουν θα υποβαθμίσουν την ποιότητα της τελικής πληροφορίας και θα οδηγήσουν αντίστοιχα σε εσφαλμένα ή αλλοιωμένα συμπεράσματα όπου συνήθως αυτές οι εικόνες είναι έτοιμες και διορθωμένες από τον φορέα που της διαθέτη. Έτσι λοιπόν οι διορθώσεις που πρέπει να γίνουν αφορούν:

Γεωμετρικές Διορθώσεις που έχουν να κάνουν με την αναγωγή της καμπύλης γεωμετρίας της εικόνας σε επίπεδη γεωμετρία απαλείφοντας τα σφάλματα που προέρχονται από την επιφάνεια του γήινου ελλειψοειδούς αλλά και της κίνησης γης και τεχνητού δορυφόρου. Επίσης γεωμετρικές διορθώσεις επιβάλλονται ώστε να διορθωθούν σφάλματα που οφείλονται στο έντονο ανάγλυφο μιας περιοχής, διαδικασία που είναι γνωστή ως ορθοδιόρθωση ή ορθοαναγωγή. Τέλος η εικόνα θα πρέπει να ανοιχθεί σε ένα σύστημα γεωγραφικών ή προβολικών συντεταγμένων ώστε να μπορεί να συνδυασθεί με άλλα γεωγραφικά δεδομένα.

Ραδιομετρικές Διορθώσεις, που έχουν να κάνουν με την απαλοιφή σφαλμάτων που οφείλονται στην απορύθμιση των αισθητήρων του καταγραφέα και σε γενικά σφάλματα και αλλοιώσεις που προέρχονται από τα τεχνικά στοιχεία της διαδικασίας καταγραφής και μετάδοσης. Στις ατμοσφαιρικές διορθώσεις εντάσσονται και οι μέθοδοι που προσπαθούν να διορθώσουν ραδιομετρικά σφάλματα προερχόμενα από την επίδραση του ανάγλυφου, όπως για παράδειγμα είναι η σκιά ενός ορεινού όγκου. *Ατμοσφαιρικές Διορθώσεις*, που έχουν να κάνουν με την απαλοιφή σφαλμάτων που προέρχονται από την επίδραση των συστατικών της ατμόσφαιρας. Καθώς η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που

αντανακλάστηκε από την γήινη επιφάνεια επιστρέφει στο διάστημα, διέρχεται μέσα από την ατμόσφαιρα, τα συστατικά της οποίας (νερό σε αέρια φάση & αερολύματα) αλλοιώνουν την ποσότητα της εισερχόμενης ακτινοβολίας στον αισθητήρα. Οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις διακρίνονται σε μεθόδους σταθερής τιμής και σε μεθόδους μετάδοσης ακτινοβολίας. Η πρώτη ομάδα μεθόδων είναι σχετικά απλή και προσπαθεί να διορθώσει τα σφάλματα με την εφαρμογή μιας σταθερής τιμής (π.χ. διαίρεση με το μέσο όρο της εικόνας) στις τιμές των pixels, ενώ η δεύτερη ομάδα μεθόδων συνδυάζει δεδομένα από την ίδια την εικόνα με κάποια προϋπολογισμένα μοντέλα ώστε να "ανακατασκευαστεί" η διάδοση της η/μ ακτινοβολίας σε δεδομένο χρόνο και τόπο.

Ανάλυση

Στην παρούσα εργασία δεν χρειάστηκε να κάνουμε διορθώσεις της αρχικής εικόνας διότι ήταν έτοιμες από τον φορέα το μόνο που χρειάστηκε ήταν να κρατήσουμε το κομμάτι της περιοχής μας. Δουλεύοντας με το Erdas Imagine 2013 στην αρχή συλλέξαμε φασματικές υπογραφές για τις 13 κλάσεις που επιλέξαμε. Στην συνέχεια συγχωνεύσαμε κάποιες κλάσεις οι οποίες ήταν: τρεις διαφορετικοί τύποι καλλιεργειών έτσι συγχωνεύτηκαν σε μια αυτό το κάναμε για να μειώσουμε την διακύμανση των φασματικών υπογραφών διότι μπερδεύονταν με άλλες κλάσης και οι δύο διαφορετικοί τύποι φρυγάνων πάλι σε μία διότι είχαμε μια κλάση με υποβαθμισμένα φρύγανα και μια με κανονικά φρύγανα, οπότε συνεχίσαμε με δέκα κλάσεις όπως απεικονίζετε στον τελικό χάρτη παρακάτω (βλέπε χάρτη 1) . Έπειτα εργαστήκαμε με επιβλεπόμενη ταξινόμηση και το αποτέλεσμα αυτής ήταν στο 58% ορθό. Στην συνέχεια για να διορθώσουμε αυτό το σφάλμα κάναμε μια μεταταξινόμηση και τελικά φτάσαμε στο 98% πράγμα πολύ δύσκολο αλλά πολύ κοντά στην πραγματικότητα. Στην συνέχεια χρειαστήκαμε να δουλέψουμε στο fragstat για την εξαγωγή κάποιων δεικτών (αναλυτικά στο κεφ. 4.3) έτσι αφού πήραμε τις περιοχές που μας ενδιέφεραν γύρο από κάθε σημείο (χάρτης 3) και αναλύθηκαν στο Fragstat δημιουργήσαμε έναν πίνακα με συνδυάζοντας τους δείκτες με τις οικογένειες μελισσών από την βάση δεδομένων κάθε σημείου.

2.4 Επιλογή και Εκτίμηση των Δεικτών Χωρικής Διάθρωσης του τοπίου

Οι δείκτες χωρικής διάθρωσης υπολογίστηκαν με το Fragstat ένα πρόγραμμα ειδικά διαμορφωμένο με δείκτες που αφορούν το τοπίο. Το πρόγραμμα αυτό χωρίζει σε κατηγορίες τους δείκτες τοπίου και είναι οι εξής: patch metrics, class metrics, landscape metrics. Δηλαδή σε επίπεδο κατάτμηματος κατηγορίας ενδιαιτήματος και ολόκληρου του τοπίου αναλύσεις. Από κάθε κατηγορία πήραμε κάποιους συγκεκριμένους δείκτες οι οποίοι φαίνονται παρακάτω στον πίνακα 1. Η επιλογή των συγκεκριμένων δεικτών έγινε βάσει το ότι θα μπορέσουμε να συγκρίνουμε τα δικά μας αποτελέσματα με αποτελέσματα άλλων παρόμοιων εργασιών και δεύτερον το εργαστήριο οικολογίας, στο οποίο διεκπεραιώθηκε η παρούσα εργασία, είχε ξανά χρησιμοποιήσει τους ίδιους δείκτες σε ένα από τα paper που έχουν δημοσιεύσει οι Tscheulin et al. (2011).

Πίνακας 1: απεικόνιση δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν ανα κατηγορία

Κατηγορία	Δείκτης
Patch metrics	PERIM (περίμετρος)
	CNP (μέτρηση κατατμημάτων ξεχωριστά για κάθε κλάση)
Class metrics	CA (Συνολική έκταση κατηγορίας ενδιαιτήματος)
	AREA_MN (Μέση έκταση κατατμημάτων)
	PARA_MN (Μέση τιμή αναλογίας περιμέτρου έκτασης ανά κατηγορία ενδιαιτήματος)
landscape metrics	PR (Patch Richness πλούτος κατατμημάτων)
	SHDI (Shannon's diversity index)
	SHEI (Shannon's Evenness index)
	NCL (Number of classes per Landscape, αριθμός κλάσεων για κάθε site)

2.5 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων στην R

Αφού επιλέξαμε τους δείκτες που θα χρειαστούμε για την διεξαγωγή αποτελεσμάτων δημιουργήσαμε ένα συνολικό φύλλο δεδομένων (βλέπε συγκεντρωτικό πίνακα που ακολουθεί). Στην συνέχεια χρησιμοποιήσαμε το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης και εξάγαμε τα αποτελέσματα που αναπτύσσονται στο σχετικό κεφάλαιο.

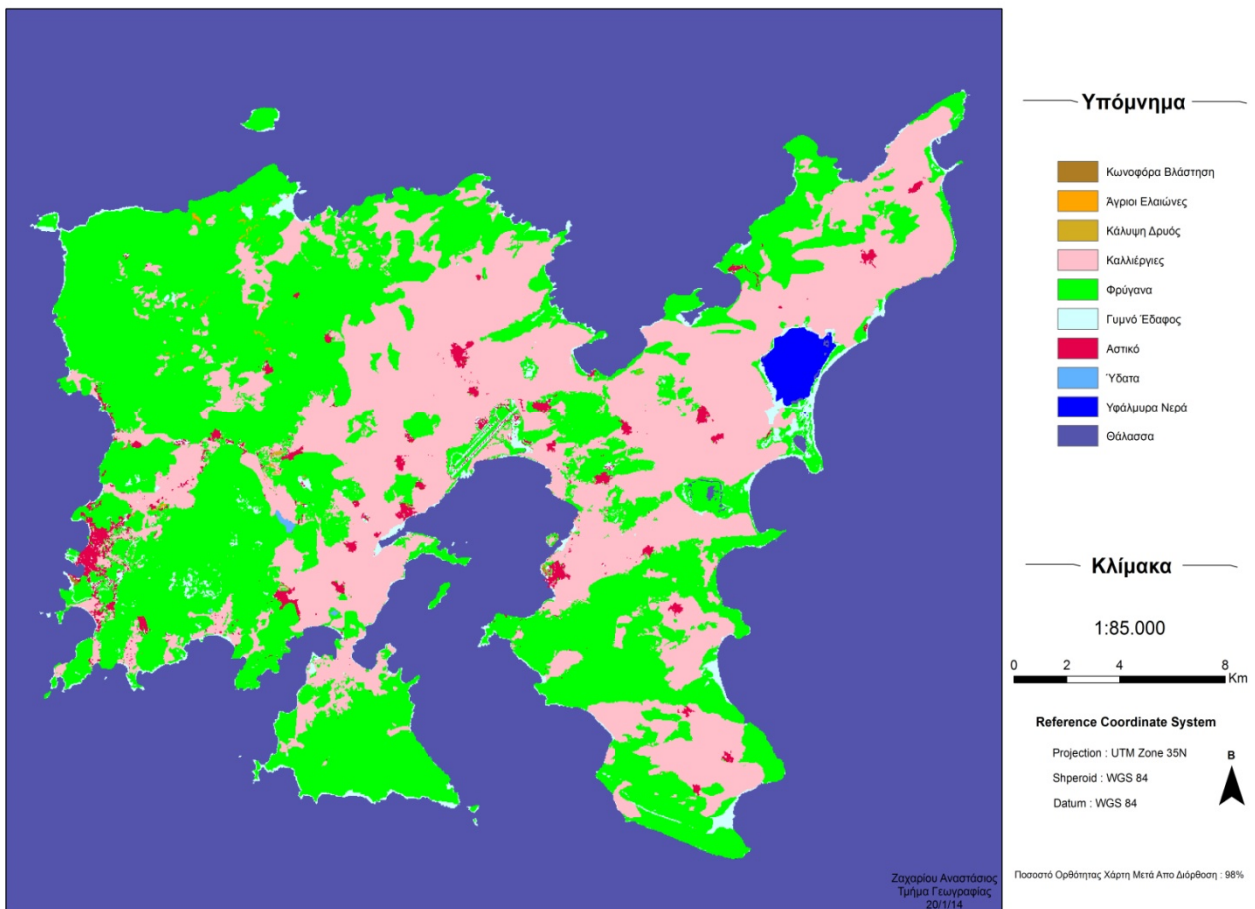
SITE	type_phrygana_area_mn	type_phrygana_ca_500
type_water_total_perim	type_phrygana_para_mn	type_phrygana_area_mn_500
type_water_mean_per_type	type_cultivations_ca	type_phrygana_para_mn_500
type_water_total_perim	type_cultivations_area_mn	type_urban_ca_500
type_water_mean_per_type	type_cultivations_para_mn	type_urban_area_mn_500
type_urban_total_perim	mean_perim	type_urban_para_mn_500
type_urban_mean_per_type	PR	type_wild_olives_ca_500
type_phrygana_total_perim	SHDI	type_wild_olives_area_mn_500
type_phrygana_mean_per_type	SHEI	type_wild_olives_para_mn_500
type_bare_soil_total_perim	NCL number of classes per landscape	type_water_ca_500
type_bare_soil_mean_per_type	type_cultivations_cnp	type_water_area_mn_500
type_cultivations_total_perim	type_phrygana_cnp	type_water_para_mn_500
type_cultivations_mean_per_type	type_wild_olives_perim_500	mean_perim_500
type_wild_olives_ca	type_wild_olives_mean_per_type_500	PR_500
type_wild_olives_area_mn	type_water_total_perim_500	SHDI_500
type_wild_olives_para_mn	type_water_mean_per_type_500	SHEI_500
type_wild_olives_cnp	type_urban_total_perim_500	type_cultivations_cnp_500
type_water_ca	type_urban_mean_per_type_500	type_phrygana_cnp_500
type_water_area_mn	type_phrygana_total_perim_500	type_wild_olives_cnp_500
type_water_para_mn	type_phrygana_mean_per_type_500	type_urban_cnp_500
type_water_cnp	type_cultivations_total_perim_500	type_water_cnp_500
type_urban_ca	type_cultivations_mean_per_type_500	type_bare_soil_cnp_500
type_urban_area_mn	type_bare_soil_total_perim_500	NCL number of classes per landscape
type_urban_para_mn	type_bare_soil_mean_per_type_500	Andrenidae
type_urban_cnp	type_bare_soil_ca_500	Apidae
type_bare_soil_ca	type_bare_soil_area_mn_500	Colletidae
type_bare_soil_area_mn	type_bare_soil_para_mn_500	Halictidae
type_bare_soil_para_mn	type_cultivations_ca_500	Megachilidae
type_bare_soil_cnp	type_cultivations_area_mn_500	Melittidae
type_phrygana_ca	type_cultivations_para_mn_500	avg_per_r2

