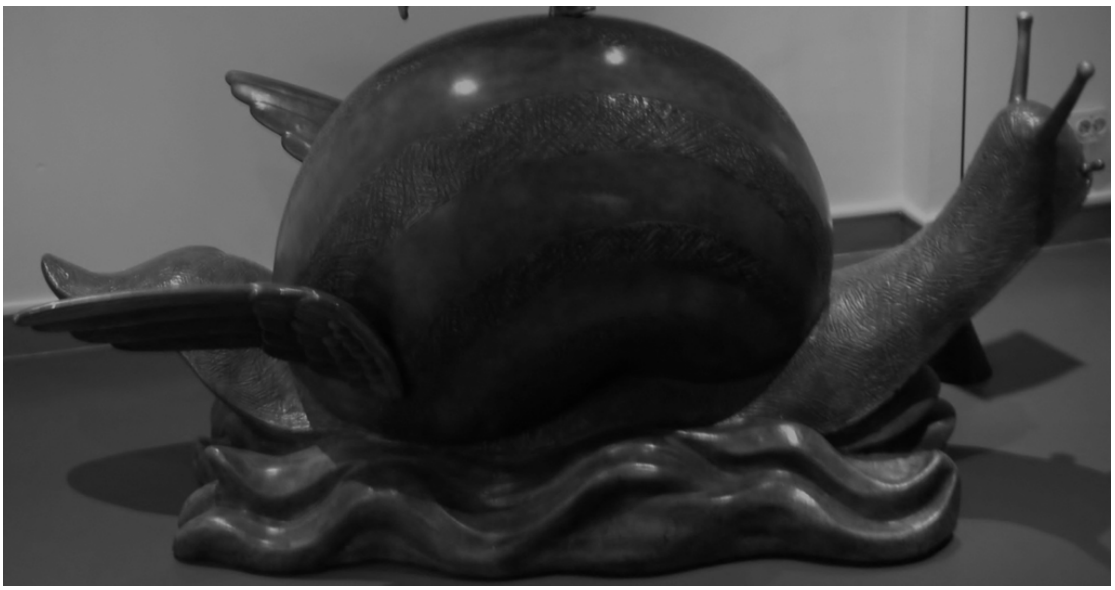
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΜΣ: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΣΑΛΙΓΚΑΡΙΩΝ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2012

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΜΣ: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΣΑΛΙΓΚΑΡΙΩΝ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Μ. ΜΥΛΩΝΑΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:
Σ. ΣΦΕΝΔΟΥΡΑΚΗΣ, ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Μ. ΓΙΑΝΝΟΥΛΑΚΗ, ΕΡΕΥΝΗΤΡΙΑ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2012

UNIVERSITY OF CRETE
DEPARTMENT OF BIOLOGY

MSc: ENVIRONMENTAL BIOLOGY
MANAGEMENT OF TERRESTRIAL AND MARINE RESOURCES

SPATIAL ANALYSIS OF THE TERRESTRIAL MOLLUSKS OF CRETE

Msc THESIS

GEORGOPOULOU ELISAVET

SUPERVISOR: PROF. M. MYLONAS

EXAMINERS:
S. SFENTHOURAKIS, ASSOCIATE PROF.
M. GIANNOULAKI, RESEARCHER

HERAKLION 2012

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Χερσαίων Μαλακίων του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης και υποβλήθηκε στο Τμήμα Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Μέρος της παρούσας διατριβής πραγματοποιήθηκε στο University of Twente, Ινστιτούτο ITC – Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation – στο πλαίσιο του προγράμματος Erasmus.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη δημιουργία της παρούσας διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω πολλούς ανθρώπους. Πρώτα από όλα τον Καθηγητή Μ. Μυλωνά ο οποίος συνέβαλε στη σύλληψη της ιδέας και με ενθάρρυνε στην υλοποίησή της.

Επίσης, να ευχαριστήσω τους δύο εξεταστές τον Αναπλ. Καθ. Σ. Σφενδουράκη και την Δρ. Μ. Γιαννουλάκη για τις ιδέες και τις συμβουλές τους σε διάφορα ζητήματα τα οποία με προβλήματισαν.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Δρ. Κατερίνα Βαρδινογιάννη για τη στήριξη και τις συμβουλές της σε επιστημονικά ζητήματα αλλά και όχι μόνο στα πέντε χρόνια που βρίσκομαι στο εργαστήριο των χερσαίων σαλιγκαριών. Καθοριστική στάθηκε η βοήθεια και η φιλία της Μαρίας Τζάτζη, η οποία με στήριξε σε όλη τη διάρκεια της παρουσίας μου στο εργαστήριο. Για αυτό της χρωστάω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ. Φυσικά δεν μπορώ να μην ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη του εργαστηρίου τον Ανδρέα και την Πάρη για όλα όσα περάσαμε τους τελευταίους μήνες στο εργαστήριο, είναι καταπληκτικοί φίλοι και τους εύχομαι τα καλύτερα.

Δεν ξεχνώ να ευχαριστήσω και όλους τους υπόλοιπους ανθρώπους του Μ.Φ.Ι.Κ. Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στο Μανώλη Νικολακάκη για τη συμβολή του σε θέματα GIS και τη Μίνα Τρικάλη για τη βοήθειά της στην εύρεση της βιβλιογραφίας.

Μεγάλο κομμάτι της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε στο ITC. Ο Δρ. Πέτρος Λυμπεράκης ήταν αυτός που με βοήθησε να πάω στο ITC, μια μοναδική εμπειρία, και για αυτό τον ευχαριστώ πάρα πολύ.

Η γνώση που αποκόμισα είναι ανεκτίμητης αξίας και αυτό οφείλεται στους ανθρώπους που γνώρισα εκεί. Ένα τεράστιο ευχαριστώ στον Dr. B. Toxopeus, ο οποίος με δέχτηκε στο ITC και με βοήθησε πραγματικά να μάθω και να κατανοήσω πολλά νέα πράγματα. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω όλους όσους με δέχτηκαν και με βοήθησαν καθόλη την παραμονή μου εκεί. Τους Prof. A. Skidmore, Dr. H. van Gils, Mrs. E. Hondebrink αλλά και τα παιδιά Sunil, Soheila, Maryam, Mitra, Somi, Nuno, Razieh, Harry, Sabah, Alex, John και Rasel τους ευχαριστώ πολύ.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους μου τους φίλους για τη στήριξη τους αυτό τον τελευταίο χρόνο. Γεωργία, Γαβριέλλα, Μαρία, Σταυρούλα, Γιάννα, Ιωάννα, Μιρέλλα, σας ευχαριστώ!

Το σημαντικότερο ευχαριστώ και ευγνωμοσύνη οφείλω στο Στέλιο μου και στην οικογένεια μου για όλη την αγάπη και την ηθική υποστήριξη που μου έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
1.1. Μοντέλα κατανομής των ειδών 1
1.2. Διαθέσιμα δεδομένα-συλλογές Μουσείων Φυσικής Ιστορίας 2
1.3. Χερσαία σαλιγκάρια 3
1.4. Σκοπός 4
2. ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ 5
2.1. Περιοχή μελέτης 5
2.2. Δεδομένα παρουσίας ειδών 5
2.3. Περιβαλλοντικές παράμετροι 7
2.3.1 Κλιματικά δεδομένα 8
2.3.2 Τοπογραφικά στοιχεία 9
2.3.3 Χρήσεις-κάλυψη γης 9
2.3.4 NDVI 9
2.4. Μοντέλο και ανάλυση 10
2.4.1 Ανάλυση πολυσυγγραμμικότητας 10
2.4.2 Μοντέλο Μέγιστης Εντροπίας (MaxEnt) 12
2.4.3 Αξιολόγηση του Μοντέλου 13
a) AUC 13
b) Cohen’s Kappa 14
c) Υπολογισμός AUC και Cohen’s Kappa με πραγματικές απουσίες 15
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 17
3.1. Χάρτες πιθανής κατανομής 17
3.2. AUC και Kappa 17
3.3. Ανάλυση των συνιστωσών μεταβλητών 20
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ 27
4.1. Αξιολόγηση χαρτών πιθανής κατανομής - αξιολόγηση AUC 27
4.2. Περιβαλλοντικές παράμετροι που συνεισφέρουν στην εξήγηση του μοντέλου μέγιστης εντροπίας 31
4.2.1 Ισοθερμικότητα 32
4.2.2 Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας 32
4.2.3 Μέση θερμοκρασία του φθινοπώρου 33
4.2.4 Βροχόπτωση του φθινοπώρου 33
4.2.5 Χρήσεις-κάλυψη γης 34
4.2.6 Κλίση του εδάφους και έκθεση 35

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 36
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 39
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 47
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. 48
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. 56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ C. 75

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διατριβή γίνεται μία πρώτη προσέγγιση των πιθανών χωρικών προτύπων των χερσαίων σαλιγκαριών της Κρήτης. Διερευνήθηκαν οι πιθανές κατανομές 56 ειδών χερσαίων σαλιγκαριών της Κρήτης με τη χρήση της μεθόδου μέγιστης εντροπίας (MaxEnt). Το MaxEnt προβλέπει την πιθανή κατανομή ενός είδους σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, με βάση τα γνωστά σημεία παρουσίας του είδους για ένα σύνολο επιλεγόμενων περιβαλλοντικών συνθηκών. Στο πλαίσιο αυτό, διερευνήθηκε ο ρόλος των περιβαλλοντικών παραμέτρων που επηρεάζουν την πιθανή κατανομή των χερσαίων σαλιγκαριών και αν σχηματίζονται ομάδες ειδών με παρόμοιες περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για την πλειοψηφία των ειδών (35 από τα 56) σημαντικότερη συνεισφορά στην εξήγηση του μοντέλου της μέγιστης εντροπίας διαδραματίζουν παράγοντες που σχετίζονται με τη θερμοκρασία, τη βροχόπτωση και την κάλυψη γης. Επιπλέον, είδη με περιορισμένη κατανομή όπως το *Albinaria eburnea* έχουν υψηλότερες τιμές AUC (μεγαλύτερες του 0,8) ενώ αυτά που έχουν ευρύτερη εξάπλωση όπως το *Cantareus aspersus* έχουν χαμηλότερες τιμές AUC (μικρότερες του 0,7). Με τη χρήση απουσιών για τον υπολογισμό του δείκτη AUC, παρατηρείται βελτίωση της τιμής σε όλα τα είδη (53 είδη από τα 56 είχαν τιμές μεγαλύτερες του 0,75). Οι πιθανές κατανομές με βάση το μοντέλο μέγιστης εντροπίας είναι αρκετά ακριβείς όπως στα είδη *Poiretia dilatata* και *Trochoidea* sp. Παρόλα αυτά σε κάποιες περιπτώσεις, όπως στο είδος *Metafruticicola dictaeus*, το MaxEnt δεν λαμβάνει υπόψη τις ιστορικές αιτίες όπως η παλαιογεωγραφική ιστορία που φαίνεται να καθορίζει τα πρότυπα κατανομής κάποιων ειδών σαλιγκαριών.

Λέξεις-κλειδιά: *χωρικά πρότυπα, MaxEnt, παρουσίες ειδών, πιθανή κατανομή, περιβαλλοντικές μεταβλητές, AUC.*

ABSTRACT

The current work is a first approach of the potential spatial distribution of the Cretan lands nails. The maximum entropy (MaxEnt) analysis was used to model the potential distributions of 56 land snail species. MaxEnt is a machine learning method that predicts the potential distribution of a target group over a geographical region from a sample of presence localities and a set of environmental data. The effect of the environmental parameters that were used to model the potential distribution of the species is explored. Results show that temperature contributes to the explanation of the potential distributions of 35 species, while two other important factors seem to be rainfall and land cover. Moreover, species with restricted distribution range like *Albinaria eburnea*, have higher AUC values (higher than 0.8), while species with a broader range like *Cantareus aspersus* have lower AUC values (lower than 0.7). The use of absences increases the AUC values (53 out of 56 species have values higher than 0.75). The potential distributions of most species like *Poiretia dilatata* και *Trochoidea* sp., are quite precise. Nevertheless, for some species like *Metafruticicola dictaeus*, MaxEnt does not take into account the historical reasons like the paleogeography of the study area, which are likely to affect the spatial distribution of the species.

Keywords: *spatial patterns, MaxEnt, potential distribution, environmental variables, AUC.*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χωρική οικολογία αποτελεί αντικείμενο μελέτης πολλών οικολόγων και βιογεωγράφων τις τελευταίες δεκαετίες (Whittaker et al., 2001; Kattan et al., 2004). Η παγκόσμια βιοποικιλότητα χαρακτηρίζεται από ετερογένεια, αν και είναι γνωστό ότι τα είδη δεν είναι τυχαία κατανεμημένα. Η αξιολόγηση των προτύπων βιοποικιλότητας και ο προσδιορισμός σημαντικών προς διατήρηση περιοχών έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών (Gaston, 2000; Gaston & Blackburn, 2000). Για την κατανόηση των προτύπων της βιοποικιλότητας ακόμα και σε τοπική κλίμακα, χρειάζεται να μελετηθούν οι διάφορες οικολογικές διεργασίες που συμβαίνουν στο χώρο και στο χρόνο. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει δώσει πρόσβαση σε νέα δεδομένα και αναλυτικά εργαλεία τα οποία δεν ήταν διαθέσιμα στο παρελθόν.