Αποτελέσματα για συζήτηση

3.1 Χάρτες επεξεργασίας και αποτελεσμάτων της περιοχής

Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζονται τα ενδιαιτήματα της Λήμνου. Για την δημιουργία αυτού του χάρτη χρησιμοποιήσαμε την προηγούμενη δορυφορική εικόνα μέσω της διαδικασίας επιβλεπόμενης πολυφασματικής ταξινόμησης με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας στο Erdas Imagine.

Ενδιαιτήματα Νήσου Λήμνου



Χάρτης 1: Χάρτης ενδιαιτημάτων νήσου Λήμνου

Στον χάρτη που απεικονίζεται παρακάτω παρατηρούμε τα τυχαία 100 σημεία που λάβαμε για να αξιολογήσουμε το αποτέλεσμα που εξάγαμε δηλαδή τον τελικό χάρτη χρήσεων γης της Λήμνου. Επίσης πιο κάτω είναι αναρτημένα και τα αποτελέσματα αυτού του έλεγχου το οποίο είναι αποδεκτό διότι σύμφωνα με την κλίμακα του χάρτη που θα χρησιμοποιηθεί παρακάτω στην εργασία για την περαιτέρω ανάλυση, το 98% ορθότητας του χάρτη στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι αποδεκτό και μέσα στα όρια χωρίς να μας επηρεάσει τα τελικά αποτελέσματα. Παρακάτω παρατίθενται και τα αποτελέσματα του ελέγχου στον οποίο φαίνεται σε ποιες κλάσεις είχαμε τα μεγαλύτερα σφάλματα.



Χάρτης 2 : Χάρτης τυχαίων σημείων ελέγχου

Πίνακας 2: Πίνακας αποτελεσμάτων ελέγχου τελικού χάρτη προς ανάλυση
ACCURACY TOTALS

Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
Unclassified	0	0	0	---	---
Coniferous vege	0	0	0	---	---
Wild olives	0	0	0	---	---
Quercus (maquis)	0	0	0	---	---
Cultivations	34	36	34	100.00%	94.44%
	0	0	0	---	---
	0	0	0	---	---
Phrygana	55	54	54	98.18%	100.00%
	0	0	0	---	---
Bare soil	5	5	5	100.00%	100.00%
Urban	6	5	5	83.33%	100.00%
Water	0	0	0	---	---
Salty water	0	0	0	---	---
Sea	0	0	0	---	---
Totals	100	100	98		

Overall Classification Accuracy = 98.00%

---- End of Accuracy Totals ----

KAPPA (K^λ) STATISTICS

Overall Kappa Statistics = 0.9652

Conditional Kappa for each Category.

Class Name	Kappa
Unclassified	0.0000
Coniferous vegetation	0.0000
Wild olives	0.0000
Quercus (maquis)	0.0000
Cultivations	0.9158
	0.0000
	0.0000
Phrygana	1.0000
	0.0000
Bare soil	1.0000
Urban	1.0000
Water	0.0000
Salty water	0.0000
Sea	0.0000

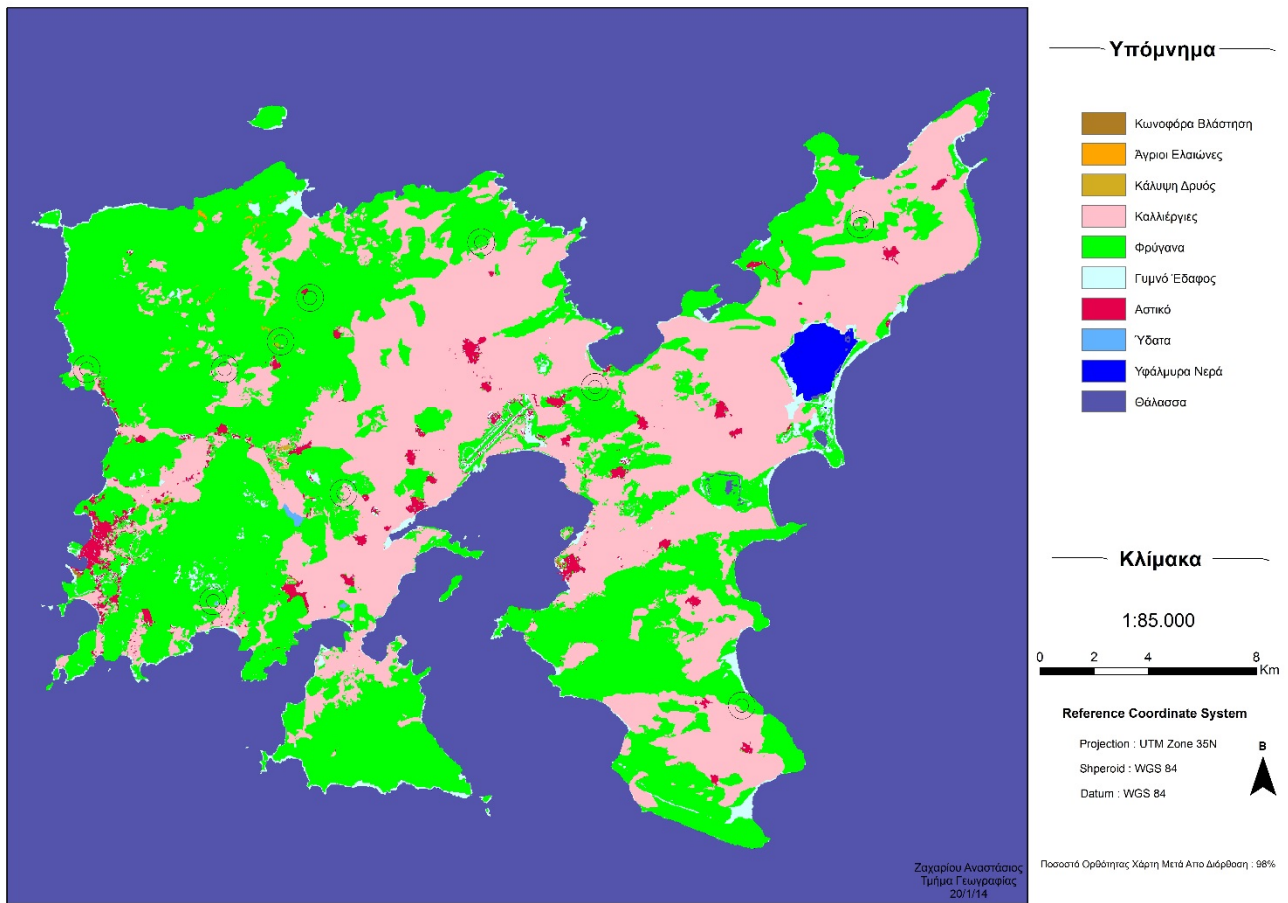
---- End of Kappa Statistics ----

Για να γίνει η ανάλυση τοπίου και να μπορέσουμε να εξάγουμε τους δείκτες που θα μας είναι χρήσιμοι για την σύγκριση και την τελική ανάλυση της παρούσας εργασίας χρειάστηκε να οριοθετήσουμε τις περιοχές ενδιαφέροντος. Έτσι επιλέξαμε 250 μέτρα και 500 μέτρα κυκλική απόσταση από το σημείο που είχαμε στήσει της παγίδες (pan traps). Παρακάτω έχουμε τους χάρτες που απεικονίζουν τα σημεία δειγματοληψίας καθώς και τις έκτασης τοπίου σε ακτίνα 250 και 500 μ αντίστοιχα



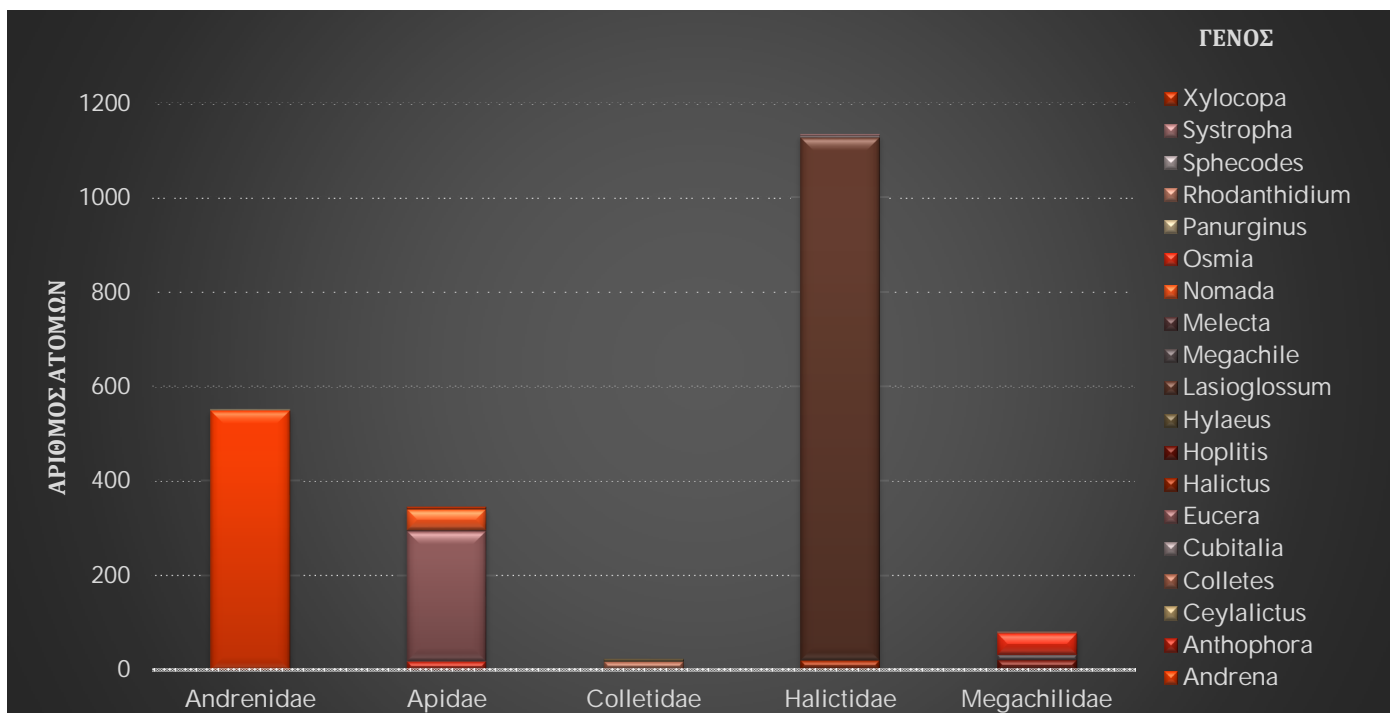
Χάρτης 3: Χάρτης σημείων δειγματοληψίας νήσου Λήμνου.

Έκταση τοπίου σε ακτίνα 250μ. & 500μ.



Χάρτης 4: Έκτασης τοπίου σε ακτίνα 250μ. και 500μ.

Διάγραμμα 1: απεικόνιση αριθμού ατόμων στις οικογένειες ανά γένος



3.2 Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης στο R

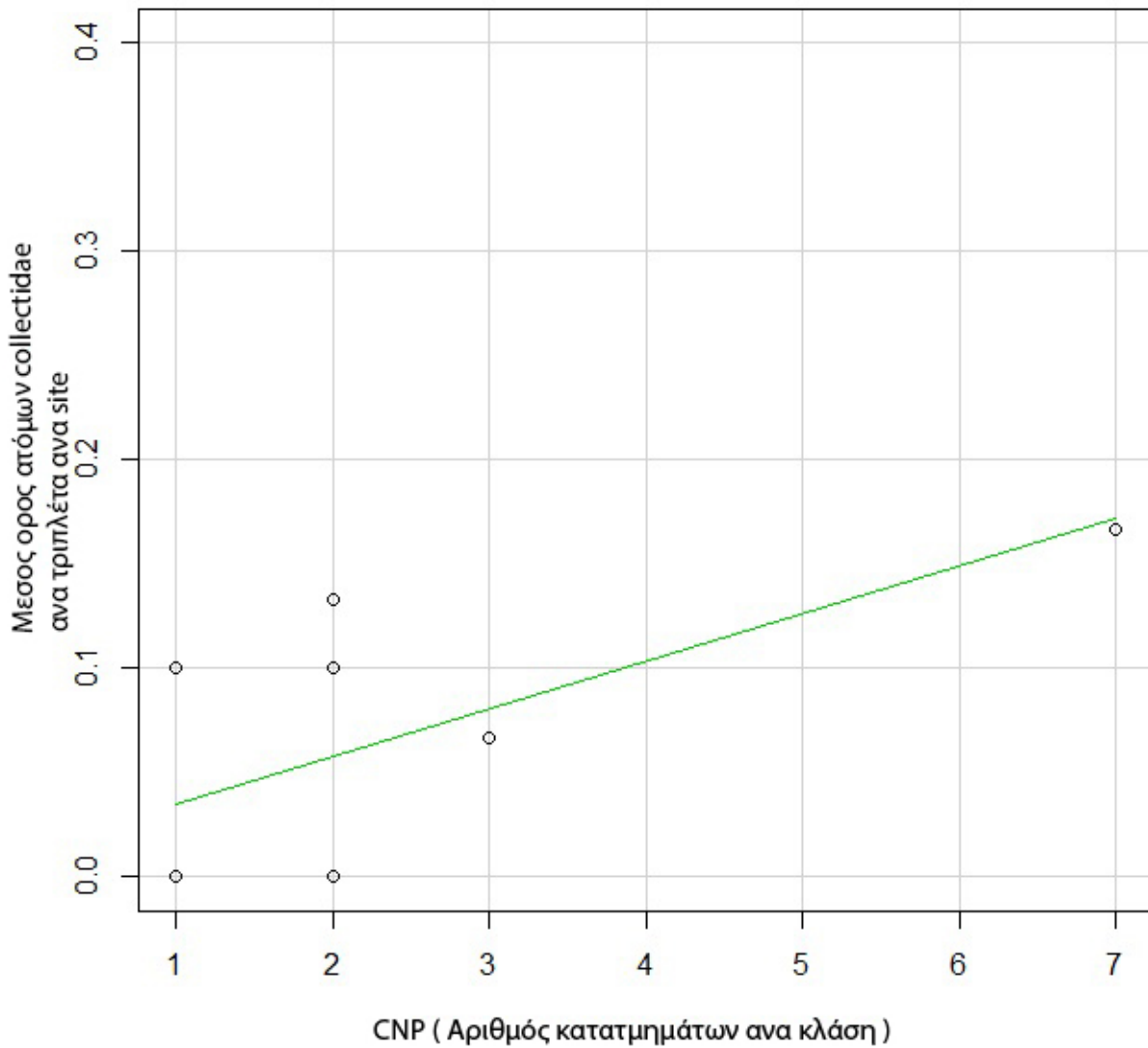
Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα γραφήματα από την επεξεργασία των δεδομένων στο R καθώς και δυο συγκεντρωτικοί πίνακες, ένας για τα 250 μέτρα και ένας για τα 500 μέτρα με τις εξαρτημένες μεταβλητές να είναι στην πρώτη στήλη του πίνακα και με της μη εξαρτημένες στην πρώτη γραμμή .

	Cultivations total perim	Cultivations mean per type	Phrygana ca	Phrygana area mn	Phrygana para mn	Cultivations ca	Cultivations area mn	Cultivations para mn	Mean perim	PR	SHDI	SHEI	Cultivations cnp	Phrygana cnp	Phrygana total perim	Phrygana mean per type
Andrenidae	n.s. t _{1,7} =0,28 p=0,8335	n.s. t _{1,7} =0,235 p=0,8207	n.s. t _{1,8} =-0,709 p=0,4982	n.s. t _{1,8} =0,052 p=0,960	n.s. t _{1,8} =-0,534 p=0,608	n.s. t _{1,7} =0,137 p=0,895	n.s. t _{1,7} =0,163 p=0,8753	n.s. t _{1,8} =-0,534 p=0,608	n.s. t _{1,8} =1,837 p=0,104	n.s. t _{1,8} =-1,172 p=0,2750	n.s. t _{1,8} =1,286 p=0,234	n.s. t _{1,8} =1,979 p=0,0832	n.s. t _{1,7} =-0,286 p=0,7829	n.s. t _{1,8} =-0,972 p=0,3596	n.s. t _{1,8} =-0,004 p=0,997	n.s. t _{1,8} =0,777 p=0,460
apidae	n.s. t _{1,7} =0,912 p=0,392	n.s. t _{1,7} =-0,275 p=0,7910	n.s. t _{1,8} =-0,613 p=0,5567	n.s. t _{1,8} =0,807 p=0,443	n.s. t _{1,8} =-1,128 p=0,2920	n.s. t _{1,7} =-0,279 p=0,7886	n.s. t _{1,8} =-0,536 p=0,6085	n.s. t _{1,8} =-0,029 p=0,977	n.s. t _{1,8} =1,943 p=0,0879	n.s. t _{1,8} =-1,805 p=0,1087	n.s. t _{1,8} =1,032 p=0,332	n.s. t _{1,8} =2,068 p=0,0724	n.s. t _{1,7} =0,734 p=0,487	n.s. t _{1,8} =-1,301 p=0,2296	n.s. t _{1,8} =0,526 p=0,613	n.s. t _{1,8} =1,826 p=0,105
Colletidae	n.s. t _{1,7} =-0,313 p=0,764	n.s. t _{1,8} =-1,453 p=0,1894	n.s. t _{1,8} =1,977 p=0,0834	n.s. t_{1,8}=3,570 p=0,0073	n.s. t _{1,8} =-1,838 p=0,1034	n.s. t _{1,8} =-1,435 p=0,1944	n.s. t _{1,8} =-1,416 p=0,1997	n.s. t_{1,8}=2,249 p=0,0593	n.s. t _{1,8} =-0,351 p=0,734	n.s. t _{1,8} =0,680 p=0,515	n.s. t_{1,8}=-2,981 p=0,01756	n.s. t _{1,8} =-2,083 p=0,0707	n.s. t_{1,8}=2,382 p=0,0487	n.s. t _{1,8} =-1,628 p=0,1423	n.s. t _{1,8} =-0,007 p=0,995	n.s. t _{1,8} =1,61 p=0,146
Halictidae	n.s. t _{1,8} =-0,071 p=0,945	n.s. t _{1,8} =-0,349 p=0,7374	n.s. t _{1,8} =-0,021 p=0,984	n.s. t _{1,8} =0,221 p=0,830	n.s. t _{1,8} =-0,663 p=0,5260	n.s. t _{1,8} =-0,534 p=0,7566	n.s. t _{1,8} =-0,349 p=0,7373	n.s. t _{1,8} =-0,195 p=0,8513	n.s. t _{1,8} =2,161 p=0,0627	n.s. t _{1,8} =-1,009 p=0,3427	n.s. t _{1,8} =0,925 p=0,382	n.s. t _{1,8} =1,304 p=0,229	n.s. t _{1,8} =0,399 p=0,7018	n.s. t _{1,8} =-0,845 p=0,4228	n.s. t _{1,8} =0,366 p=0,724	n.s. t _{1,8} =0,786 p=0,454
Megachilidae	n.s. t _{1,8} =-0,503 p=0,6307	n.s. t _{1,8} =0,572 p=0,58522	n.s. t _{1,8} =0,230 p=0,8238	n.s. t _{1,8} =-0,632 p=0,5449	n.s. t _{1,8} =0,846 p=0,422	n.s. t _{1,8} =0,010 p=0,99263	n.s. t _{1,8} =0,388 p=0,70955	n.s. t _{1,8} =0,242 p=0,8158	n.s. t _{1,8} =0,256 p=0,8048	n.s. t _{1,8} =0,622 p=0,551	n.s. t _{1,8} =1,450 p=0,185	n.s. t _{1,8} =0,697 p=0,5058	n.s. t _{1,8} =-0,127 p=0,90220	n.s. t _{1,8} =0,975 p=0,3579	n.s. t _{1,8} =0,040 p=0,969	n.s. t _{1,8} =-0,544 p=0,6013
All bees	n.s. t _{1,8} =0,249 p=0,810	n.s. t _{1,8} =-0,189 p=0,8552	n.s. t _{1,8} =-0,339 p=0,743	n.s. t _{1,8} =0,377 p=0,716	n.s. t _{1,8} =-0,809 p=0,608	n.s. t _{1,8} =-0,214 p=0,4417	n.s. t _{1,8} =-0,285 p=0,7573	n.s. t _{1,8} =-0,321 p=0,608	n.s. t _{1,8} =2,160 p=0,0628	n.s. t _{1,8} =1,310 p=0,2266	n.s. t _{1,8} =-1,102 p=0,303	n.s. t _{1,8} =1,771 p=0,115	n.s. t _{1,8} =0,319 p=0,7590	n.s. t _{1,8} =-1,074 p=0,3142	n.s. t _{1,8} =0,314 p=0,761	n.s. t _{1,8} =1,103 p=0,302