1.1. Μοντέλα κατανομής των ειδών

Η πρόβλεψη της πιθανής κατανομής των ειδών βασιζόμενη σε περιβαλλοντικούς παράγοντες είναι ένα πεδίο της οικολογίας το οποίο εξελίσσεται με ραγδαίο ρυθμό (Kassara et al., 2012; van Gils et al., 2012). Η αυξανόμενη διαθεσιμότητα σε περιβαλλοντικά δεδομένα και η ανάπτυξη μοντέλων ικανών να προβλέπουν την πιθανή κατανομή των ειδών σε συνδυασμό με τη χρήση του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS) έχει συμβάλλει καθοριστικά σε αυτό (Guisan & Zimmermann, 2000; Elith & Leathwick, 2009).

Τα μοντέλα κατανομής ειδών (Species Distribution Models-SDMs) αποτελούν μία σχετικά νέα προσέγγιση για την κατανόηση των προτύπων της κατανομής των ειδών σε σχέση με το περιβάλλον τους (Franklin, 2010). Πρόκειται για αριθμητικά εργαλεία που συνδυάζουν τις παρατηρήσεις παρουσίας των ειδών σε μια περιοχή με τα περιβαλλοντικά/χωρικά χαρακτηριστικά αυτής της περιοχής (Franklin, 2010). Τα τελευταία χρόνια, τα μοντέλα πρόβλεψης κατανομής των ειδών έχουν γίνει ένα σημαντικό εργαλείο για την αντιμετώπιση οικολογικών, βιογεωγραφικών, εξελικτικών και διαχειριστικών ζητημάτων (Guisan & Zimmermann, 2000; Guisan & Thuiller, 2005) με εφαρμογές σε υδάτινα και χερσαία οικοσυστήματα (Elith & Leathwick, 2009).

Ο θεμελιώδης (fundamental) θώκος ενός είδους αποτελεί το σύνολο όλων των συνθηκών που επιτρέπουν τη μακροχρόνια επιβίωση του είδους, ενώ ο πραγματωμένος (realized) θώκος είναι ένα υποσύνολο του θεμελιώδη θώκου το

οποίο καταλαμβάνει στην πραγματικότητα το είδος (Hutchinson, 1957). Ο πραγματωμένος θώκος είναι συνήθως μικρότερος του θεμελιώδους εξαιτίας διάφορων αιτιών όπως ο ανταγωνισμός με άλλα είδη, η θήρευση, τα γεωγραφικά φράγματα που αποτρέπουν τη διασπορά και εποίκιση. Η μοντελοποίηση του οικολογικού θώκου έχει γίνει πολύ σημαντικός παράγοντας στη διαχείριση των φυσικών πόρων. Χρησιμοποιείται ως εργαλείο για να εκτιμήσει την επίδραση των χρήσεων γης και των περιβαλλοντικών αλλαγών στην κατανομή των ειδών (Tinoco et al., 2009). Μοντέλα βασισμένα στο θώκο επιτρέπουν στους διαχειριστές των πόρων να αναγνωρίζουν γεωγραφικές περιοχές και ενδιαιτήματα που χρειάζεται να διατηρηθούν ώστε να διασφαλίσουν την επιβίωση των απειλούμενων ειδών.

Το μοντέλο μέγιστης εντροπίας (MaxEnt) αποτελεί μια αρκετά αξιόπιστη μέθοδο για την πρόβλεψη των πιθανών κατανομών των ειδών βασιζόμενη μόνο στην παρουσία κάθε είδους (Phillips et al., 2006) σε αντίθεση με άλλα SDMs, τα οποία απαιτούν δεδομένα τόσο παρουσίας όσο και απουσίας. Σε σύγκριση με άλλες τεχνικές πρόβλεψης των κατανομών το MaxEnt είναι αρκετά ακριβές (Elith et al., 2006), ενώ έχει χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή της βιοποικιλότητας σε μεγάλη κλίμακα (Elith et al., 2011). Το MaxEnt έχει πλέον πολλές εφαρμογές στη βιογεωγραφία, στη διαχείριση και την οικολογία (Tittensor et al., 2009; Tinoco et al., 2009).

1.2. Διαθέσιμα δεδομένα-συλλογές Μουσείων Φυσικής Ιστορίας

Οι συλλογές των Μουσείων Φυσικής Ιστορίας αποτελούν μια πολύ πλούσια πηγή πληροφορίας για τις κατανομές των ειδών (Newbold, 2010), αν και η πλειονότητα των δεδομένων για τις κατανομές των ειδών αφορά την παρουσία του είδους σε μία τοποθεσία και σπανιότερα την απουσία του (Elith & Leathwick, 2007). Οι συλλογές αυτές παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα όπως λάθη στην ταξινομική ή στην ακρίβεια της τοποθεσίας (Graham et al., 2004) και μεροληψία (bias) στην δειγματοληπτική προσπάθεια, καθότι είναι συχνό φαινόμενο οι δειγματοληψίες να πραγματοποιούνται κοντά σε δρόμους ή σε σταθερούς δειγματοληπτικούς σταθμούς (Hijmans et al., 2005). Επίσης, τα στοιχεία που προέρχονται από τις μουσειακές συλλογές δεν μπορούν να δώσουν πληροφορίες για την απουσία του είδους, καθώς η απουσία του μπορεί να οφείλεται στο γεγονός α) ότι δεν βρέθηκε την ώρα την δειγματοληψίας, β) η δειγματοληπτική προσπάθεια ήταν ανεπαρκής και γ) το είδος πραγματικά απουσιάζει από αυτή την τοποθεσία (Graham et al., 2004). Παρόλα

αυτά αποτελούν τις κυριότερες βάσεις δεδομένων των ειδών παγκοσμίως και χρησιμοποιούνται ευρέως στα SDMs (Wollan et al., 2008).

1.3. Χερσαία σαλιγκάρια

Η Ελλάδα είναι μία από τις πλουσιότερες ευρωπαϊκές χώρες σε χερσαία γαστερόποδα λόγω της μεγάλης βιοτικής και αβιοτικής ποικιλομορφίας του χώρου. Οι εκτενείς ορεινοί όγκοι, τα εκατοντάδες μικρά και μεγάλα νησιά, το κλίμα, η γεωλογική ιστορία και η μακροχρόνια παρουσία του ανθρώπου δημιούργησαν διάφορους τύπους οικοσυστημάτων τα οποία έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην παρουσία και την ποικιλότητα των χερσαίων σαλιγκαριών. Με βάση το Κόκκινο Βιβλίο για την πανίδα της Ελλάδας, υπάρχουν περίπου 680 είδη εκ των οποίων τα μισά είναι ενδημικά (Λεγάκις & Μαραγκού, 2009). Μόνο το 4% των ειδών συναντάται σε όλη την Ελλάδα, ενώ τα υπόλοιπα έχουν περιορισμένη κατανομή σε νησιά (Κυκλάδες, Κρήτη) ή ορεινούς όγκους (π.χ. Ψηλορείτης, Ταΰγετος). Εξαιτίας αυτής της ιδιαιτερότητας υπάρχει υψηλή διαφοροποίηση ακόμα και σε επίπεδο γένους στις διάφορες περιοχές. Τα σαλιγκάρια συναντώνται σε όλα τα είδη των οικοσυστημάτων με έμφαση στις περιοχές όπου υπάρχει ασβέστιο (Μυλωνάς, 1982). Πιθανοί κίνδυνοι που αντιμετωπίζουν είναι η καταστροφή των βιοτόπων τους ιδίως από ανθρώπινες δραστηριότητες και την εισαγωγή ξένων ειδών.

Όσον αφορά τη μελέτη των σαλιγκαριών, κυρίως προσανατολίζεται στην συστηματική και τη βιογεωγραφία των νησιών (Triantis et al., 2008). Λίγες εργασίες ασχολούνται με τη χωρική ανάλυση των χερσαίων ασπόνδυλων του Αιγαίου (Sfenthourakis & Legakis, 2001; Sfenthourakis et al., 2004), ενώ η επιστημονική γνώση για τη χωρική οικολογία των σαλιγκαριών της Ελλάδας είναι μικρή και εστιασμένη σε συγκεκριμένες περιοχές ή είδη (Sfenthourakis et al., 1999; Giokas & Mylonas, 2004).

Οι σημαντικότεροι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν τα χερσαία σαλιγκάρια είναι η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, η υγρασία και ο άνεμος (Μυλωνάς, 1982). Σημαντικότεροι από όλους είναι η βροχή και η υγρασία καθώς τα σαλιγκάρια χρειάζονται υγρό περιβάλλον για την πραγματοποίηση των βιολογικών τους δραστηριοτήτων (Μυλωνάς, 1982). Ακραίες θερμοκρασίες και άνεμος έχουν αρνητική επίδραση στην εξάπλωση των σαλιγκαριών (Μυλωνάς, 1982). Επίσης σημαντική για την κατανόηση των κατανομών των σαλιγκαριών είναι η επίδραση

των δραστηριοτήτων του ανθρώπου όπως οι καλλιέργειες, η κτηνοτροφία και οι οικισμοί (Μυλωνάς, 1982; Βαρδινογιάννη, 1994).

1.4. **Σκοπός**

Στην παρούσα διατριβή γίνεται μία πρώτη προσέγγιση των πιθανών χωρικών προτύπων των χερσαίων σαλιγκαριών της Κρήτης. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των πιθανών κατανομών των χερσαίων σαλιγκαριών με τη χρήση της μεθόδου μέγιστης εντροπίας. Επιπλέον, θα διερευνηθεί ο ρόλος των περιβαλλοντικών παραμέτρων που επηρεάζουν την πιθανή κατανομή των χερσαίων σαλιγκαριών και αν σχηματίζονται ομάδες ειδών με παρόμοιες περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

2. ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει την Κρήτη. Βρίσκεται στην ανατολική Μεσόγειο και έχει έκταση 8.330 τ.χλμ. και μήκος 260 χλμ. Περίπου τα 2/3 του νησιού καλύπτονται από ορεινούς όγκους, τρεις εκ των οποίων ξεπερνούν τα 2.000 μέτρα σε ύψος. Το κλίμα είναι τυπικό μεσογειακό με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Τα νοτιοανατολικά παράλια της Κρήτης είναι η πιο άνυδρη και θερμή περιοχή του νησιού (Βαρδινογιάννη, 1994). Η βλάστηση του νησιού εμφανίζει μεγάλη ποικιλομορφία με επικρατούσα τη μακκία και τα φρύγανα (Βαρδινογιάννη, 1994). Σε ολόκληρη την έκταση του νησιού συναντώνται πευκοδάση, σε υψόμετρο άνω των 1.000 μέτρων υπάρχουν δάση κυπαρισσιού, ενώ δάση *Quercus ilex* βρίσκονται στο δυτικό και κεντρικό τμήμα του νησιού (Quézel, 1988). Τέλος, το μεγαλύτερο μέρος της Κρήτης καλύπτεται από ασβεστούχα πετρώματα (Βαρδινογιάννη, 1994).

2.2. Δεδομένα παρουσίας ειδών

Τα δεδομένα για τις κατανομές των ειδών προήλθαν από τη συλλογή χερσαίων μαλακίων του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης (Μ.Φ.Ι.Κ). Πρόκειται για δεδομένα τα οποία έχουν συλλεχθεί στο πλαίσιο εκπαιδευτικών εκδρομών, διπλωματικών, μεταπτυχιακών και διδακτορικών διατριβών και ερευνητικών προγραμμάτων, κυρίως όμως προέρχονται από το διδακτορικό της Βαρδινογιάννη (1994). Οι δειγματοληψίες καλύπτουν την χρονική περίοδο 1985-2011.

Οι τοποθεσίες της παρουσίας (occurrence locality) κάθε είδους προκύπτουν από το συνδυασμό των συντεταγμένων γεωγραφικού μήκους (longitude X) και γεωγραφικού πλάτους (latitude Y) και προσδιορίζουν την ακριβή τοποθεσία όπου το είδος έχει παρατηρηθεί. Τα δεδομένα εξετάστηκαν και επιλέχθηκαν τα γεωγραφικά στίγματα που είχαν ακρίβεια μικρότερη του 1 χλμ, ενώ το γεωγραφικό σύστημα προβολής που χρησιμοποιήθηκε είναι το WGS 1984 UTM Zone 35N.

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται συνολικά 56 από τα 133 (114) είδη που αναφέρονται στην Κρήτη και τα οποία ανήκουν σε 14 διαφορετικές οικογένειες σύμφωνα με την συστηματική της Βαρδινογιάννη (1994). Η επιλογή των μελετώμενων ειδών έγινε με βάση τον αριθμό των γεωγραφικών στιγμάτων κάθε είδους. Χρησιμοποιήθηκαν μόνο είδη τα οποία είχαν περισσότερα από 10 διαφορετικά σημεία παρουσίας.