Πίνακας 2&3: Αποτελέσματα των 250 &500 μέτρων από την γραμμική παλινδρόμηση. Με έντονη γραφή φαίνεται αυτά που παρουσίασαν στατιστικό ενδιαφέρον

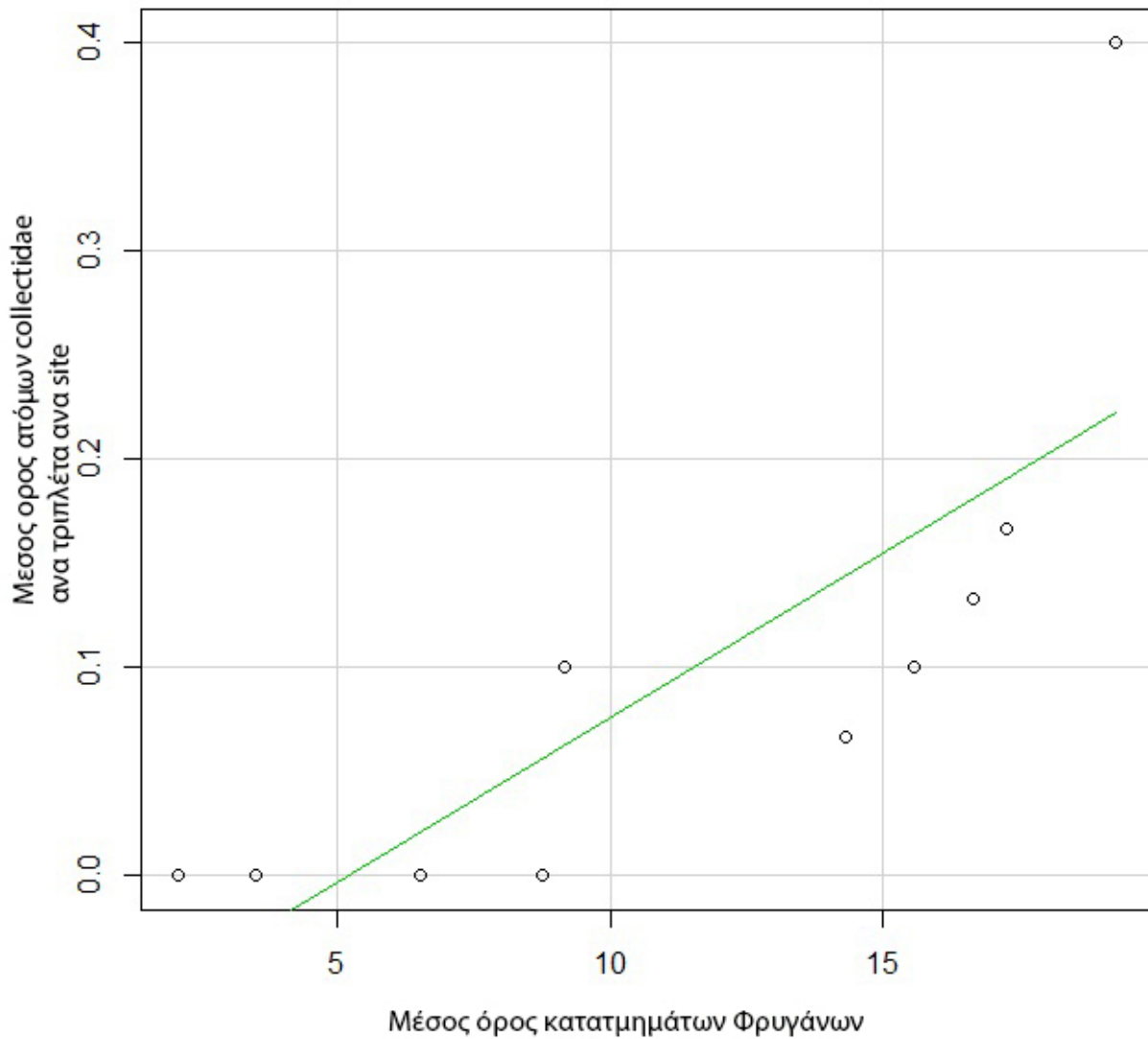
	Cultivations total perim	Cultivations mean per type	Phrygana ca	Phrygana area mn	Phrygana para mn	Cultivations ca	Cultivations area mn	Cultivations para mn	Mean perim	PR	SHDI	SHEI	Cultivations cnp	Phrygana cnp	Phrygana total perim	Phrygana mean per type
Andrenidae	n.s. $t_{1,7}=-0.424$ $p=0.684$	n.s. $t_{1,7}=0.512$ $p=0.624$	n.s. $t_{1,8}=-1.062$ $p=0.3194$	n.s. $t_{1,8}=0.409$ $p=0.693$	n.s. $t_{1,8}=-1.399$ $p=0.1993$	n.s. $t_{1,7}=0.725$ $p=0.492$	n.s. $t_{1,7}=1.405$ $p=0.203$	n.s. $t_{1,8}=-0.293$ $p=0.778$	n.s. $t_{1,8}=1.732$ $p=0.121$	n.s. $t_{1,8}=-2.189$ $p=0.0601$	n.s. $t_{1,8}=0.539$ $p=0.605$	n.s. $t_{1,8}=2.469$ $p=0.0388$	n.s. $t_{1,7}=-0.972$ $p=0.5459$	n.s. $t_{1,8}=-0.972$ $p=0.3596$	n.s. $t_{1,8}=-0.004$ $p=0.997$	n.s. $t_{1,8}=0.777$ $p=0.460$
apidae	n.s. $t_{1,7}=0.032$ $p=0.975$	n.s. $t_{1,7}=1.383$ $p=0.209$	n.s. $t_{1,8}=-1.014$ $p=0.3401$	n.s. $t_{1,8}=0.335$ $p=0.746$	n.s. $t_{1,8}=-1.331$ $p=0.21976$	n.s. $t_{1,7}=0.778$ $p=0.462$	n.s. $t_{1,8}=2.711$ $p=0.0302$	n.s. $t_{1,8}=-0.935$ $p=0.3807$	n.s. $t_{1,8}=3.459$ $p=0.0085$	n.s. $t_{1,8}=-2.902$ $p=0.0198$	n.s. $t_{1,8}=0.892$ $p=0.398$	n.s. $t_{1,7}=0.734$ $p=0.00468$	n.s. $t_{1,7}=-0.457$ $p=0.6617$	n.s. $t_{1,8}=-1.555$ $p=0.1584$	n.s. $t_{1,8}=-2.086$ $p=0.613$	n.s. $t_{1,8}=1.006$ $p=0.344$
Colletidae	n.s. $t_{1,7}=-0.108$ $p=0.917$	n.s. $t_{1,8}=0.505$ $p=0.629$	n.s. $t_{1,8}=1.649$ $p=0.138$	n.s. $t_{1,8}=1.544$ $p=0.161$	n.s. $t_{1,8}=-1.418$ $p=0.1938$	n.s. $t_{1,8}=-0.303$ $p=0.771$	n.s. $t_{1,8}=0.414$ $p=0.692$	n.s. $t_{1,8}=-0.338$ $p=0.820$	n.s. $t_{1,8}=0.235$ $p=0.820$	n.s. $t_{1,8}=-0.424$ $p=0.683$	n.s. $t_{1,8}=-1.724$ $p=0.1230$	n.s. $t_{1,8}=-0.702$ $p=0.502$	n.s. $t_{1,8}=0.597$ $p=0.569$	n.s. $t_{1,8}=-1.230$ $p=0.2535$	n.s. $t_{1,8}=-1.112$ $p=0.299$	n.s. $t_{1,8}=0.717$ $p=0.494$
Halictidae	n.s. $t_{1,8}=-0.730$ $p=0.4893$	n.s. $t_{1,8}=-0.21$ $p=0.8395$	n.s. $t_{1,8}=-0.500$ $p=0.630$	n.s. $t_{1,8}=0.50$ $p=0.631$	n.s. $t_{1,8}=-1.223$ $p=0.25600$	n.s. $t_{1,8}=0.215$ $p=0.836$	n.s. $t_{1,8}=0.568$ $p=0.588$	n.s. $t_{1,8}=0.168$ $p=0.871$	n.s. $t_{1,8}=1.056$ $p=0.322$	n.s. $t_{1,8}=-2.527$ $p=0.0354$	n.s. $t_{1,8}=0.130$ $p=0.900$	n.s. $t_{1,8}=2.068$ $p=0.0725$	n.s. $t_{1,8}=0.059$ $p=0.9549$	n.s. $t_{1,8}=-1.700$ $p=0.1276$	n.s. $t_{1,8}=-1.873$ $p=0.0980$	n.s. $t_{1,8}=0.983$ $p=0.355$
Megachilidae	n.s. $t_{1,8}=0.04$ $p=0.9695$	n.s. $t_{1,8}=-0.792$ $p=0.45430$	n.s. $t_{1,8}=-0.357$ $p=0.7303$	n.s. $t_{1,8}=-1.428$ $p=0.1911$	n.s. $t_{1,8}=0.737$ $p=0.48238$	n.s. $t_{1,8}=-0.365$ $p=0.7260$	n.s. $t_{1,8}=-1.222$ $p=0.261397$	n.s. $t_{1,8}=1.071$ $p=0.3197$	n.s. $t_{1,8}=-1.980$ $p=0.0830$	n.s. $t_{1,8}=1.365$ $p=0.209$	n.s. $t_{1,8}=1.212$ $p=0.260$	n.s. $t_{1,8}=0.222$ $p=0.8296$	n.s. $t_{1,8}=0.276$ $p=0.79039$	n.s. $t_{1,8}=0.933$ $p=0.3780$	n.s. $t_{1,8}=0.656$ $p=0.530$	n.s. $t_{1,8}=-1.539$ $p=0.1623$
All bees	n.s. $t_{1,8}=-0.477$ $p=0.648$	n.s. $t_{1,8}=0.392$ $p=0.707$	n.s. $t_{1,8}=-0.809$ $p=0.442$	n.s. $t_{1,8}=0.465$ $p=0.654$	n.s. $t_{1,8}=-1.416$ $p=0.19449$	n.s. $t_{1,8}=0.516$ $p=0.4417$	n.s. $t_{1,8}=1.300$ $p=0.235$	n.s. $t_{1,8}=-0.262$ $p=0.8006$	n.s. $t_{1,8}=1.771$ $p=0.115$	n.s. $t_{1,8}=-2.735$ $p=0.0256$	n.s. $t_{1,8}=0.464$ $p=0.655$	n.s. $t_{1,8}=2.771$ $p=0.0243$	n.s. $t_{1,8}=-0.284$ $p=0.7849$	n.s. $t_{1,8}=-1.699$ $p=0.1277$	n.s. $t_{1,8}=-2.224$ $p=0.0568$	n.s. $t_{1,8}=1.039$ $p=0.329$

Στο διάγραμμα 2 απεικονίζεται για τα 250 μέτρα μία γραμμική παλινδρόμηση με τον μέσο όρο τον ατόμων Colletidae ανά τριπλέτα ανά περιοχή δειγματοληψίας σχέση με τον αριθμό καταταμημάτων ανά κατηγορία ενδιαιτήματος.