Τα υπό μελέτη είδη, οι οικογένειες που ανήκουν και ο αριθμός των γεωγραφικών στιγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε είδος αναφέρονται στον πίνακα 1.
Για όλα τα δεδομένα παρουσίας που χρησιμοποιήθηκαν υπάρχουν και τιμές όλων των περιβαλλοντικών μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση. Επιπλέον, έχουν αφαιρεθεί όλα τα σημεία από τα οποία έλειπε έστω και μία περιβαλλοντική μεταβλητή.

Πίνακας 1. **Είδη που περιλαμβάνονται στη μελέτη (δίνονται με αλφαβητική σειρά) και ο αριθμός των διαφορετικών γεωγραφικών στιγμάτων κάθε είδους.**

Οικογένεια	Γένος	Είδος	Αρ. γεωγρ. Στιγμάτων
Clausiliidae	*Albinaria*	*Albinaria corrugata*	54
		Albinaria cretensis	114
		Albinaria eburnea	22
		Albinaria hippolyti	14
		Albinaria idaea	17
		Albinaria praeclara	34
		Albinaria spratti	13
		Albinaria teres	55
Helicidae	*Cantareus*	*Cantareus apertus*	222
		Cantareus aspersus	246
Zonitidae	*Carpathica*	*Carpathica cretica*	70
Helicidae	*Cernuella*	*Cernuella jonica*	134
	Cochlicella	*Cochlicella acuta*	27
Cochlostomatidae	*Cochlostoma*	*Cochlostoma cretense*	15
Zonitidae	*Daudebardia*	*Daudebardia rufa*	17
Agriolimacidae	*Deroceras*	*Deroceras lasithionensis*	64
		Deroceras panormitanum	34
		Deroceras rethimnonensis	100
Helicidae	*Eobania*	*Eobania vermiculata*	248
Zonitidae	*Eopolita*	*Eopolita protensa*	229
Chondrinidae	*Granopupa*	*Granopupa granum*	68
Helicidae	*Helicopsis*	*Helicopsis* sp.	11
	Lindholmiola	*Lindholmiola barbata*	86
Enidae	*Mastus*	*Mastus cretensis*	101
		Mastus etuberculatus	20
		Mastus turgidus	16
Helicidae	*Metafruticicola*	*Metafruticicola dictaeus*	12
		Metafruticicola lectus	121

	Οικογένεια	Γένος	Είδος	Αρ. γεωγρ. Στιγμάτων
			Metafruticicola nicosianus	51
			Metafruticicola noverca	283
			Metafruticicola pellita	52
		Monacha	*Monacha cretica*	17
			Monacha olivieri	18
			Monacha syriaca	91
	Orculidae	*Orculella*	*Orculella critica*	79
	Zonitidae	*Oxychilus*	*Oxychilus hydatinus*	46
			Oxychilus ionicus	13
			Oxychilus minoicus	26
			Oxychilus spratti	63
			Oxychilus superfluus	105
	Pleurodiscidae	*Pleurodiscus*	*Pleurodiscus sudensis*	42
	Oleacinidae	*Poiretia*	*Poiretia dilatata*	85
	Hygromiidae	*Pseudoxerophila*	*Pseudoxerophila bathytera*	108
	Subulinidae	*Rumina*	*Rumina decollata*	48
	Chondrinidae	*Rupestrella*	*Rupestrella philippii*	39
			Rupestrella rhodia	39
	Milacidae	*Tandonia*	*Tandonia cretica*	16
			Tandonia sowerbyi	61
			Tandonia totevi	27
	Helicidae	*Theba*	*Theba pisana*	37
		Trochoidea	*Trochoidea* sp.	36
	Vertiginidae	*Truncatellina*	*Truncatellina rothi*	23
	Zonitidae	*Vitrea*	*Vitrea contracta*	124
	Hygromiidae	*Xerocrassa*	*Xerocrassa cretica*	133
			Xerocrassa mesostena	229
		Xeromunda	*Xeromunda candiota*	52
Σύνολο:	14	30	56	4.107

2.3. **Περιβαλλοντικές παράμετροι**

Οι περιβαλλοντικές παράμετροι που επιλέχθηκαν για τη μοντελοποίηση της πιθανής κατανομής των σαλιγκαριών είναι κλιματικές, τοπογραφίας, χρήσης-κάλυψης γης και ο δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένης διαφοράς (normalized difference vegetation index-NDVI), οι οποίες προέρχονται από διάφορες διαδικτυακές πηγές (πίνακας 2). Η αρχική χωρική ανάλυση κάθε μεταβλητής ήταν διαφορετική. Η χωρική ανάλυση που επιλέχθηκε για όλα τα μοντέλα ήταν αυτή των κλιματικών

παραμέτρων, η οποία είναι 855,105 μ (περίπου 1 χλμ ή 30 arc-second). Όλοι οι χάρτες έχουν το ίδιο προβολικό σύστημα WGS 1984 UTM Zone 35N.

Οι παράμετροι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: συνεχείς και διακριτές. Οι συνεχείς παίρνουν τυχαίες πραγματικές τιμές που ανταποκρίνονται σε μετρίσιμες ποσότητες όπως υψόμετρο, βροχόπτωση και θερμοκρασία. Οι διακριτές δέχονται περιορισμένο αριθμό διακριτών τιμών οι οποίες αντιστοιχούν σε κατηγορίες, όπως τύπος βλάστησης και τύπος εδάφους.

Η επεξεργασία των περιβαλλοντικών δεδομένων καθώς και η περαιτέρω ανάλυση των πιθανών κατανομών των ειδών πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό ArcGIS 10 (ESRI, 2011).

2.3.1 Κλιματικά δεδομένα

Τα κλιματικά δεδομένα αφορούν θερμοκρασία και βροχόπτωση και προέρχονται από τη βάση κλιματικών δεδομένων WorldClim - Global Climate Data (http://www.worldclim.org). Πρόκειται για δεδομένα τα οποία προέρχονται από ένα παγκόσμιο δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών και καλύπτουν τη χέρσο με χωρική ανάλυση περίπου 1 χλμ και αφορούν τη χρονική περίοδο 1950-2000 (Hijmans et al., 2005). Οι μεταβλητές περιλαμβάνουν μηνιαία βροχόπτωση, μέση, μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία και 19 ακόμη βιοκλιματικές μεταβλητές που προκύπτουν από αυτές. Σε αυτές συμπεριλαμβάνεται η μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας και η ισοθερμικότητα. Η μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας προκύπτει όταν από τη μέση μέγιστη τιμή της ημερήσιας θερμοκρασίας αφαιρεθεί η μέση ελάχιστη τιμή της ημερήσιας θερμοκρασίας. Η ισοθερμικότητα (isothermality) είναι η ποσοτικοποίηση της διακύμανσης της ημερήσιας θερμοκρασίας προς τη διακύμανση της ετήσιας θερμοκρασίας.

Υπολογίζεται από τον τύπο:

Ισοθερμικότητα = (μέση ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας/ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος)*100

Αν το αποτέλεσμα της εξίσωσης είναι 100, αυτό σημαίνει ότι στην περιοχή αυτή η μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας είναι ίση με το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος. Αν το αποτέλεσμα είναι 50, τότε η μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας είναι η μισή του ετήσιου θερμοκρασιακού εύρους της περιοχής.

2.3.2 **Τοπογραφικά στοιχεία**

Οι τοπογραφικές παράμετροι προήλθαν από τα δεδομένα του Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM- http://eros.usgs.gov) με αρχική χωρική ανάλυση 90 μέτρα. Το SRTM είναι ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους υψηλής ανάλυσης της γης το οποίο περιλαμβάνει στοιχεία για το υψόμετρο. Με τη βοήθεια της προέκτασης Spatial Analyst του λογισμικού ArcGIS 10 (ESRI, 2011) υπολογίστηκαν η κλίση, η έκθεση (βόρεια-ανατολική) και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Η έκθεση υπολογίστηκε σύμφωνα με τους τύπους (Deng et al., 2007):

Βόρεια έκθεση = συνημίτονο(έκθεσης)

Νότια έκθεση = ημίτονο(έκθεσης)

2.3.3 **Χρήσεις-κάλυψη γης**

Ο χάρτης για τα δεδομένα χρήσεων-κάλυψης γης προήλθε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος για την κάλυψη γης CORINE2000 (www.eea.europa.eu). Πρόκειται για λεπτομερείς χάρτες που εμφανίζουν 44 διαφορετικούς τύπους κάλυψης γης για τις χώρες της Ευρώπης. Η αρχική ανάλυση ήταν 100 μ και οι κατηγορίες του CORINE2000 δίνονται στο παράρτημα Α, πίνακας 1.

2.3.4 **NDVI**

Ο δείκτης NDVI υπολογίζεται με βάση την ανακλώμενη ακτινοβολία της βλάστησης στο ερυθρό και υπέρυθρο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και είναι ενδεικτικός της θολερότητας της βλάστησης (Weiss et al., 2004). Με τη χρήση δορυφορικών εικόνων (Tucker et al., 2005) που αφορούν τη μέση μηνιαία τιμή του δείκτη NDVI για τα έτη 1981-2006 υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές των τεσσάρων εποχών.

Πίνακας 2. **Σύνολο υποψήφιων περιβαλλοντικών παραμέτρων για το μοντέλο μέγιστης εντροπίας**

Κατηγορία	Περιβαλλοντικές μεταβλητές	Μονάδα μέτρησης	Πηγή
Κλίμα	Μέση μηνιαία θερμοκρασία	°C*10	WorldClim - Global Climate Data
	Μέση μηνιαία βροχόπτωση	mm	
	Εποχική μέση θερμοκρασία	°C*10	
	Εποχική μέση βροχόπτωση	mm	
	Ισοθερμικότητα	κατηγορίες	
	Μέση ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας	°C*10	
Τοπογραφία	Υψόμετρο	m	SRTM
	Βόρεια έκθεση (1=βόρεια,-1=νότια)	-1 ως 1	
	Ανατολική έκθεση (1=ανατολική,-1=δυτική)	-1 ως 1	
	Κλίση	Degrees	
	Ηλιακή ακτινοβολία	WH\m^2	
Χρήσεις γης	Χρήσεις-κάλυψη γης	κατηγορίες	CORINE 2000
NDVI	Μηνιαίος μέσος όρος (Ιούλιος 1981-Δεκέμβριος 2005)		IRI/LDEO Data Library
	Εποχικός μέσος όρος (Ιούλιος 1981-Δεκέμβριος 2005)		

2.4. Μοντέλο και ανάλυση

2.4.1 Ανάλυση πολυσυγγραμμικότητας

Στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση πολλές φορές εμφανίζεται γραμμική εξάρτηση μεταξύ δύο ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται πολυσυγγραμμικότητα και μπορεί να επηρεάσει την εκτίμηση των συντελεστών του μοντέλου παλινδρόμησης δίνοντας πλεονάζουσες πληροφορίες.

Για τον έλεγχο συγγραμμικότητας μεταξύ των μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε ο παράγοντας πληθωριστικής διακύμανσης (VIF-variance inflation factor), ο οποίος δηλώνει αν μια μεταβλητή έχει ισχυρή γραμμική σχέση με μια άλλη (Quinn & Keough, 2002)

Για την X_i ανεξάρτητη μεταβλητή (i=1,2,3,…,k) ο VIF δίνεται από τον τύπο:

$$VIF_i = 1/(1 - R_i^2)$$

όπου R_i^2 είναι ο συντελεστής προσδιορισμού του μοντέλου παλινδρόμησης της μεταβλητής i το οποίο περιέχει όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές εκτός από την i.

Η διαδικασία του ελέγχου πολυσυγγραμμικότητας και ο υπολογισμός του VIF πραγματοποιήθηκε για όλες τις μεταβλητές. Σύμφωνα με τους Quinn and Keough (2002) τιμές VIF μεγαλύτερες του 10 υποδηλώνουν ισχυρή συγγραμμικότητα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι μεταβλητές με τιμές VIF μικρότερες του

10. Ο υπολογισμός του VIF πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό R v.2.15.0 (R Core Team, 2012).

Τα αποτελέσματα του ελέγχου πολυσυγγραμικότητας δίνονται στον πίνακα 3. Οι μεταβλητές που επιλέχθηκαν είναι αυτές με τιμή VIF μικρότερη του 10.