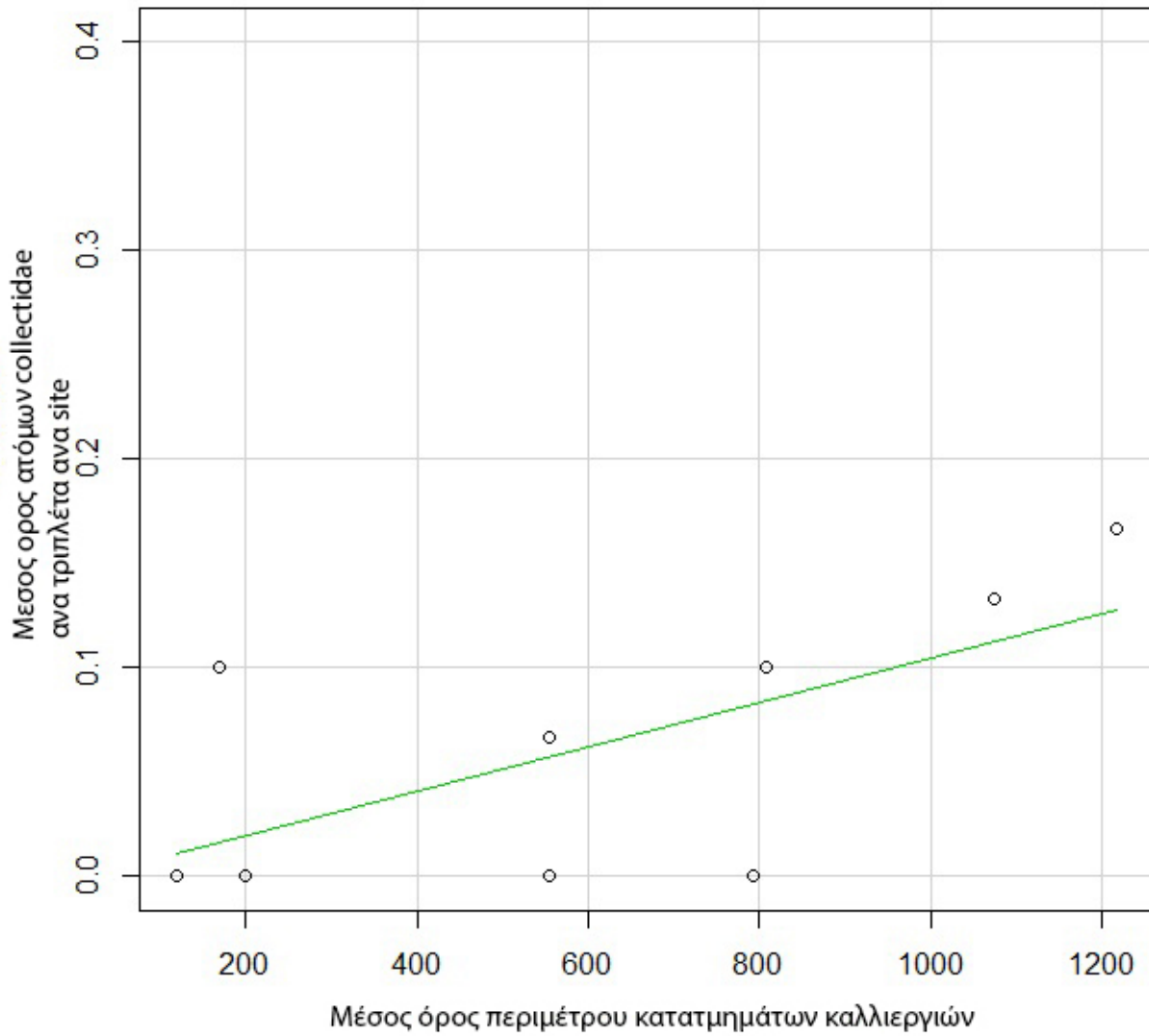
Διάγραμμα 2: Γραμμική παλινδρόμηση για τα 250 μέτρα με τον μέσο όρο τον ατόμων Colletidae ανά τριπλέτα ανά περιοχή δειγματοληψίας σχέση με τον αριθμό καταταμημάτων ανά κατηγορία ενδιαιτήματος.

Στο διάγραμμα 3 απεικονίζεται για τα 250 μέτρα το γραμμικό μοντέλο με τον μέσο όρο τον ατόμων collectidae ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με τον μέσο όρο κατατμημάτων στα φρύγανα.



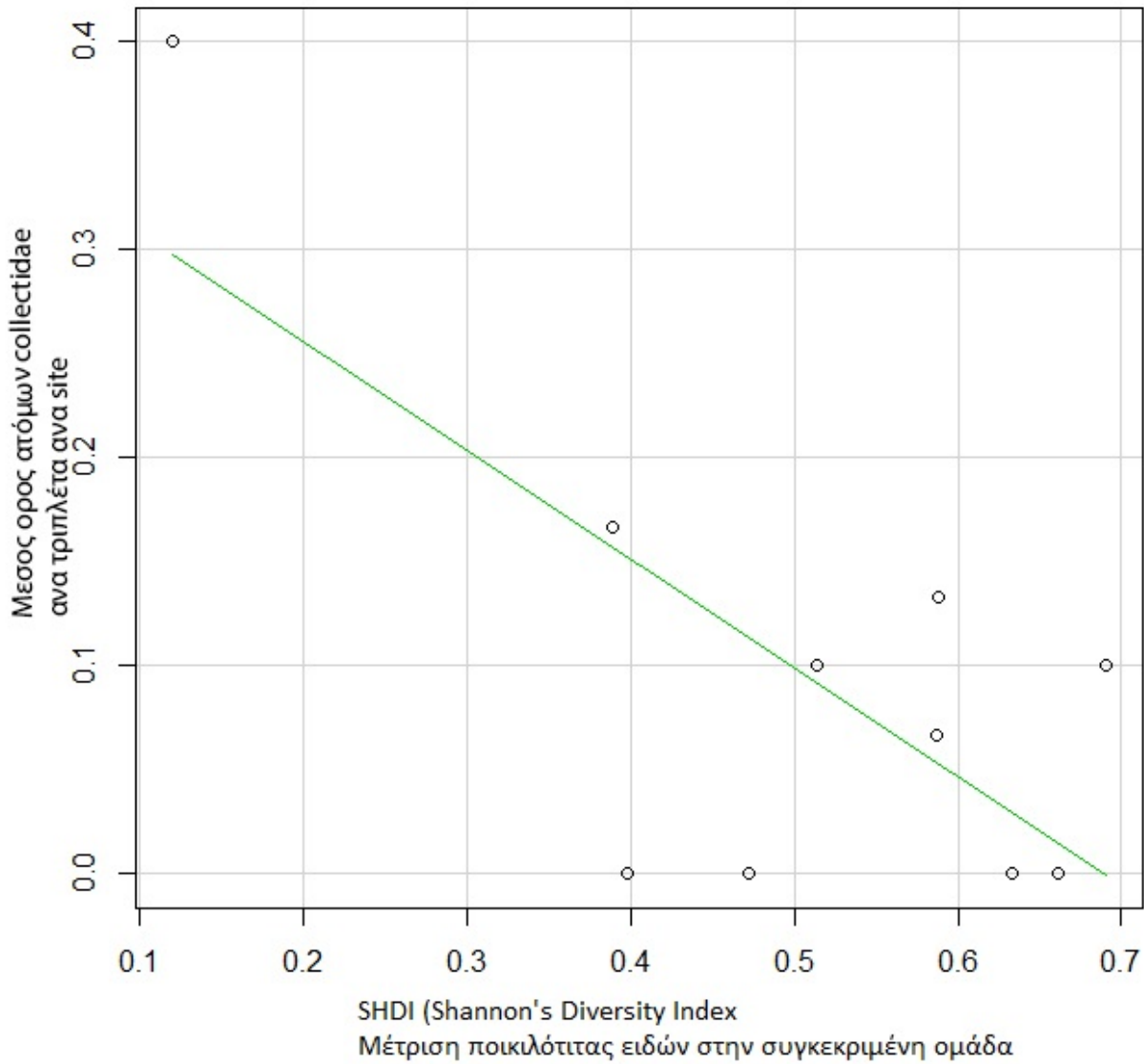
Διάγραμμα 3: Γραμμικό μοντέλο για τα 250 μέτρα με τον μέσο όρο τον ατόμων collectidae ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με τον μέσο όρο κατατμημάτων στα φρύγανα.

Στο διάγραμμα 4 απεικονίζεται το γραμμικό μοντέλο για τα 250 μέτρα για τη σχέση του μέσου όρου των ατόμων collectidae ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με τον μέσο όρο της περιμέτρου των κατατμημάτων των καλλιεργειών.



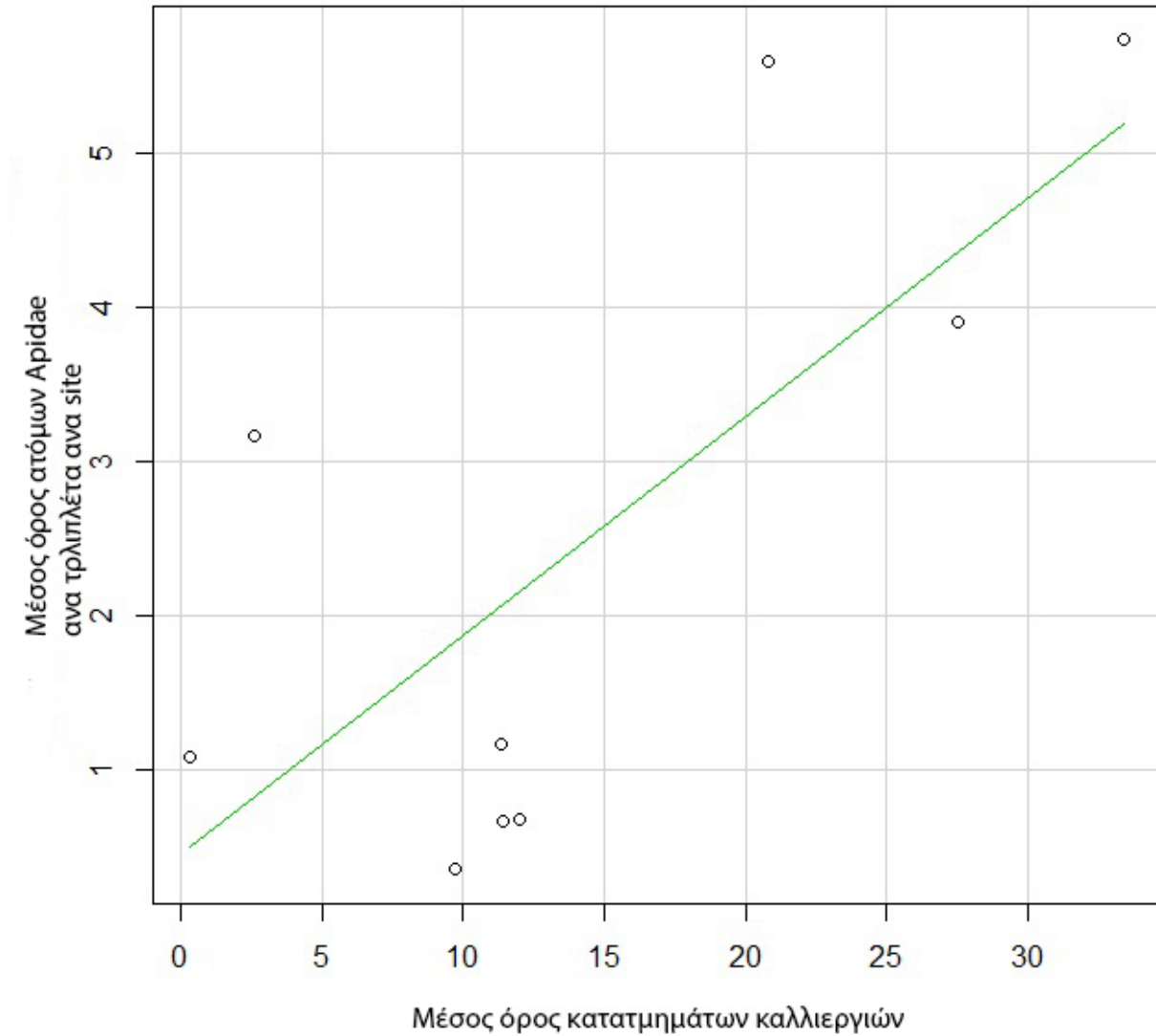
Διάγραμμα 4: Γραμμικό μοντέλο για τα 250 μέτρα για τη σχέση του μέσου όρου των ατόμων collectidae ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με τον μέσο όρο της περιμέτρου των κατατμημάτων των καλλιεργειών.