Πίνακας 3. **Αποτελέσματα ελέγχου πολυσυγγραμικότητας.**

Περιβαλλοντική παράμετρος	VIF
Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία φθινοπώρου	1.24
Μέση ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας	4.82
Ανατολική (δυτική) έκθεση	1.02
Δείκτης NDVI φθινόπωρου	2.04
βόρεια (νότια) έκθεση	1.00
Βροχόπτωση φθινοπώρου	6.33
Βροχόπτωση άνοιξης	6.41
Κλίση εδάφους	1.16
Μέση θερμοκρασία φθινοπώρου	5.54
Υψόμετρο	23.49
Δείκτης NDVI χειμώνα	110,97
Δείκτης NDVI καλοκαιριού	316,06
Δείκτης NDVI άνοιξης	85,27
Μέση θερμοκρασία χειμώνα	750,81
Μέση θερμοκρασία καλοκαιριού	43,04
Μέση θερμοκρασία άνοιξης	87,41
Μέση ετήσια θερμοκρασία	287,65
Βροχόπτωση χειμώνα	23,61
Βροχόπτωση καλοκαιριού	14,16
Μέση ετήσια βροχόπτωση	141,05
Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία χειμώνα	25,21
Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία καλοκαιριού	16,06
Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία άνοιξης	13,3

2.4.2 Μοντέλο Μέγιστης Εντροπίας (MaxEnt)

Η αρχή της μέγιστης εντροπίας προέρχεται από τη θεωρία της πληροφορίας και της στατιστικής μηχανικής. Σύμφωνα με την αρχή αυτή, η καλύτερη προσέγγιση μιας άγνωστης κατανομής είναι να ικανοποιεί όλους τους γνωστούς περιορισμούς της και να έχει την μέγιστη εντροπία (Jaynes, 1957). Είναι ένα κριτήριο για την κατανομή της πιθανότητας με βάση την ατελή πληροφορία, ενώ αποτελεί τη λιγότερο μεροληπτική εκτίμηση (Jaynes, 1957).

Η άγνωστη κατανομή της πιθανότητας (π) ορίζεται σε ένα ορισμένο σύνολο Χ (τα κελιά της περιοχής μελέτης, θα εξηγηθεί παρακάτω). Η κατανομή π αναθέτει μία πιθανότητα π (χ) σε κάθε σημείο χ, ενώ το σύνολο των πιθανοτήτων αυτών είναι 1.

Η προσέγγιση του π είναι μια κατανομή πιθανότητας που συμβολίζεται με $\hat{\pi}$.

Η εντροπία του $\hat{\pi}$ ορίζεται ως:

$$\mathrm{H}\left(\hat{\pi}\right) = -\sum_{\chi \in \mathrm{X}} \hat{\pi}(\chi) \ln \hat{\pi}(\chi)$$

Το μοντέλο μέγιστης εντροπίας (MaxEnt) εκτιμά την κατανομή της πιθανότητας του είδους, βρίσκοντας την κατανομή της πιθανότητας της μέγιστης εντροπίας, στο πλαίσιο ατελών πληροφοριών της κατανομής του είδους (Phillips et al., 2006). Το αποτέλεσμα του μοντέλου είναι ένας χάρτης σε μορφή raster, χωρισμένος σε κελιά (pixel), όπου για το κάθε κελί έχει οριστεί μια πιθανότητα κατανομής (Phillips et al., 2006). Τα κελιά που τα είδη είναι παρόντα αντιπροσωπεύουν τις περιοχές δειγματοληψίας (sample points) ενώ τα χαρακτηριστικά αυτού του κελιού (το σύνολο των ατελών πληροφοριών) είναι οι τιμές των επιλεγόμενων περιβαλλοντικών μεταβλητών (Phillips et al., 2006).

Ο υπολογισμός των πιθανών κατανομών των μελετώμενων ειδών πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού MaxEnt v.3.3.3k (Phillips et al., 2006). Για την κατασκευή τού μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν μόνο δεδομένα παρουσίας και τα περιβαλλοντικά δεδομένα που ξεχώρισαν από τον έλεγχο πολυσυγγραμικότητας. Για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων τού μοντέλου μέγιστης εντροπίας χρησιμοποιήθηκε η λογιστική μορφή (logistic output), η οποία εκτιμά την πιθανότητα παρουσίας με εύρος τιμών από 0 έως 1. Τα δεδομένα παρουσίας ήταν σε μορφή X,Y συντεταγμένων, ενώ οι περιβαλλοντικές μεταβλητές ήταν σε μορφή ASCII.

Για το κάθε είδος πραγματοποιήθηκαν 10 επαναλήψεις (replicates) του μοντέλου μέγιστης εντροπίας και χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της διασταυρωμένης επικύρωσης (cross-validation) για την αξιολόγηση των επαναλήψεων. Στη μέθοδο της διασταυρωμένης επικύρωσης ένα τμήμα των δεδομένων παρουσίας χρησιμοποιείται για δοκιμή (test sample). Σε κάθε επανάληψη επιλέγεται τυχαία διαφορετικό τμήμα των δεδομένων παρουσίας για δοκιμή, το οποίο δεν χρησιμοποιείται στις επόμενες επαναλήψεις.

2.4.3 Αξιολόγηση του Μοντέλου

Σύμφωνα με τους Pearce and Ferrier (2000) υπάρχουν δύο κύρια μέρη μέτρησης της ακρίβειας των SDMs: η ικανότητα διάκρισης (discrimination capacity) και η αξιοπιστία (reliability). Η ικανότητα διάκρισης μετράει τη δυνατότητα του μοντέλου να διακρίνει μεταξύ σημείων παρουσίας και σημείων που είναι γνωστό ότι το είδος απουσιάζει. Η αξιοπιστία περιγράφει τη συμφωνία μεταξύ προβλεπόμενων πιθανοτήτων παρουσίας και παρατηρούμενων σημείων παρουσίας (Manel et al., 2001).

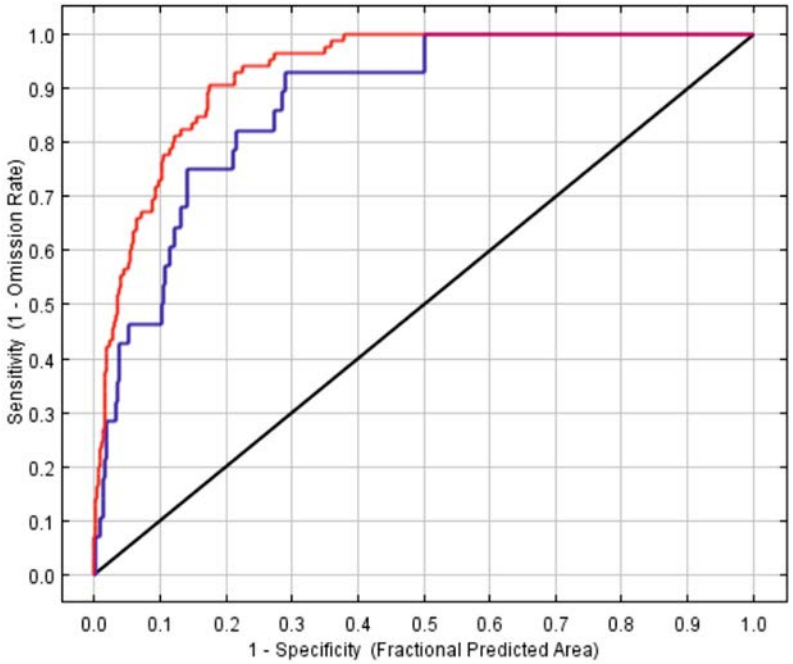
a) AUC

Η περιοχή κάτω από την καμπύλη (Area Under the Curve-AUC) της καμπύλης Λειτουργικών Χαρακτηριστικών του Δέκτη (Receiver Operating Characteristics-ROC) είναι η πιθανότητα ενός τυχαίου σημείου παρουσίας να αξιολογηθεί με υψηλότερη τιμή από ένα τυχαίο σημείο απουσίας (Phillips et al., 2006). Το τυχαίο σημείο έχει τιμή 0,5, ενώ όταν υπάρχει τέλεια ικανότητα διάκρισης παίρνει την τιμή 1. Σύμφωνα με τους Phillips and Dudík (2008) τιμές AUC >0,75 υποδηλώνουν καλή ικανότητα πρόβλεψης του μοντέλου. Σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν δεδομένα απουσίας η AUC υπολογίζεται με τη χρήση σημείων του υπόβαθρου (background points ή αλλιώς ψευδο-απουσίες) τα οποία επιλέγονται ομοιογενώς αλλά με τυχαίο τρόπο από την περιοχή μελέτης (Phillips et al., 2006) και περιγράφει την πιθανότητα το μοντέλο να αξιολογεί υψηλότερα τα τυχαία σημεία παρουσίας από τα τυχαία σημεία του υποβάθρου (Phillips et al., 2009).

Πρόκειται για μία μέθοδο ανεξάρτητη του ορίου παρουσίας/απουσίας (threshold-independent) που αξιολογεί την επίδοση του μοντέλου (Phillips & Dudík, 2008). Η καμπύλη απεικονίζει την ευαισθησία του μοντέλου (True Positive Rate - άξονας y) προς το ρυθμό παράλειψης (ποσοστό των απουσιών που ταξινομούνται ως παρουσίες -False positive Rate - άξονας x) για όλες τις δυνατές τιμές των ορίων

απουσίας/παρουσίας (από 0 έως 1) (εικόνα 1). Ο όρος ευαισθησία (Sensitivity) αναφέρεται στον πραγματικό θετικό ρυθμό (True Positive Rate), δηλαδή το κλάσμα των πραγματικών παρουσιών που παρατηρήθηκαν προς το σύνολο των παρουσιών. Αντίστοιχα ο όρος ειδικότητα (Specificity) αναφέρεται στον πραγματικό αρνητικό ρυθμό (True Negative Rate), δηλαδή το κλάσμα των πραγματικών απουσιών που παρατηρήθηκαν προς το συνολικό αριθμό απουσιών. Επιπλέον ο δείκτης AUC δεν επηρεάζεται από τη συχνότητα παρουσίας του είδους στο σύνολο των παρατηρήσεων (species prevalence) που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο πρόβλεψης της πιθανής κατανομής (Manel et al., 2001).

Ο υπολογισμός του δείκτη AUC με ψευδο-απουσίες πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό MaxEnt v.3.3.3k (Phillips et al., 2006).



Εικόνα 1. **Γραφική απεικόνιση καμπύλης ROC**

b) Cohen's Kappa

Είναι ένα μέτρο το οποίο χρησιμοποιεί συγκεκριμένο όριο παρουσίας/απουσίας (threshold depended) και περιγράφει τη διαφορά μεταξύ παρατηρούμενων και προβλεπόμενων παρουσιών-απουσιών. Το Kappa, η ευαισθησία και η ειδικότητα είναι σημαντικοί στατιστικοί έλεγχοι σε περιπτώσεις όπου η πρόβλεψη ακολουθε΄τη διωνυμική κατανομή (παρουσία/απουσία-1/0) (Franklin, 2010).

Υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Kappa = [P(A) - P(E)]/[1 - P(E)]$$

Όπου P(A): το ποσοστό συμφωνίας μεταξύ παρατηρήσεων και προβλέψεων, P(E): το ποσοστό αναμενόμενης συμφωνίας μεταξύ παρατηρήσεων και προβλέψεων.
Όταν δεν υπάρχει συμφωνία μεταξύ παρατηρήσεων και προβλέψεων το Kappa είναι μηδέν, ενώ όταν υπάρχει πλήρης συμφωνία το Kappa είναι 1.
Ο υπολογισμός του έγινε στο λογισμικό R v.2.15.0 (R Core Team, 2012). Το όριο παρουσίας-απουσίας που χρησιμοποιήθηκε για όλα τα είδη είναι αυτό που εξισώνει την ευαισθησία με την ειδικότητα του μοντέλου (equal sensitivity and specificity), δίνεται από το μοντέλο μέγιστης εντροπίας του MaxEnt και είναι διαφορετικό για κάθε είδος.

c) Υπολογισμός AUC και Cohen's Kappa με πραγματικές απουσίες

Ως επιπλέον έλεγχος πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των δεικτών AUC και Kappa εκ νέου με τυχαίες απουσίες που προήλθαν από τις περιοχές των δειγματοληψιών όπου δεν έχει βρεθεί το είδος.
Για είδη που οι κατανομές τους περιορίζονται σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο της Κρήτης, οι απουσίες επιλέχθηκαν από σημεία όπου το είδος δεν έχει βρεθεί ποτέ. Παραδείγματος χάριν για ένα είδος το οποίο συναντάται μόνο στη δυτική Κρήτη οι απουσίες επιλέχθηκαν από την ανατολική Κρήτη. Για είδη που έχουν ευρύτερη εξάπλωση, χωρίς να εμφανίζουν κάποιο ξεκάθαρο πρότυπο κατανομής οι απουσίες επιλέχθηκαν από σημεία όπου το είδος δεν έχει παρατηρηθεί μέχρι στιγμής.
Για όλα τα είδη επιλέχθηκε ίσος αριθμός απουσιών (όπου ήταν δυνατόν). Σύμφωνα με τους McPherson et al. (2004) ίσος αριθμός απουσιών και παρουσιών εξισορροπεί τα λάθη παράλειψης (το είδος είναι παρόν και προβλέπεται απόν - omission errors) και τα λάθη «προμήθειας» (το είδος είναι απόν και προβλέπεται παρόν - commission errors). Τα σημεία παρουσίας-απουσίας βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 2 χλμ ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα να συμπέσουν στο ίδιο κελί.
Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό R v.2.15.0 (R Core Team, 2012).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Χάρτες πιθανής κατανομής

Οι χάρτες πιθανής κατανομής των 56 ειδών δίνονται στο Παράρτημα Β.