Στο διάγραμμα 5 απεικονίζεται για τα 250 μέτρα μία γραμμική παλινδρόμηση με τον μέσο όρο των ατόμων collectidae ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με την μέτρηση ποικιλότητας ειδών στην συγκεκριμένη ομάδα.



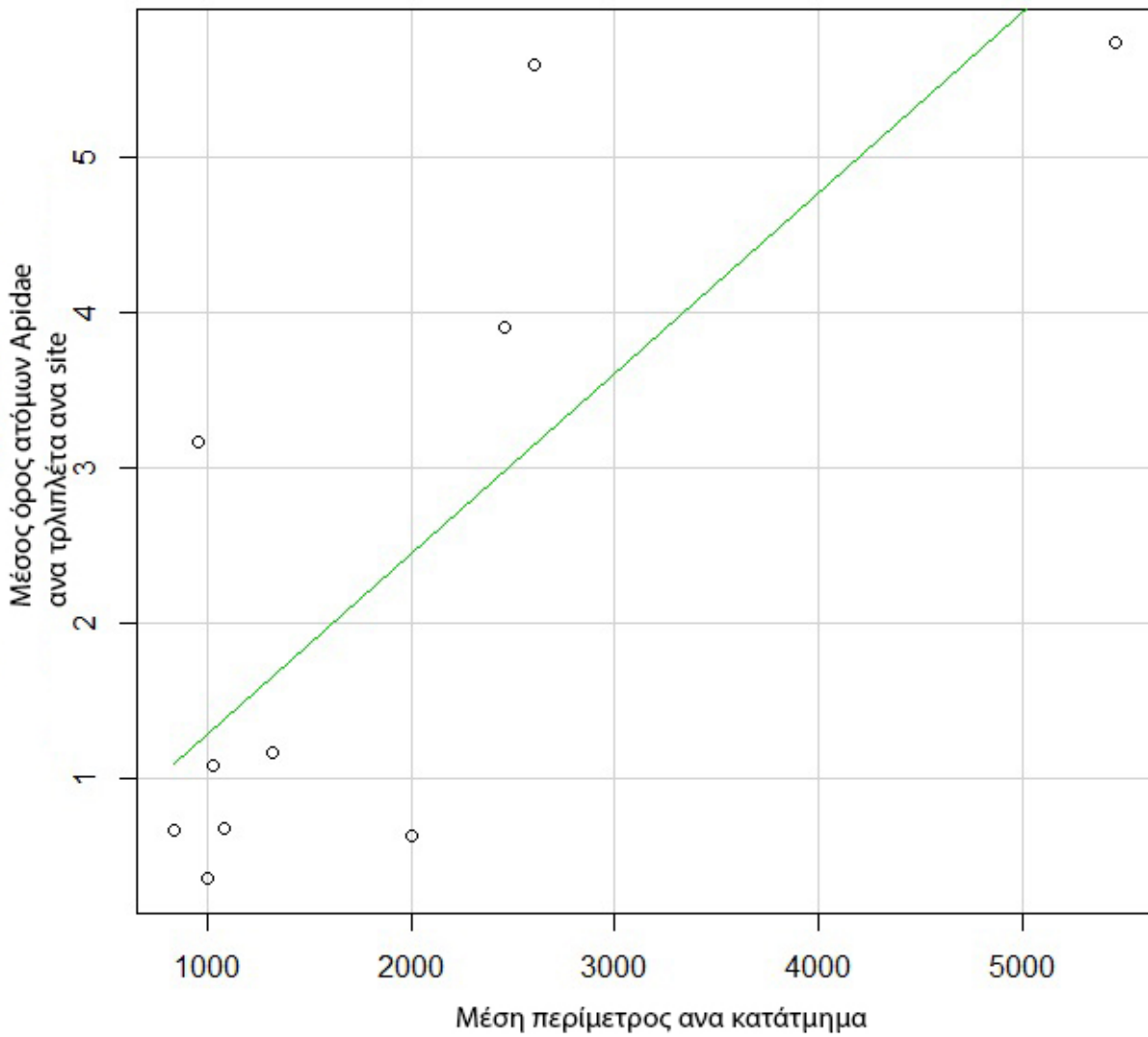
Διάγραμμα 5: Γραμμική παλινδρόμηση για τα 250 μέτρα με τον μέσο όρο των ατόμων collectidae ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με την μέτρηση ποικιλότητας ειδών στην συγκεκριμένη ομάδα.

Στο διάγραμμα 6 απεικονίζεται για τα 500 μέτρα αντίστοιχα μία γραμμική παλινδρόμηση με τον μέσο όρο τον ατόμων Aridae ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με τον μέσο όρο καταμημάτων στις καλλιέργειες..



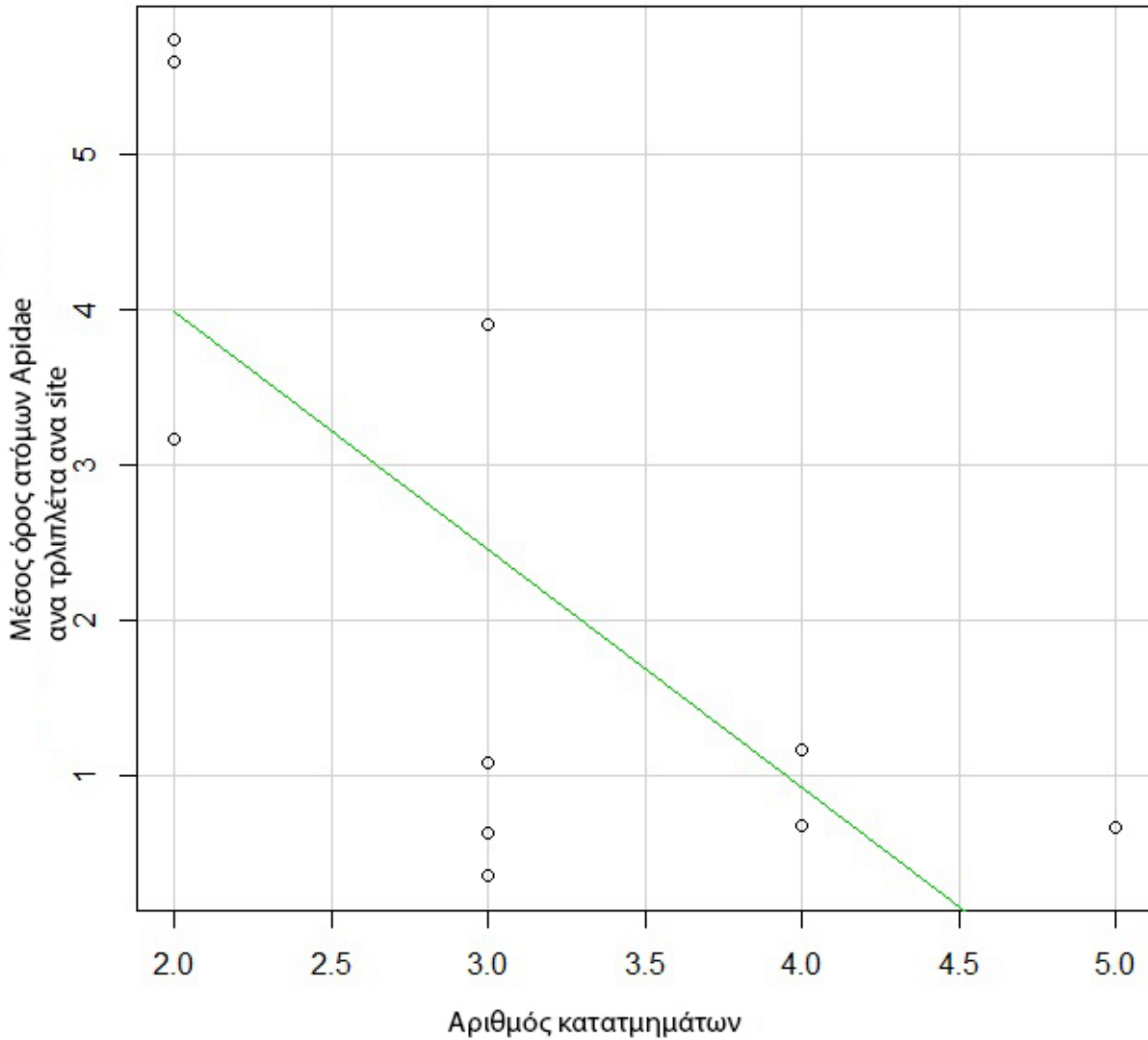
Διάγραμμα 6: Γραμμική παλινδρόμηση για τα 500 μέτρα με τον μέσο όρο τον ατόμων Aridae ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με τον μέσο όρο καταμημάτων στις καλλιέργειες

Στο διάγραμμα 7 απεικονίζεται για τα 500 μέτρα μία γραμμική παλινδρόμηση με τον μέσο όρο τον ατόμων Αριδαε ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με την μέση περίμετρο ανά κατάτμημα.



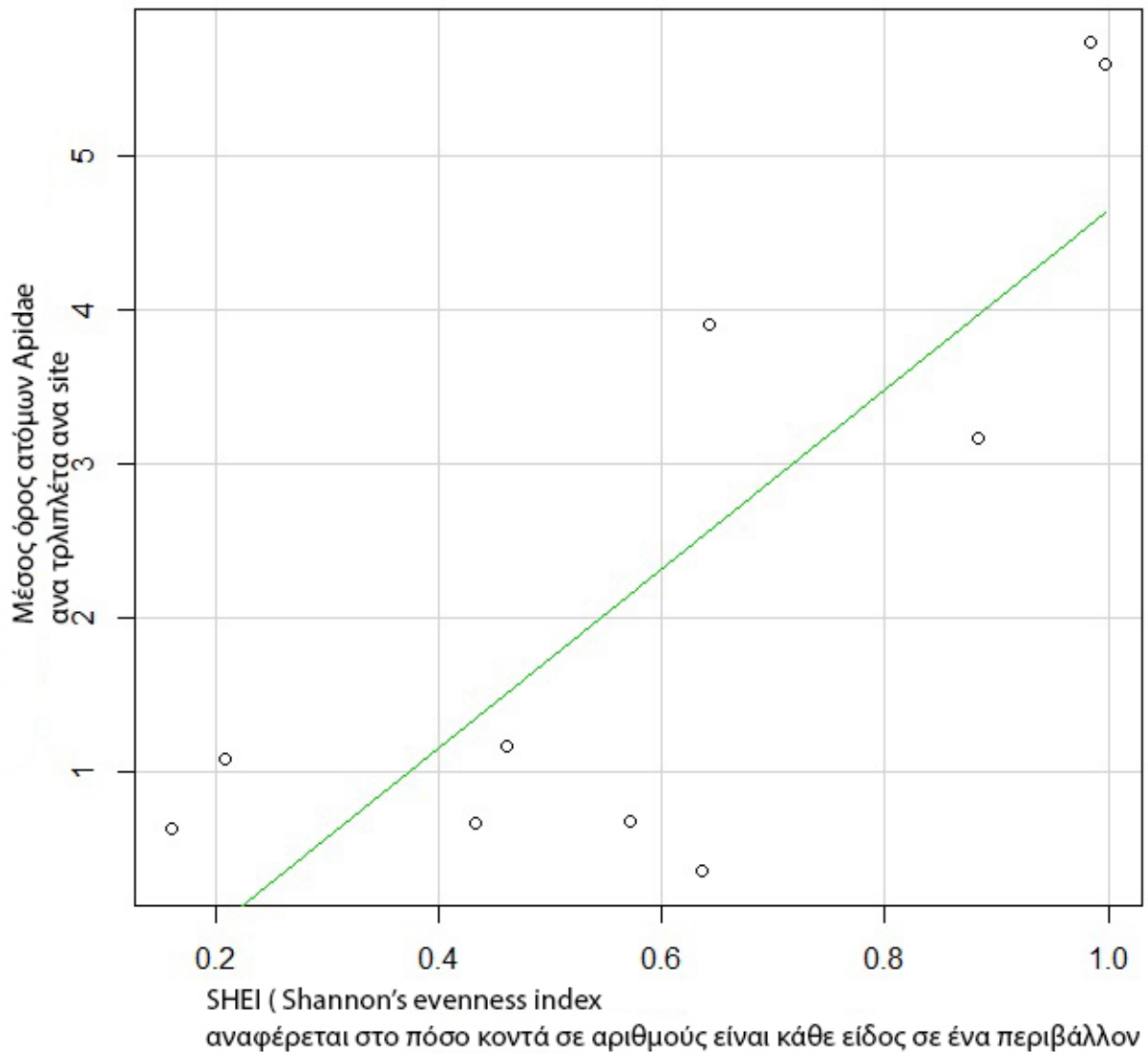
Διάγραμμα 7: Γραμμική παλινδρόμηση για τα 500 μέτρα με τον μέσο όρο τον ατόμων Αριδαε ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με την μέση περίμετρο ανά κατάτμημα.