3.2. AUC και Kappa

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του MaxEnt για τις μέσες τιμές AUC των καμπυλών ROC του συνόλου των ειδών καθώς και η τιμή του στατιστικού Kappa. Οι τιμές του δείκτη AUC κυμαίνονται μεταξύ 0,935 για το είδος *Albinaria eburnea* και 0,327 για το είδος *Tandonia totevi*. Τιμές AUC <0,5 είχαν μόνο δύο είδη (3,57%), ενώ τα είδη που είχαν τιμές AUC μεταξύ 0,5-0,75 και 0,751-1 ήταν 32 (57,14%) και 22 (39,29%) αντίστοιχα. Οι τιμές του Kappa είναι μεταξύ 0,2479 και 0,9071 για τα είδη *Metafruticicola noverca* και *Albinaria eburnea* αντίστοιχα.

Πίνακας 4. **Δείκτης Kappa με βάση τις τιμές AUC και όριο παρουσίας-απουσίας από το MaxEnt.**

Είδος	AUC	τυπική απόκλιση	όριο παρουσίας/απουσίας	Kappa
Albinaria eburnea	0.935	0.059	0.1844	0.9071
Metafruticicola dictaeus	0.9	0.129	0.4186	0.6667
Albinaria spratti	0.889	0.1	0.2947	0.8408
Albinaria teres	0.885	0.022	0.3062	0.8567
Metafruticicola nicosianus	0.876	0.045	0.3179	0.8834
Helicopsis sp.	0.874	0.113	0.3961	0.8244
Oxychilus ionicus	0.87	0.129	0.3476	0.6923
Monacha cretica	0.869	0.188	0.3302	0.7145
Trochoidea sp.	0.868	0.099	0.289	0.7564
Metafruticicola pellita	0.851	0.061	0.3001	0.8321
Cochlostoma cretense	0.844	0.133	0.2736	0.8703
Albinaria praeclara	0.842	0.038	0.3163	0.7387
Oxychilus minoicus	0.837	0.07	0.3738	0.8865
Poiretia dilatata	0.828	0.041	0.3612	0.7505
Albinaria corrugata	0.826	0.056	0.3602	0.7778
Albinaria cretensis	0.806	0.032	0.4148	0.7535
Rumina decollata	0.805	0.108	0.3244	0.6427
Theba pisana	0.776	0.096	0.2868	0.5405
Cochlicella acuta	0.765	0.116	0.3084	0.7175
Tandonia cretica	0.754	0.202	0.3913	0.6250
Albinaria hippolyti	0.753	0.221	0.474	0.7143
Monacha olivieri	0.752	0.221	0.4502	0.8960
Daudebardia rufa	0.746	0.161	0.4676	0.8824
Mastus etuberculatus	0.744	0.172	0.3598	0.6500
Oxychilus spratti	0.737	0.064	0.3702	0.6148
Monacha syriaca	0.736	0.058	0.4275	0.6815
Albinaria idaea	0.729	0.201	0.3951	0.6984

Είδος	AUC	τυπική απόκλιση	όριο παρουσίας/απουσίας	Kappa
Lindholmiola barbata	0.718	0.072	0.4186	0.7337
Pseudoxerophila bathytera	0.711	0.06	0.4241	0.5897
Rupestrella rhodia	0.698	0.159	0.447	0.6410
Metafruticicola lectus	0.692	0.06	0.4379	0.4930
Pleurodiscus sudensis	0.692	0.125	0.4055	0.7597
Granopupa granum	0.689	0.088	0.3934	0.4924
Xeromunda candiota	0.682	0.122	0.398	0.5411
Mastus cretensis	0.68	0.089	0.4234	0.5478
Xerocrassa cretica	0.669	0.072	0.4452	0.5775
Truncatellina rothi	0.667	0.182	0.3301	0.6957
Deroceras lasithionensis	0.655	0.087	0.4398	0.5912
Cernuella jonica	0.637	0.072	0.4425	0.4630
Oxychilus superfluus	0.637	0.071	0.4317	0.5054
Orculella critica	0.63	0.078	0.4419	0.5190
Tandonia sowerbyi	0.629	0.1	0.4336	0.5677
Rupestrella philippii	0.623	0.113	0.3981	0.4397
Mastus turgidus	0.607	0.238	0.4059	0.8067
Carpathica cretica	0.604	0.106	0.4522	0.3783
Eobania vermiculata	0.6	0.047	0.4659	0.4023
Deroceras panormitanum	0.595	0.109	0.4643	0.5975
Cantareus aspersus	0.594	0.051	0.4671	0.3249
Cantareus apertus	0.592	0.049	0.4683	0.3614
Metafruticicola noverca	0.589	0.048	0.4772	0.2479
Deroceras rethimnonensis	0.588	0.079	0.4702	0.4268
Eopolita protensa	0.568	0.053	0.4814	0.3986
Xerocrassa mesostena	0.547	0.056	0.4685	0.2828
Vitrea contracta	0.53	0.087	0.4702	0.4375
Oxychilus hydatinus	0.471	0.162	0.4528	0.3978
Tandonia totevi	0.327	0.119	0.4318	0.3333

Ο πίνακας 5 δείχνει τις τιμές της καμπύλης ROC (AUC_{pa}) για τις πραγματικές απουσίες και παρουσίες των ειδών, το νέο όριο παρουσίας-απουσίας (ίση ευαισθησία και ειδικότητα) και τις νέες τιμές του στατιστικού Kappa ($Kappa_{pa}$). Εδώ, την χαμηλότερη τιμή του δείκτη AUC έχει το είδος *Xerocrassa mesostena* (0,69) και υψηλότερη τιμή έχουν τα είδη *Albinaria eburnea* και *Helicopsis* sp. (1). Αντίστοιχα χαμηλότερη τιμή Kappa έχει το είδος *Metafruticicola noverca* (0,2597) και υψηλότερη τιμή έχει το είδος *Helicopsis* sp. (1).

Πίνακας 5. **Δείκτης Kappa με βάση τις τιμές AUC υπολογισμένη από πραγματικές απουσίες-παρουσίες. Το όριο παρουσίας/απουσίας υπολογίστηκε από τις πραγματικές παρουσίες/απουσίες.**

Είδοση	AUC_{pa}	Νέο όριο παρουσίας/απουσίας	$Kappa_{pa}$
Albinaria eburnea	1.000	0.13	0.9535
Helicopsis sp.	1.000	0.21	1.0000
Albinaria teres	0.997	0.135	0.9464
Cochlostoma cretense	0.996	0.135	0.8708

Είδοςη	AUC_{pa}	Νέο όριο παρουσίας/απουσίας	$Kappa_{pa}$
Lindholmiola barbata	0.996	0.21	0.9306
Albinaria corrugata	0.995	0.24	0.9074
Metafruticicola nicosianus	0.993	0.1	0.8835
Oxychilus minoicus	0.989	0.31	0.8490
Albinaria spratti	0.987	0.23	0.8397
Daudebardia rufa	0.986	0.105	0.8824
Metafruticicola pellita	0.980	0.16	0.8332
Albinaria cretensis	0.978	0.29	0.8590
Pleurodiscus sudensis	0.976	0.29	0.8072
Mastus turgidus	0.975	0.355	0.8708
Poiretia dilatata	0.972	0.26	0.8334
Monacha olivieri	0.966	0.29	0.7937
Albinaria praeclara	0.966	0.26	0.7681
Albinaria hippolyti	0.964	0.43	0.7143
Albinaria idaea	0.963	0.325	0.7574
Trochoidea sp.	0.960	0.27	0.7836
Metafruticicola dictaeus	0.958	0.44	0.6667
Truncatellina rothi	0.953	0.235	0.7391
Oxychilus ionicus	0.947	0.3	0.6923
Monacha cretica	0.944	0.335	0.7145
Cochlicella acuta	0.933	0.28	0.7185
Rumina decollata	0.927	0.295	0.6629
Mastus etuberculatus	0.925	0.32	0.7000
Monacha syriaca	0.923	0.34	0.7140
Pseudoxerophila bathytera	0.909	0.38	0.6366
Tandonia cretica	0.906	0.36	0.6875
Oxychilus spratti	0.899	0.335	0.6469
Theba pisana	0.897	0.31	0.5135
Rupestrella rhodia	0.893	0.44	0.5385
Deroceras lasithionensis	0.888	0.41	0.6062
Mastus cretensis	0.882	0.38	0.5862
Mastus olivaceus	0.881	0.36	0.5455
Deroceras panormitanum	0.881	0.455	0.5975
Tandonia sowerbyi	0.878	0.37	0.5292
Xeromunda candiota	0.874	0.38	0.5797
Rupestrella philippii	0.865	0.395	0.4397
Xerocrassa cretica	0.863	0.42	0.5547
Oxychilus superfluus	0.857	0.42	0.5134
Granopupa granum	0.838	0.385	0.4924
Orculella critica	0.829	0.39	0.5190
Deroceras rethimnonensis	0.820	0.45	0.4762
Metafruticicola lectus	0.817	0.44	0.4846
Cernuella jonica	0.816	0.42	0.4443
Tandonia totevi	0.800	0.43	0.3704
Vitrea contracta	0.798	0.45	0.4458
Eobania vermiculata	0.798	0.44	0.4541
Cantareus apertus	0.782	0.45	0.3849
Carpathica cretica	0.779	0.44	0.3930
Oxychilus hydatinus	0.778	0.455	0.3978
Eopolita protensa	0.772	0.46	0.4153
Cantareus aspersus	0.743	0.46	0.3294
Metafruticicola noverca	0.710	0.47	0.2597
Xerocrassa mesostena	0.690	0.46	0.2972

3.3. **Ανάλυση των συνιστωσών μεταβλητών**

Μεταβλητές που συνεισφέρουν περισσότερο στην πιθανή κατανομή των ειδών αντιπροσωπεύονται από τέσσερις βασικές κατηγορίες (θερμοκρασία, βροχόπτωση, χρήσεις-κάλυψη γης και τοπογραφία). Συγκεκριμένα, για 11 είδη η ισοθερμικότητα είναι η σημαντικότερη μεταβλητή, για 16 είδη είναι η μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας ενώ για 8 είδη είναι η μέση θερμοκρασία του φθινοπώρου. Η βροχόπτωση του φθινοπώρου είναι καθοριστική για την πιθανή κατανομή 7 ειδών, ενώ η βροχόπτωση της άνοιξης δεν αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για κάποιο είδος. Για 10 είδη σημαντικότερο ρόλο διαδραματίζει η κάλυψη γης, αν και για κάθε είδος είναι διαφορετική κατηγορία αυτή που ξεχωρίζει. Η τοπογραφία είναι σημαντική για 4 είδη. Για 2 είδη πρώτη είναι η κλίση του εδάφους, ενώ σε 1 είδος η βόρεια και ανατολική έκθεση αντίστοιχα. Η μέση ακτινοβολία του φθινοπώρου και ο δείκτης NDVI δεν φαίνεται να είναι σημαντικοί για κάποιο από τα 56 είδη.

Όσον αφορά την ομάδα της ισοθερμικότητας, στην ισόθερμη 31 έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθούν τα είδη *Albinaria corrugata, Albinaria hippolyti, Albinaria spratti, Deroceras panormitanum, Pleurodiscus sudensis* και *Tandonia cretica*, στην 29 τα είδη *Metafruticicola lectus* και *Oxychilus superfluus,* ενώ στις 30, 32 και 33 τα είδη *Rupestrella rhodia, Rupestrella philippii* και *Albinaria idaea*.

Σημαντικότερη συνεισφορά της μέσης ημερήσιας διακύμανση της θερμοκρασίας παρατηρείται στα είδη *Cochlostoma cretense, Helicopsis* sp., *Albinaria eburnea, Oxychilus spratti* και *Metafruticicola nicosianus*, τα οποία έχουν μέγιστη πιθανότητα να βρεθούν σε ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος μεγαλύτερο των 7,5°C. Για τα είδη *Cochlostoma cretense* και *Helicopsis* sp. δεν είναι ορατή η μέγιστη δυνατή τιμή καθώς το εύρος των τιμών δεν ξεπερνά τους 7,9°C , ενώ δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια πτώση της καμπύλης πριν από αυτή την τιμή. Αντίθετα τα υπόλοιπα τρία είδη παρουσιάζουν μέγιστη πιθανότητα παρουσίας μεταξύ 7,5°C και 7,9°C. Για τα είδη *Albinaria cretensis, Lindholmiola barbata, Poiretia dilatata* και *Trochoidea* sp. η μέγιστη πιθανότητα παρουσίας σημειώνεται μεταξύ των τιμών 7°C και 7,5°C. Το είδος *Daudebardia rufa* εμφανίζει πλατό κοντά στους 7°C. Τα είδη *Eopolita protensa, Albinaria praeclara, Mastus cretensis, Mastus turgidus* και *Pseudoxerophila bathytera* σημειώνουν τη μεγαλύτερη πιθανότητα κοντά στους 5,5°C, χωρίς να είναι ορατή η μέγιστη δυνατή τιμή. Τέλος, για το είδος *Monacha cretica* μέγιστη πιθανότητα παρουσίας εμφανίζεται μεταξύ 6,5°C και 6,7°C. Σε

πέντε από τα 16 είδη ο συγκεκριμένος παράγοντας εξηγεί την πιθανή κατανομή με ποσοστό συνεισφοράς μεγαλύτερο του 50%.

Τα είδη *Cantareus apertus, Cantareus aspersus* και *Eobania vermiculata,* έχουν παρόμοιες καμπύλες απόκρισης στη μέση θερμοκρασία του φθινοπώρου, με τη μέγιστη πιθανότητα παρουσίας μεταξύ 16°C και 18°C. Το *Deroceras rethimnonensis* εμφανίζει μέγιστο (πλατό) μεταξύ 12°C και 16°C. Στα είδη *Cochlicella acuta, Theba pisana*, και *Xeromunda candiota* η μέγιστη πιθανότητα παρουσίας είναι μεταξύ 16 °C και 18 °C, ενώ είναι ορατό το δυνατό μέγιστο. Τη μεγαλύτερη απόκλιση από τα παραπάνω είδη παρουσιάζει το *Oxychilus minoicus* με τη μέγιστη πιθανότητα παρουσίας να είναι μεταξύ 4 °C και 13 °C, ενώ πέφτει μετά τους 13 °C. Μόνο στο είδος *Cochlicella acuta* η μεταβλητή αυτή συνεισφέρει περισσότερο από 50% στο μοντέλο.

Όσον αφορά τη βροχόπτωση του φθινοπώρου όλα τα είδη της ομάδας εκτός από το *Orculella critica* έχουν παρόμοια καμπύλη απόκρισης στη μεταβολή της βροχόπτωσης, με τη μέγιστη πιθανότητα να είναι στα 45 χιλιοστά, χωρίς να ξεχωρίζει αν αυτή είναι και η ελάχιστη δυνατή τιμή. Για το γένος *Albinaria* πιθανόν να ξεχωρίζει και η κορυφή της καμπύλης πιθανοτήτων. Όσον αφορά το *Orculella critica* η καμπύλη απόκρισης μοιάζει με παραβολή, με την ελάχιστη πιθανότητα να είναι μεταξύ 55 και 70 χιλ. Η συνεισφορά της βροχόπτωσης στην επεξήγηση του μοντέλου για το είδος *Metafruticicola pellita* είναι 64,8%.

Όσον αφορά τις χρήσεις γης, τα είδη *Cernuella jonica* και *Monacha syriaca* έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα παρουσίας στην κλάση 19 η οποία σχετίζεται με καλλιέργειες. Τα είδη *Mastus etuberculatus* και *Monacha olivieri* έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα παρουσίας στην κλάση 3 η οποία σχετίζεται με ανθρωπογενή επίδραση. Τα είδη *Oxychilus ionicus* και *Tandonia sowerbyi* έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα παρουσίας στις κλάσεις 1 και 2 αντίστοιχα οι οποίες σχετίζονται με πολύ έντονη ανθρώπινη παρουσία (πόλεις κλπ). Το είδος *Tandonia totevi* συνδέεται πολύ στενά με τις κλάσεις 18, 23 και 26 που αντιστοιχούν σε περιοχές βόσκησης, δάση και θαμνότοπους. Το είδος *Metafruticicola dictaeus* εμφανίζει υψηλότερη πιθανότητα παρουσίας στην κλάση 26, ενώ το είδος *Xerocrassa cretica* στην κλάση 18. Τέλος, η μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί το είδος *Xerocrassa mesostena* είναι στην κλάση 34, η οποία σχετίζεται με μόνιμο χιόνι.

Η κλίση του εδάφους είναι ο περιβαλλοντικός παράγοντας που συνεισφέρει περισσότερο στο μοντέλο πιθανής κατανομής των ειδών *Metafruticicola noverca*

και *Oxychilus hydatinus* με ποσοστό 19,4% και 20,8%. Για το πρώτο είδος η πιθανότητα παρουσίας παραμένει σχετικά σταθερή για όλους τους βαθμούς κλίσης και μειώνεται απότομα μετά τους 80. Όσον αφορά το δεύτερο είδος μεγαλύτερη πιθανότητα παρουσίας έχει στους 0 βαθμούς.

Για τα είδη *Carpathica cretica* και *Vitrea contracta* η ανατολική/δυτική και η βόρεια/νότια έκθεση είναι οι παράμετροι που εξηγούν σε μεγαλύτερο ποσοστό το μοντέλο πιθανής κατανομής τους.

Η συνολική συνεισφορά των περιβαλλοντικών παραμέτρων για όλα τα υπό μελέτη είδη φαίνεται στον πίνακα 6.

Οι γραφικές παραστάσεις της πιθανότητας παρουσίας για την περιβαλλοντική μεταβλητή που συνεισφέρει περισσότερο στη εξήγηση του μοντέλου μέγιστης εντροπία κάθε είδους δίνονται στο Παράρτημα C.

Πίνακας 6. **Ποσοστό συμμετοχής των παραμέτρων στην εξήγηση των μοντέλων πιθανής κατανομής των ειδών. Τα είδη είναι χωρισμένα σε ομάδες με βάση την περιβαλλοντική παράμετρο που συνεισφέρει περισσότερο στο μοντέλο μέγιστης εντροπίας του κάθε είδους.**

	Περιβαλλοντικές παράμετροι												
	NDVI	Τοπογραφία				Χρήσεις γης		Θερμοκρασία				Βροχόπτωση	
Είδος	NDVI φθινοπώρου	Ακτινοβολία φθινοπώρου	Κλίση	Ανατολική έκθεση	Βόρεια έκθεση	Corine	Κλάσεις	Μέση ημερήσια διακύμανση	Ισοθερμικότητα	Κλάσεις	Μέση θερμοκρασία φθινοπώρου	Μέση βροχόπτωση φθινοπώρου	Μέση βροχόπτωση άνοιξης
Albinaria corrugata	0.6	0.9	1.4	3	0.7	17.8		14.9	32.8	31	15.4	9	3.4
Albinaria hippolyti	4.2	2	11.9	2.1	0	16.5		10.4	42.8	31	0.5	9.4	0
Albinaria idaea	4.3	20.5	2.8	5.1	1.9	8.3		0.5	26.3	32	0	22.7	7.6
Albinaria spratti	15.8	0.4	3.9	7.8	0	6.8		4.7	51.5	31	2.5	6.6	0
Deroceras panormitanum	1.6	0.6	14.1	14	12.2	22.5		0.4	30.1	31	1.4	1.5	1.7
Metafruticicola lectus	3	10.7	5	9.2	3.4	14.8		1.3	29.8	29	7.8	11.9	3
Oxychilus superfluus	9.5	10.4	12.4	5.7	3.5	16.3		1.4	27.4	29	7	4.2	2.4
Pleurodiscus sudensis	1.1	0.4	1.5	4.3	9.8	17.3		1.2	34.6	31	1.8	5.2	22.8
Rupestrella philippii	2.5	1.6	2.3	11.7	10.1	11.1		1.7	31.6	33	24.5	1.8	1
Rupestrella rhodia	5.8	0.7	15	10.2	12.8	14.5		2.4	20.9	30	3.2	12	2.6
Tandonia cretica	0	8.4	2.5	17.6	2.1	26.7		0	33.1	31	8.1	1.6	0
Albinaria cretensis	5.6	3.4	1.5	3.1	2.2	6.6		50.3	4.7		11.3	1.6	9.8
Albinaria eburnea	0.9	12.2	2.8	1	3.3	6.2		31.3	14.2		26	1.4	0.7
Albinaria praeclara	0.5	2.5	1.5	2	7.5	8.9		38.3	27		2.7	1.8	7.2
Cochlostoma cretense	0	17.3	2.4	2.8	0.1	14.6		51.4	10.7		0.1	0.1	0.5
Daudebardia rufa	1.3	0.3	2.2	0.9	15.3	6.4		49.2	2.1		1	17.9	3.4
Eopolita protensa	20.9	4.2	7.4	8.4	7.3	19		21.8	3		4.5	2.5	1.1
Helicopsis sp.	0	3.1	10	0.5	9.5	22.4		50.2	3.8		0	0	0.6
Lindholmiola barbata	3.3	6.5	4.1	1.2	2.2	13.8		27.9	13.8		16.2	5.7	5.4
Mastus cretensis	4.8	3.2	1.7	5.4	7.9	12.1		28.3	19.1		8.6	2.4	6.4
Mastus turgidus	20.5	0.8	2.8	17.1	2	22.5		25.1	4.7		1.7	2.1	0.5
Metafruticicola nicosianus	11.1	0.9	0.3	1.9	3.5	7.2		59.4	8.7		3.2	3.5	0.4
Monacha cretica	1.7	0.2	4.9	4.2	8.7	8.2		28	6.1		0.1	10.8	27.1

	Περιβαλλοντικές παράμετροι												
	NDVI	Τοπογραφία				Χρήσεις γης		Θερμοκρασία				Βροχόπτωση	
Είδος	NDVI φθινοπώρου	Ακτινοβολία φθινοπώρου	Κλίση	Ανατολική έκθεση	Βόρεια έκθεση	Corine	Κλάσεις	Μέση ημερήσια διακύμανση	Ισοθερμικότητα	Κλάσεις	Μέση θερμοκρασία φθινοπώρου	Μέση βροχόπτωση φθινοπώρου	Μέση βροχόπτωση άνοιξης
Oxychilus spratti	1	12.2	2.9	3.1	5.1	9.2		47.6	16.1		0.2	2.3	0.4
Poiretia dilatata	3.7	1.1	1	1.2	0.9	2.4		64.1	11.5		5.5	0.3	8.3
Pseudoxerophila bathytera	9.2	2.9	7.1	11.8	6.1	7.2		35.9	3.3		3.8	7.6	5.1
Trochoidea sp.	6.2	3.7	2.9	3.4	6.8	3.6		36.2	11.3		0.7	9.1	16.2
Cantareus apertus	5.2	10.1	4.4	7.9	9.5	21.9		0.7	4.9		32	1.4	1.9
Cantareus aspersus	11.2	3.1	5.7	10.7	4.8	25.1		0.6	4.7		31.6	1.8	0.8
Cochlicella acuta	4.8	1.1	0.2	9.5	5	18.3		0.1	2.4		55.3	1.6	1.7
Deroceras rethimnonensis	3	6.2	3.6	11	10.5	18.9		6	0.1		28	9.5	3.2
Eobania vermiculata	5.1	4.8	4.9	9	6	21.6		11.3	7.5		25.9	0.9	2.8
Oxychilus minoicus	2.1	4.7	1.3	10	3.5	12.3		5.9	19.3		27	12.4	1.6
Theba pisana	5.8	1	14.9	5.9	4.8	9.5		1.1	3.4		48.4	4.3	0.9
Xeromunda candiota	8.5	2.3	7.3	18.4	5.4	7.6		18.2	0		29	1.3	2
Albinaria teres	1.9	2	2.7	3	1.2	3.3		10	20.5		0.4	49.3	5.7
Deroceras lasithionensis	0.6	0.3	10	8.5	3.9	11.8		5.7	21.9		8.7	27.4	1
Granopupa granum	10.5	2.5	6.3	6.8	3.2	7.7		2	0.1		28.1	30.9	2
Metafruticicola pellita	0.5	3.5	5.4	4.2	1.1	2.7		8.3	6.3		0.8	64.8	2.3
Orculella critica	5.7	3.1	12.8	8.5	6.9	13.1		2.6	4.2		3.6	23.7	15.8
Rumina decollata	10.4	4	7.2	7.6	3.7	6		2.4	5.2		15	27.6	10.8
Truncatellina rothi	2.4	1.9	2.2	1.5	16.1	19.8		22.2	3		0	29	2
Cernuella jonica	3	2.1	10.2	8.5	3.1	37.3	19	1.1	5.9		21.9	1.7	5.2
Mastus etuberculatus	2.3	1.7	14	15.1	5.6	23.3	3	0.2	3.5		7.3	22	5.2
Metafruticicola dictaeus	0	8.5	7.2	0.2	4.7	41.1	26	6.6	9.6		22.1	0	0
Monacha olivieri	2.8	5.4	12.9	8.6	16.3	23.9	3	2.1	21.4		3.2	1	2.3