Στο διάγραμμα 8 απεικονίζεται για τα 500 μέτρα μία γραμμική παλινδρόμηση με τον μέσο όρο των ατόμων Αριδαε ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με τον αριθμό κατατμημάτων.



Διάγραμμα 8: Γραμμική παλινδρόμηση για τα 500 μέτρα με τον μέσο όρο των ατόμων Αριδαε ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με τον αριθμό κατατμημάτων.

Στο διάγραμμα 9 απεικονίζεται για τα 500 μέτρα μία γραμμική παλινδρόμηση με τον μέσο όρο τον ατόμων Αριδαε ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με τον δείκτη του shannon's evenness (Αναφέρει το πόσο κοντά είναι σε αριθμούς είναι κάθε είδος σε ένα περιβάλλον ενδιαφέροντος).



Διάγραμμα 9: Γραμμική παλινδρόμηση για τα 500 μέτρα με τον μέσο όρο τον ατόμων Αριδαε ανά τριπλέτα ανά site σε σχέση με τον δείκτη του shannon's evenness (Αναφέρει το πόσο κοντά είναι σε αριθμούς είναι κάθε είδος σε ένα περιβάλλον ενδιαφέροντος).

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Όσο αφορά τον αριθμό των Colletidae σε σχέση με το κατακερματισμό του τοπίου παρατηρούμε ότι όσο πιο κατακερματισμένο είναι το τοπίο η αφθονία των ειδών μειώνεται. Ο Steffan-Dewenter (2003) αναφέρει ότι ο κατακερματισμός του τοπίου έχει θετική δράση σε αρκετά είδη όμως στα έντομα είναι αρνητικός παράγοντας με αποτέλεσμα να μειώνεται ο πληθυσμός όταν βρίσκονται σε ένα αρκετά κατακερματισμένο τοπίο.

Ένα άλλο συμπέρασμα που παρατηρήθηκε είναι ότι όσο μεγαλώνει ο μέσος όρος της επιφάνειας στα φρύγανα και στις καλλιέργειες αντίστοιχα μεγαλώνει και πληθυσμός του συγκεκριμένου είδους, το οποίο οφείλεται στο ότι τα Colletidae έχουν δύο γένη το Colletes και το Hylaeus και φωλιάζουν αντίστοιχα στο έδαφος και μέσα σε ξύλα. Έτσι λοιπόν στην Λήμνο λόγω του ότι δεν υπάρχουν δάση ή έστω αρκετά δέντρα το ένα γένος είναι πολύ μειωμένο οπότε έχουμε πιο πολλά στο είδος Colletes (βλέπε διάγραμμα 2) άρα είναι πιο συνήθεις να βρίσκουμε αρκετά άτομα σε τοπίο με χαμηλή βλάστηση όπως φρύγανα και καλλιέργειες.

Τέλος παρατηρούμε ότι όσο πιο πολλά Colletidae έχουμε τόσο μειώνετε ο δείκτης Shannon's diversity που μετρά την ποικιλότητα των ειδών και την αφθονία σε μια περιοχή. Βλέπουμε δηλαδή μια αρνητική σχέση διότι δεν υπάρχει ποικιλότητα, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο ότι αυτό το είδος του αρέσει να βρίσκεται κοντά σε φρύγανα και καλλιέργειες.

Στην περίπτωση όπου η περιοχή μελέτης γίνεται μεγαλύτερη, δηλαδή 500 μέτρα, παρατηρούμε ότι στην οικογένεια Aridae έχουμε μια θετική γραμμική σχέση όπου όσο ανεβαίνει ο μέσος όρος της έκτασης των καλλιεργειών, τόσο περισσότερα άτομα συναντάμε. Αυτό στην περίπτωση της Λήμνου εξηγείται ως αποτέλεσμα του ότι σε πολλά χωράφια γίνεται αγρανάπαυση και στο ότι ανάμεσα στα καλλιεργημένα έχουμε και χωράφια τα οποία είναι στην ουσία παρατημένα με αποτέλεσμα να έχουμε μια ποικιλομορφία στην βλάστηση. Επίσης, ένας άλλος λόγος που μπορεί να οδηγεί σε αυτά τα αποτελέσματα είναι ότι στην οικογένεια Aridae έχουμε το μεγαλύτερο ποσοστό του γένους Eucera (βλέπε διάγραμμα 2) το οποίο είναι ένα είδος που και αυτό φωλιάζει στο έδαφος αλλά περισσότερο σε γυμνό έδαφος το οποίο επικρατεί και στα καλλιεργούμενα χωράφια, καθώς αυτά για μεγάλα χρονικά διαστήματα ή δεν έχουν βλάστηση λόγω του θερισμού ή οργώματος ή είναι παρατημένα λόγω αγρανάπαυσης οπότε έχουμε πολύ χαμηλή βλάστηση τον περισσότερο καιρό.

Έπειτα βρέθηκε μια θετική σχέση ανάμεσα στην περίμετρο των κατατμημάτων και της οικογένειας Aridae όπου όσο μεγαλύτερη είναι η περίμετρος, τόσο περισσότερα άτομα της οικογένειας Aridae έχουμε, συμπεραίνοντας ότι οι συγκεντρώσεις είναι μεγαλύτερες σε μη κατακερματισμένες περιοχές σε σύγκριση με την οικογένεια Colletidae που αναφέρθηκε παραπάνω.

Έπειτα παρατηρούμε μια αρνητική σχέση στον αριθμό κατατμημάτων με τον αριθμό ατόμων της οικογένειας Aridae. Δηλαδή όσο περισσότερο είναι κατακερματισμένο το τοπίο, τόσο λιγότερα άτομα συναντάμε, επιβεβαιώνοντας έτσι ότι είναι σωστό από τον τρόπο φώλιασης που προαναφέραμε.

Παράρτημα

(L4) Shannon's Diversity Index	
$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)$	$P_i =$ proportion of the landscape occupied by patch type (class) i .
<i>Description</i>	SHDI equals minus the sum, across all patch types, of the proportional abundance of each patch type multiplied by that proportion. Note, P_i is based on total landscape area (A) excluding any internal background present.
<i>Units</i>	Information
<i>Range</i>	SHDI ≥ 0 , without limit SHDI = 0 when the landscape contains only 1 patch (i.e., no diversity). SHDI increases as the number of different patch types (i.e., patch richness, PR) increases and/or the proportional distribution of area among patch types becomes more equitable.
<i>Comments</i>	<i>Shannon's diversity index</i> is a popular measure of diversity in community ecology, applied here to landscapes. Shannon's index is somewhat more sensitive to rare patch types than Simpson's diversity index.
(L7) Shannon's Evenness Index	
$SHEI = \frac{- \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)}{\ln m}$	$P_i =$ proportion of the landscape occupied by patch type (class) i . $m =$ number of patch types (classes) present in the landscape, excluding the landscape border if present.
<i>Description</i>	SHEI equals minus the sum, across all patch types, of the proportional abundance of each patch type multiplied by that proportion, divided by the logarithm of the number of patch types. In other words, the observed Shannon's Diversity Index divided by the maximum Shannon's Diversity Index for that number of patch types. Note, P_i is based on total landscape area (A) excluding any internal background present.
<i>Units</i>	None
<i>Range</i>	$0 \leq SHEI \leq 1$ SHDI = 0 when the landscape contains only 1 patch (i.e., no diversity) and approaches 0 as the distribution of area among the different patch types becomes increasingly uneven (i.e., dominated by 1 type). SHDI = 1 when distribution of area among patch types is perfectly even (i.e., proportional abundances are the same).
<i>Comments</i>	<i>Shannon's evenness index</i> is expressed such that an even distribution of area among patch types results in maximum evenness. As such, evenness is the complement of dominance.

$MN = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n_i}$	<p>MN (Mean) equals the sum, across all patches of the corresponding patch type, of the corresponding patch metric values, divided by the number of patches of the same type. MN is given in the same units as the corresponding patch metric.</p>
--	--

(P1) Area	
$AREA = a_{ij} \left(\frac{1}{10,000} \right)$	$a_{ij} =$ area (m ²) of patch ij.
<i>Description</i>	AREA equals the area (m ²) of the patch, divided by 10,000 (to convert to hectares).
<i>Units</i>	Hectares
<i>Range</i>	<p>AREA > 0, without limit.</p> <p>The range in AREA is limited by the grain and extent of the image; in a particular application, AREA may be further limited by the specification of a minimum patch size that is larger than the grain.</p>
<i>Comments</i>	<p>The <i>area</i> of each patch comprising a landscape mosaic is perhaps the single most important and useful piece of information contained in the landscape. Not only is this information the basis for many of the patch, class, and landscape indices, but patch area has a great deal of ecological utility in its own right. Note that the choice of the 4-neighbor or 8-neighbor rule for delineating patches will have an impact on this metric.</p>
(P2) Perimeter	
$PERIM = p_{ij}$	$p_{ij} =$ perimeter (m) of patch ij.
<i>Description</i>	PERIM equals the perimeter (m) of the patch, including any internal holes in the patch, regardless of whether the perimeter represents 'true' edge or not (e.g., the case when a patch is artificially bisected by the landscape boundary when a landscape border is present).
<i>Units</i>	Meters
<i>Range</i>	PERIM > 0, without limit.
<i>Comments</i>	<p>Patch <i>perimeter</i> is another fundamental piece of information available about a landscape and is the basis for many class and landscape metrics. Specifically, the perimeter of a patch is treated as an edge, and the intensity and distribution of edges constitutes a major aspect of landscape pattern. In addition, the relationship between patch perimeter and patch area is the basis for most shape indices.</p>

(C1) Total (Class) Area	
$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10,000} \right)$	$a_{ij} =$ area (m^2) of patch ij .
<i>Description</i>	CA equals the sum of the areas (m^2) of all patches of the corresponding patch type, divided by 10,000 (to convert to hectares); that is, total class area.
<i>Units</i>	Hectares
<i>Range</i>	CA > 0, without limit. CA approaches 0 as the patch type becomes increasing rare in the landscape. CA = TA when the entire landscape consists of a single patch type; that is, when the entire image is comprised of a single patch.
<i>Comments</i>	<i>Class area</i> is a measure of landscape composition; specifically, how much of the landscape is comprised of a particular patch type. In addition to its direct interpretive value, class area is used in the computations for many of the class and landscape metrics.