	Περιβαλλοντικές παράμετροι												
	NDVI	Τοπογραφία				Χρήσεις γης		Θερμοκρασία				Βροχόπτωση	
Είδος	NDVI φθινοπώρου	Ακτινοβολία φθινοπώρου	Κλίση	Ανατολική έκθεση	Βόρεια έκθεση	Corine	Κλάσεις	Μέση ημερήσια διακύμανση	Ισοθερμικότητα	Κλάσεις	Μέση θερμοκρασία φθινοπώρου	Μέση βροχόπτωση φθινοπώρου	Μέση βροχόπτωση άνοιξης
Oxychilus ionicus	0	36.5	0.5	0.6	0.4	50.3	1	0.8	5.4		5.6	0	0
Tandonia sowerbyi	0.5	2.2	3.4	5	20.9	26	2	11.4	12.2		5	2.3	11
Tandonia totevi	2.5	1.3	1.6	2.9	7	49.9	26,23,18	1.3	9.8		16	6.5	1.1
Xerocrassa cretica	8.1	4	3.8	10.4	4.2	21.2	18	18.9	5		14.3	6.8	3.3
Xerocrassa mesostena	16.9	6.6	10.4	5.9	10.1	18.3	34	6.4	9.7		7.5	3.2	5
Metafruticicola noverca	11.3	3.9	19.4	12.3	9	15.5		8.6	5.1		7.7	5.4	2
Oxychilus hydatinus	4.2	1.7	20.8	12.4	8.9	20.6		0.1	14.1		4	12.1	1.1
Carpathica cretica	9.5	0.1	14.1	25	4.3	17.1		1.6	12.1		12	3.6	0.5
Vitrea contracta	10.9	9.1	13.8	11	15.4	12.5		1.6	5		7.3	11.3	2.1

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Αξιολόγηση χαρτών πιθανής κατανομής - αξιολόγηση AUC

Γενικά, το μοντέλο μέγιστης εντροπίας προβλέπει σε ικανοποιητικό βαθμό τις πιθανές κατανομές των ειδών. Σύμφωνα με τους Manel et al. (2001) τιμές AUC από 0,5 έως 0,7 θεωρούνται μη σημαντικές, από 0,7 έως 0,9 αρκετά σημαντικές, ενώ μεγαλύτερες από 0,9 εξαιρετικά σημαντικές. Στην παρούσα εργασία, η τιμή του δείκτη AUC ξεπερνά την τιμή 0,7 στο 50% των ειδών (συγκεκριμένα σε 29 από τα 56 είδη), ενώ σε δυο είδη η τιμή του δείκτη είναι μεγαλύτερη του 0,9. Συγκριτικά με άλλες μελέτες το ποσοστό αυτό είναι χαμηλό (Wollan et al., 2008; Murray-Smith et al., 2009; Tittensor et al., 2009; Mateo et al., 2010). Παρόλα αυτά, η απόκλιση μπορεί να οφείλεται σε διάφορους λόγους όπως η διαφορά στο μέγεθος της μελετώμενης περιοχής, ο οργανισμός που μελετήθηκε αλλά και η επιλογή των περιβαλλοντικών παραγόντων. Άλλοι συγγραφείς (Phillips & Dudík, 2008) υποστηρίζουν ότι τιμές μεγαλύτερες από 0,75 είναι ικανοποιητικές. Για 22 είδη η τιμή του δείκτη AUC είναι μεγαλύτερη από 0,75. Τα δυο είδη με τη μεγαλύτερη τιμή AUC είναι το *A. eburnea* (AUC = 0,935, Kappa = 0,9071) (χάρτης 3, Παράρτημα Β) και το *M. dictaeus* (AUC = 0.9, Kappa = 0,6667) (χάρτης 27, Παράρτημα Β). Παραδείγματα ειδών με ακριβείς πιθανές κατανομές είναι τα είδη *P. dilatata* (AUC = 0,828, Kappa = 0,7505) (χάρτης 42, Παράρτημα Β), *O. minoicus* (AUC = 0,837, Kappa = 0,8865) (χάρτης 38, Παράρτημα Β), *D. rufa* (AUC = 0,746, Kappa = 0,8824) (χάρτης 15, Παράρτημα Β) και *C. cretense* (AUC = 0,844, Kappa = 0,8703) (χάρτης 14, Παράρτημα Β).

Παρόλα αυτά υπάρχουν κατανομές που υποδεικνύουν ότι κάποια είδη έχουν πιθανότητα να βρεθούν και εκτός της περιοχής όπου εντοπίζονται. Ενδεικτικά, το είδος *Helicopsis* sp. (AUC=0.874, Kappa=0.8244) (χάρτης 22, Παράρτημα Β) εντοπίζεται μόνο στην ημιορεινή ζώνη της δυτικής Κρήτης (Βαρδινογιάννη, 1994), ενώ η πιθανή του κατανομή είναι πολύ ευρύτερη από την πραγματική. Παρομοίως, η πιθανή κατανομή του *M. olivieri* (AUC=0.752, Kappa=0.896) (χάρτης 33, Παράρτημα Β) είναι αρκετά μεγαλύτερη από την πραγματική ασυνεχή κατανομή του δυτικά της Δίκτης. Στην περίπτωση του *M. cretica* (AUC = 0,869, Kappa = 0,7145) (χάρτης 32, Παράρτημα Β), το οποίο έχει βρεθεί μόνο στο βόρειο τμήμα του νομού Χανίων, το μοντέλο μέγιστης εντροπίας προβλέπει υψηλή πιθανότητα παρουσίας και στο νότιο τμήμα του νομού.

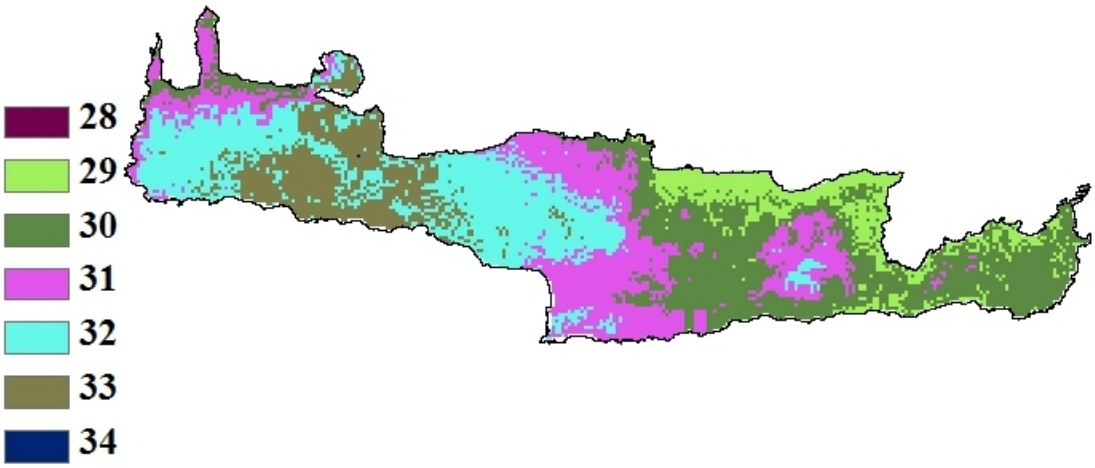
Επιπλέον, υπάρχουν είδη στα οποία παρουσιάζεται πολύ μεγάλη διαφοροποίηση της πραγματικής από την πιθανή κατανομή. Το *M. dictaeus* (AUC=0.9, Kappa=0.667) (χάρτης 27, Παράρτημα Β) έχει πολύ μικρή εξάπλωση περιμετρικά της Δίκτης όμως η πιθανή κατανομή του είναι πολύ μεγαλύτερη και αρκετά σύνθετη. Σύμφωνα με το μοντέλο μέγιστης εντροπίας το είδος πιθανόν να υπάρχει στα Λευκά Όρη, στον Ψηλορείτη και σε κάποια σημεία της ανατολικής Κρήτης. Κανένα άλλο είδος με τόσο περιορισμένη εξάπλωση δεν εμφανίζει τόσο μεγάλη απόκλιση στην πιθανή του κατανομή. Όσον αφορά τα υπόλοιπα είδη του γένους, το *M. nicosianus* (AUC=0,876, Kappa=0,8834) (χάρτης 29, Παράρτημα Β) εξαπλώνεται στους τρεις κύριους ορεινούς όγκους του νησιού και στα πεδινά των Χανίων, ενώ το είδος *M. pellita* (AUC=0,851, Kappa=0,8321) (χάρτης 31, Παράρτημα Β) είναι κοινό είδος της ανατολικής Κρήτης (Βαρδινογιάννη, 1994). Επίσης, τα είδη *M. lectus* (AUC=0,692, Kappa=0,493) (χάρτης 28, Παράρτημα Β) και *M. noverca* (AUC=0,589, Kappa=0,2479) (χάρτης 30, Παράρτημα Β) είναι αρκετά κοινά και συναντώνται σχεδόν σε όλη την Κρήτη.

Οι παράμετροι που εξηγούν τα μοντέλα αυτών των πέντε συγγενικών ειδών είναι διαφορετικές (θα συζητηθεί παρακάτω). Η περίπτωση του *M. dictaeus* είναι ένα παράδειγμα αδυναμίας του MaxEnt να λάβει υπόψη του την παλαιογεωγραφική ιστορία της περιοχής. Σύμφωνα με τους (Dermitzakis & Papanikolaou, 1981) πριν από 4-3 εκ. έτη στην περιοχή της σημερινής Κρήτης υπήρχαν 6 ή περισσότερα «παλαιονησιά» τα οποία ενώθηκαν τα τελευταία 2 εκ. ετη (Angelier, 1981). Λόγω της μεγάλης χρονικής απομόνωσης οι πληθυσμοί των ειδών που υπήρχαν στα «παλαιονησιά» πιθανόν να διαφοροποιήθηκαν σε ξεχωριστά είδη (Welter-Schultes & Williams, 1999). Υπάρχουν ενδείξεις ότι το *M. dictaeus* διαφοροποιήθηκε μόνο στη Δίκτη την περίοδο που ήταν «παλαιονησί» και δεν εξαπλώθηκε σε άλλον ορεινό όγκο (Βαρδινογιάννη, 1994). Μια εναλλακτική ερμηνεία, αλλά πολύ λιγότερο πιθανή καθώς το δίκτυο των δειγματοληπτικών σταθμών στην Κρήτη είναι πυκνό, είναι το είδος να υπάρχει εκεί που προβλέπεται από το μοντέλο μέγιστης εντροπίας, αλλά δεν έχει βρεθεί.

Τα οκτώ είδη του γένους *Albinaria* παρουσιάζουν υψηλές τιμές της καμπύλης ROC και οι χάρτες του μοντέλου μέγιστης εντροπίας αντικατοπτρίζουν με μεγάλη ακρίβεια την εξάπλωση των περισσότερων ειδών. Για τα είδη *A. spratti* (AUC=0,889, Kappa=0,8408) (χάρτης 7, Παράρτημα Β), *A. hippolyti* (AUC=0,753, Kappa=0,7143) (χάρτης 4, Παράρτημα Β) και *A. idaea* (AUC=0,729,

Kappa=0,6984) (χάρτης 5, Παράρτημα Β) οι πιθανές κατανομές ξεπερνούν αρκετά τα όρια των πραγματικών. Οι πιθανές κατανομές των ειδών *A. spratti* και *A. hippolyti* είναι αρκετά παρόμοιες, αλλά το είδος *A. hippolyti* παρουσιάζει ευρύτερη πιθανή εξάπλωση. Πρόκειται για ένα γένος αρκετά αμφιλεγόμενο που έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον ταξινομιστών και φυλογεωγράφων (Gittenberger, 1991; Giokas, 2000)

Μια πιθανή ερμηνεία θα μπορούσε να είναι ότι τα *A. spratti* και *A. hippolyti* ανήκουν στο ίδιο είδος και για αυτό το λόγο να ταυτίζεται η πιθανή τους κατανομή. Όσον αφορά τη διευρυμένη πιθανή κατανομή υπάρχουν και άλλα είδη του γένους *Albinaria* τα οποία εξαπλώνονται στα όριά τους (Βαρδινογιάννη, 1994). Άλλη πιθανή εξήγηση είναι ότι η ισοθερμικότητα, δηλαδή ο παράγοντας που συνεισφέρει περισσότερο στην κατανομή των παραπάνω τριών ειδών, επηρεάζει πολύ τη διαμόρφωση του χάρτη πιθανής παρουσίας των ειδών. Η ισοθερμικότητα είναι μια διακριτή μεταβλητή που δημιουργεί αρκετά ευδιάκριτες «ζώνες» (εικόνα 2).



Εικόνα 2. **Χάρτης ισοθερμικότητας της Κρήτης.**

Όλες οι τιμές του δείκτη AUC που προήλθαν από τη χρήση απουσιών ήταν μεγαλύτερες από τις τιμές του δείκτη AUC που προέκυψαν από το μοντέλο μέγιστης εντροπίας χρησιμοποιώντας ψευδο-απουσίες. Ειδικότερα, σε 30 είδη η τιμή του δείκτη ήταν μεγαλύτερη του 0,9.