(P1) Perimeter-Area Ratio	
$PARA = \frac{P_{ij}}{a_{ij}}$	$P_{ij} =$ perimeter (m) of patch ij . $a_{ij} =$ area (m^2) of patch ij .
<i>Description</i>	PARA equals the ratio of the patch perimeter (m) to area (m^2).
<i>Units</i>	None
<i>Range</i>	PARA > 0, without limit.
<i>Comments</i>	<i>Perimeter-area ratio</i> is a simple measure of shape complexity, but without standardization to a simple Euclidean shape (e.g., square). A problem with this metric as a shape index is that it varies with the size of the patch. For example, holding shape constant, an increase in patch size will cause a decrease in the perimeter-area ratio.

Όλοι οι πίνακες στο παράρτημα βρίσκονται πιο αναλυτικά στο manual του Fragstat.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

- ✓ Στην ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιούμε την ανεξάρτητη μεταβλητή (X) για να υπολογίσουμε την εξαρτώμενη μεταβλητή (Y).
- ✓ Η σχέση μεταξύ των μεταβλητών είναι γραμμική.
- ✓ Το κριτήριο των ελαχίστων τετραγώνων χρησιμοποιείται για να καθορίσει την εξίσωση της παλινδρόμησης. Αυτός είναι ο όρος που ελαχιστοποιείται είναι: $\sum (Y - Y')^2$

Η εξίσωση παλινδρόμησης είναι: $Y' = \alpha + bX$, όπου:

- ✓ Το Y' είναι η μέση προβλεπόμενη τιμή του Y για κάθε X .
- ✓ Το α είναι ο σταθερός όρος του Y . Είναι η κατ' εκτίμηση αξία Y όταν $X=0$
- ✓ Το β είναι η κλίση της γραμμής, ή η μέση αλλαγή στο Y' για κάθε αλλαγή μιας μονάδας στο X .
- ✓ Η αρχή των ελαχίστων τετραγώνων χρησιμοποιείται για να εκτιμηθούν το α και το β .
- ✓ Σύμφωνα με την αρχή των ελαχίστων τετραγώνων, οι εξισώσεις που δίνουν τις τιμές του α και του β είναι:

Η εξίσωση για το b είναι:

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

Ενώ η εξίσωση που μας δίνει το α είναι:

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b \frac{\sum X}{n}$$

5. Βιβλιογραφία

<http://www.hnms.gr/>

<http://www.statistics.gr/>

<http://www.limnos.gov.gr/>

<http://www.usgs.gov/>

Baker, W.L. 1993. Spatially heterogeneous multi-scale response of landscapes to fire suppression. *Oikos* 66(1): 66-71.

Baletto, E. & Casale, A. 1991. Mediterranean insect conservation. – In: Collins, N. M. & Thomas, J. A. (eds), *The conservation of insects and their habitats*. Academic Press, pp. 121–142

Bankov, N., 1998: «Dynamics Of Land Cover/Use Changes In Relation To Socio – Economic Conditions In The Psilorites Mountain Of Crete, Greece» MSc, Mediterranean Agronomic Institute Of Chania (M.A.I.Ch.), Chania.

Blondel, J. & Aronson, J. 1999. *Biology and wildlife of the Mediterranean region*. – Oxford Univ. Press

Cox, C. 1992. *Satellite Imagery, Aerial Photography and Wetland Archaeology: An Interim Report on an Application of Remote Sensing to Wetland Archaeology: The Pilot Study in Cumbria, England*. *World Archaeology (Analytical Field Survey)*24(2): 249-267.

Ehlers, M., M. A. Jadcowski, R. R. Howard, and D. E. Brostuen. 1990. Application of SPOT data for regional growth and local planning. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 56: 175-180.

Farina, A., 1998: «Principles and Methods in Landscape Ecology» Chapman & Hall Ltd., Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge

Farina, A., 2000: «Landscape Ecology in Action», Kluwel Academic Publishers, the Netherlands.

Gomez-Campo, C. 1985. *Plant conservation in Mediterranean area*. Junk Publishers.

Ispikoudis, I. & Chouvardas, D., 2005: «Livestock, Land Use and Landscape», in “Animal production and natural resources utilisation in the Mediterranean mountain areas”, Wageningen, Academic Publishers, EAAP Scientific Series No. 115

Jonsen, I. & Fahrig, L. (1997). Response of generalist and specialist insect herbivores to landscape spatial structure. *Landscape Ecology* 12, 185 – 197.

Karteris M., 1991: «Remote Sensing and Geographic Information Systems», Department of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki. Greece.

Kearns, C. A., Inouye, D. W. & Waser, N. M. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant – pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 83 – 112.

Krauss, J., Steffan-Dewenter, I., Tschamntke, T. (2003). How does landscape context contribute to effects of habitat fragmentation on diversity and population density of butterflies? *Journal of Biogeography* 30, 889 -900.

- Lausch, A. and F. Herzog. 2002. Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators* 2: 3-15.
- Leong JM, Thorp RW (1999) Colour-coded sampling: the pan trap colour preferences of oligolectic and nonoligolectic bees associated with a vernal pool plant. *Ecol Entomol* 24:329–335
- Lloret, F., E. Calvo, X. Pons, and R. Diaz-Delgado. 2002. Wildfires and landscape patterns in the Eastern Iberian Peninsula. *Landscape Ecology* 17: 745-759.
- Longley, P. A., M. F. Goodchild, D.J. Maguire, and D. W. Rhind. 2005. *Geographic information systems and science*. 2Nd Edition. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Mcgarigal, K. & B.J. Marks, 1994. *Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Forest Science Department, Oregon State Univesrity, Corvallis, OR 97331
- Meaille, R. and L. Wald. 1990. Using geographic information system and satellite imagery within a numerical simulation of regional urban growth. *International Journal of Geographic Information Systems* 4: 445-456.
- Cox, C. 1992. *Satellite Imagery, Aerial Photography and Wetland Archaeology: An Interim Report on an Application of Remote Sensing to Wetland Archaeology: The Pilot Study in Cumbria, England*. *World Archaeology (Analytical Field Survey)* 24(2): 249-267.
- Naveh, Z., 1995. Interactions of landscape and culture. *Landscape and Urban Planning*, 32,43-54
- Ozesmi, S. L. and M. E. Bauer. 2002. Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management* 10: 381-402.
- Petanidou, T. & Vokou, D. 1993. Pollination ecology of Labiatae in a phryganic (East Mediterranean) ecosystem. *American Journal of Botany* 80: 892–899
- Quezel, P. 1985. Definition of the Mediterranean region and the origin of its flora.-In: Gomez-Campo, C. (ed.), *Plant conservation in the Mediterranean area*. Junk Publishers, pp. 9 -23
- Rundel, P., Montenegro, W.G. & Jaksic, F.M. 1998. Landscape disturbance and biodiversity in Mediterranean-type ecosystems. Springer-Verlag, Berlin.
- Skelton M., 1998: «The Sustainable Management of Landscapes: A Case Study of the Portaikos Valley, the Central Pindus Mountains, Thessaly, Greece. MSc (LEDM), Wye College, University of London.
- Steffan-Dewenter, I., Munzenberg, U., Burger, C., Thies, C., Tscharrntke, T. (2002). Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology* 83, 1421–1432.
- Steffan-Dewenter, I. (2003). Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. *Conservation Biology* 17 (4), 1036–1044.
- Stephen WP, Rao S (2005) Unscented color traps for non-Apis bees (Hymenoptera: Apiformes). *J Kansas Entomol Soc* 78:373–380
- T Petanidou, E Lamborn 2005 A land for flowers and bees: studying pollination ecology in Mediterranean communities
- T. Tscheulin, L. Neokosmidis, T. Petanidou and J. Settele 2011. Influence of landscape context on the abundance and diversity of bees in Mediterranean olive groves

- Treitz, P. M., P. J. Howard, and P. Gong. 1992. Application of satellite and GIS technologies for land cover and land - use mapping at the rural urban fringe: a case study. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 58: 439-448.
- Turner, M. G. 1990. Spatial and temporal analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology* 4:21-30.
- Turner, M. G., W. W. Hargrove, R. H. Gardner, and W. H. Romme. 1994. Effects of fire on landscape heterogeneity in Yellowstone National Park, Wyoming. *Journal of Vegetation Science* 5(5): 731-742.
- Vos, W. & Stortelder, A.H.F., 1992: «Vanishing Tuscan Landscapes. Landscape Ecology of a Submediterranean Montane Area», Solano Basin, Tuscany, Italy
- Vrdoljak, S.M. & Samways, M.J. 2012. Optimising coloured pan traps to survey flower visiting insects. *Journal of Insect Conservation* 16: 345-354
- Westphal, C., Bommarco, R., Carré, G., Lamborn, E., Morison, N., Petanidou, T., Potts, S.G., Roberts, S.P.M., Szentgyörgyi, H., Tscheulin, T., Vaissière, B.E., Woyciechowski, M., Biesmeijer, J.C., Kunin, W.E., Settele, J. & Steffan-Dewenter, I. 2008. Measuring bee biodiversity in different European habitats and biogeographical regions. *Ecological Monographs* 78: 653-671.
- Yeh, A. G. O. and X. Li. 1999. Economic development and agricultural land loss in the Pearl River Delta, China. *Habitat International* 23: 373-390.
- Καρτέρης Μ., 1999α: «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Περιβάλλοντος», Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο, Θεσσαλονίκη.
- Καρτέρης Μ. & Τσομπανίκος Δ., 1984: «Σύστημα Ταξινόμησης Χρήσεων/Κάλυψης της Γης με την Τεχνική της Τηλεπισκόπησης», Πρακτικά Συνεδρίου «Ολοκληρωμένες Πληροφορίες Γης. Θεμέλιο για Ανάπτυξη», Τμήμα Αγρονόμων- Τοπογράφων Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Καρτέρης Μ., 1999β: «Τηλεπισκόπηση Περιβάλλοντος», Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο, Θεσσαλονίκη.
- Μανιάτης, Ι. 1993. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- Πετανίδου, Θ. (1999). Η επικονίαση ως πόρος στον Ευρωπαϊκό και Μεσογειακό χώρο: σπουδαιότητα, αναγκαιότητα, εγγενή προβλήματα. *Μελισσοκομική Επιθεώρηση* 13 (11), 459-464.
- Πετανίδου, Θ. (2011). Άγριες μέλισσες και άλλα έντομα-επικονιαστές: ένα ανεκτίμητο και ανεξερεύνητο κεφάλαιο για την Ελλάδα. Στα Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Εντομολογικού Συνεδρίου, Ναύπλιο 10–14 Οκτωβρίου 2011 (Καπαξίδη Ε., Ανδρεάδης Σ., Καραμαούνα Φ., εκδ.), Εντομολογική Εταιρεία Ελλάδος, Αθήνα. pp: 163-172.
- Χουβαρδός Δ., 2007: «Εκτίμηση της Διαχρονικής Επίδρασης των Κτηνοτροφικών Συστημάτων και των Χρήσεων Γης στα Τοπία με τη Χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών(G.I.S.)», Διδακτορική διατριβή Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.