Το είδος *X. mesostena* παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή του δείκτη AUC (AUC_{pa}= 0,69, $Kappa_{pa}$=0,2972) (χάρτης 55, Παράρτημα Β) ενώ τα είδη *O. hydatinus* και *T. totevi* τα οποία είχαν αρχικά τις χαμηλότερες τιμές AUC (AUC=0,471, Kappa= 0,3978 και AUC=0,327, Kappa=0,3333 αντίστοιχα) (χάρτης 36 και χάρτης 49

αντίστοιχα, Παράρτημα Β), βελτιώθηκαν αισθητά (AUC_{pa}= 0,778, $Kappa_{pa}$=0,3978 και AUC_{pa}= 0,8, $Kappa_{pa}$ =0,3704 αντίστοιχα).

Παρά το γεγονός ότι ο δείκτης AUC αυξήθηκε, το στατιστικό Kappa δεν βελτιώθηκε για κανένα από τα παραπάνω είδη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μοντέλο δεν είχε αρκετά ισχυρή διακριτική ικανότητα παρουσίας/απουσίας (οι αρχικές τιμές AUC ήταν χαμηλές, με σχετικά χαμηλές τιμές ευαισθησίας και ειδικότητας). Επιπλέον, στους χάρτες των τριών ειδών δεν φαίνεται να υπάρχει ξεκάθαρο πρότυπο πιθανής κατανομής. Πιθανόν καμία από τις μεταβλητές δεν εξηγεί ικανοποιητικά τις πιθανές κατανομές των παραπάνω ειδών (θα συζητηθεί παρακάτω). Αντίστοιχα συμπεριφέρονται και τα είδη *C. aspersus* (AUC =0,594, Kappa= 0,3249, AUC_{pa}= 0,7433, $Kappa_{pa}$ =0,3294) (χάρτης 10, Παράρτημα Β) και *C. apertus* (AUC =0,592, Kappa= 0,3614, AUC_{pa}= 0,782, $Kappa_{pa}$ =0,385) (χάρτης 9, Παράρτημα Β). Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση το μοντέλο έχει προβλέψει επιτυχώς το πρότυπο της πιθανής κατανομής τους. Τα δύο είδη παρουσιάζουν την ελάχιστη πιθανότητα παρουσίας σε περιοχές με υψόμετρο μεγαλύτερο των 1000 μέτρων, γεγονός που συμβαδίζει με τα δεδομένα παρουσίας/απουσίας. Πρόκειται για κοινά είδη τα οποία συναντώνται στην Κρήτη σε μεγάλο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών σε όλη την έκταση του νησιού, αλλά όχι πάνω από το συγκεκριμένο υψόμετρο (Βαρδινογιάννη, 1994). Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με την άποψη των Lobo et al. (2008) ότι αν ένα είδος έχει ευρεία εξάπλωση και το μοντέλο είναι ακριβές, ο δείκτης AUC θα είναι χαμηλός, γεγονός που θα υποδηλώνει την ευρύτητα της κατανομής (true generalist nature) του είδους.

Επιπλέον, σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές το AUC είναι δείκτης της ικανότητας ενός μοντέλου να ξεχωρίζει τις παρουσίες από τις απουσίες, ανεξάρτητα από την επίδοσή του. Άρα είναι πιθανόν, ένα μοντέλο το οποίο υποεκτιμά ή υπερεκτιμά την πιθανή εξάπλωση ενός είδους, να έχει καλή διακριτική ικανότητα. Αντίστοιχα ένα μοντέλο, με πολύ καλή επίδοση δεν θα μπορεί να διακρίνει παρουσίες από απουσίες όταν η πιθανότητα παρουσίας είναι πολύ κοντά στην πιθανότητα το είδος να είναι απόν. Πολλά από τα χερσαία σαλιγκάρια τής Κρήτης ανταποκρίνονται στην πρώτη περίπτωση. Για παράδειγμα στο *R. rhodia* (AUC =0,698, Kappa= 0,641, AUC_{pa}= 0,893, $Kappa_{pa}$ =0,5385) (χάρτης 46, Παράρτημα Β), σύμφωνα με το μοντέλο μέγιστης εντροπίας ο δείκτης AUC ήταν μικρότερος του 0,7. Παρόλα αυτά το μοντέλο είχε καλή διακριτική ικανότητα με την πλειονότητα των πιθανοτήτων να είναι κάτω του 0,25. Επίσης, ο δείκτης AUC βελτιώθηκε με τη χρήση απουσιών.

Άλλο είδος με παρόμοια αποτελέσματα είναι το *M. turgidus* (AUC =0,607, Kappa= 0,8067, AUC_{pa}= 0,975, $Kappa_{pa}$ =0,871) (χάρτης 26, Παράρτημα Β). Πολύ σημαντικό είναι ότι και τα δύο είδη είχαν πολύ υψηλές τιμές ευαισθησίας και ειδικότητας και μάλιστα για το *M. turgidus* η ευαισθησία βελτιώθηκε με τη χρήση απουσιών (από 0,875 σε 0,9375).

Συνολικά, ο δείκτης AUC παρέχει πληροφορίες για την κατανομή του είδους (αν είναι ευρεία ή περιορισμένη) στο εύρος των προβλεπόμενων συνθηκών της περιοχής μελέτης, αλλά δεν παρέχει πληροφορίες για την επίδοση του μοντέλου (Lobo et al., 2008).

Στην παρούσα εργασία προκύπτει ότι είδη με περιορισμένες κατανομές τείνουν να έχουν υψηλότερες τιμές AUC και μεγαλύτερη ακρίβεια στην πρόβλεψη. Η άποψη αυτή είναι σύμφωνη με τους Tsoar et al. (2007) που υποστηρίζει ότι το μοντέλο πιθανής κατανομής ενός είδους με περιορισμένο θώκο, έχει μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με ένα ευρύοικο είδος.

Η χρήση απουσιών βελτίωσε τις τιμές της καμπύλης ROC, αλλά τα είδη με τις ευρύτερες κατανομές συνέχισαν να έχουν τις χειρότερες καμπύλες ROC.

Τέλος, η επιλογή του ορίου παρουσίας/απουσίας με την βοήθεια δεικτών όπως ο Kappa έχει σημαντική επίδραση στα αποτελέσματα του μοντέλου, Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις όπου χάρτες παρουσίας/απουσίας ειδών θα χρησιμοποιηθούν σε διαχειριστικές εφαρμογές και αφορούν είδη-εισβολείς ή για την προστασία ενός είδους υπό εξαφάνιση (Franklin, 2010). Η τιμή του δείκτη Kappa είναι αρκετά υψηλή για τα περισσότερα είδη (μεγαλύτερη του 0,5 για 41 είδη), ενώ με τη χρήση απουσιών βελτιώθηκε για 37 είδη, παρέμεινε ίδιο για δέκα είδη και μειώθηκε για εννιά.

4.2. Περιβαλλοντικές παράμετροι που συνεισφέρουν στην εξήγηση του μοντέλου μέγιστης εντροπίας

Οι σημαντικότεροι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν τα χερσαία σαλιγκάρια είναι η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, η υγρασία και ο άνεμος (Μυλωνάς, 1982). Επίσης σημαντική για την κατανόηση των κατανομών των σαλιγκαριών είναι επίδραση των δραστηριοτήτων του ανθρώπου όπως οι καλλιέργειες, η κτηνοτροφία και οι οικισμοί (Μυλωνάς, 1982; Βαρδινογιάννη, 1994). Οι καμπύλες απόκρισης των ειδών στις περιβαλλοντικές παραμέτρους που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο μέγιστης εντροπίας συζητούνται σπάνια, παρότι μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα οικολογικά συμπεράσματα (van Gils et al., 2012).

Στην παρούσα εργασία η πιθανή κατανομή των περισσότερων ειδών που μελετήθηκαν -35 είδη- εξηγείται από μεταβλητές που σχετίζονται με τη θερμοκρασία ενώ η πιθανή κατανομή 7 ειδών εξηγείται από τη μέση φθινοπωρινή βροχόπτωση.

4.2.1 Ισοθερμικότητα

Η ισοθερμικότητα είναι καθοριστική για την εξήγηση της πιθανής εξάπλωσης 11 ειδών. Η πιθανότητα παρουσίας ενός είδους στη σημαντικότερη για αυτό ισόθερμη είναι μεγαλύτερη του 0,6 με εξαίρεση τα είδη *D. panormitanum* και *R. rhodia*. Σύμφωνα με τον ορισμό της ισοθερμικότητας στην περιοχή της Κρήτης η μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας είναι περίπου τρεις φορές μικρότερη από το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος. Παρόλα αυτά, φαίνεται ότι τα είδη επηρεάζονται από αυτές τις μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα οι χάρτες πιθανής κατανομής των ειδών να αντικατοπτρίζουν σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό τις ισόθερμες «ζώνες» όπου εξαπλώνονται τα είδη. Για το *A. spratti* το ποσοστό συνεισφοράς στο μοντέλο ξεπερνά το 50%, ενώ για τα είδη *A. corrugata, A. spratti, D. panormitanum, P. sudensis, T. cretica* και *R. philippii* η συνεισφορά τής ισοθερμικότητας ξεπερνά το 30%.

4.2.2 Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας

Μεγάλο μέρος των υπό μελέτη ειδών (16 από τα 56) εξηγούνται από το ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος. Για τα είδη *A. eburnea, A. cretensis, C. cretense, D. rufa, H.* sp., *L. barbata, M. nicosianus, O. spratti, P. dilatata* και *T.* sp., η μέγιστη τιμή της καμπύλης πιθανότητας είναι μετατοπισμένη προς τα δεξιά. Τα παραπάνω είδη εξαπλώνονται σε περιοχές με μεγάλη διακύμανση της ημερήσιας θερμοκρασίας όπως το δυτικό τμήμα της Κρήτης αλλά και οι κορυφές των βουνών (*M. nicosianus*). Εξαίρεση αποτελεί το είδος *M. cretica* για το οποίο η μέγιστη πιθανότητα παρουσίας είναι στη μέση της γραφικής παράστασης. Παρότι βρίσκεται στο δυτικό κομμάτι του νησιού, η πιθανή του εξάπλωση είναι κάτω από τα 400 μ. Στα είδη *A. praeclara, M. cretensis, M. turgidus* και *P. bathytera* η καμπύλη της γραφικής παράστασης είναι μετατοπισμένη προς τα αριστερά. Πρόκειται για είδη που συναντώνται κυρίως στο ανατολικό και κεντρικό τμήμα της Κρήτης. Εξαίρεση αποτελεί το είδος *E. protensa* το οποίο συναντάται σε όλη την έκταση του νησιού, όχι όμως πάνω από τα 2.000 μ και είναι σπανιότερο στο νομό Χανίων.

Στην προκειμένη περίπτωση θα μπορούσε να ειπωθεί ότι τα είδη που εξαπλώνονται δυτικά παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανοχή στη διακύμανση της ημερήσιας θερμοκρασίας, σε σχέση με τα είδη που βρίσκονται ανατολικότερα. Επίσης θα μπορούσε να είναι ένας παράγοντας που έχει περιορίσει την εξάπλωση των ειδών από τα δυτικά στα ανατολικά και αντίστροφα.

4.2.3 Μέση θερμοκρασία του φθινοπώρου

Η καμπύλη της γραφικής παράστασης πιθανότητας είναι μετατοπισμένη στα δεξιά (μέγιστη τιμή πάνω από 14°C) για όλα τα είδη (C. *apertus, C. aspersus, E. vermiculata, D. rethimnonensis, C. acuta, T. pisana*, και *X. candiota*) των οποίων οι πιθανές κατανομές εξηγούνται κυρίως από τη μέση θερμοκρασία του φθινοπώρου. Εξαίρεση αποτελεί το είδος *O. minoicus* για το οποίο η μέγιστη πιθανότητα παρουσίας είναι μεταξύ 4°C και 13°C και συναντάται στην ανατολική Κρήτη. Τα είδη C. *apertus, C. aspersus* και *E. vermiculata* συναντώνται παντού στην Κρήτη μέχρι τα 1.000 μ. Παρόμοια κατανομή έχει και το είδος *D. rethimnonensis* το οποίο όμως δεν συναντάται στην ανατολική Κρήτη. Τα είδη *C. acuta, T. pisana*, και *X. candiota* εντοπίζονται σε διάφορα σημεία της Κρήτης, κυρίως κατά μήκος της ακτογραμμής. Είναι πιθανόν να περιορίζονται σε χαμηλό υψόμετρο λόγω της προτίμησής τους σε υψηλότερες θερμοκρασίες την εποχή του φθινοπώρου. Για το *O. minoicus*, παρά το γεγονός ότι συναντάται στην ανατολική Κρήτη, η πιθανή κατανομή του ξεκινάει από τα 200 μ υψόμετρο και ξεπερνά τα 1.000 μ.

4.2.4 Βροχόπτωση του φθινοπώρου

Τα είδη που η πιθανή τους κατανομή σχετίζεται με τη βροχόπτωση του φθινοπώρου, έχουν παρόμοιες γραφικές παραστάσεις της πιθανότητας παρουσίας. Εξαίρεση αποτελεί το είδος *O. critica,* του οποίου η γραφική παράσταση μοιάζει με παραβολή.

Τα είδη ανά ομάδες παρουσιάζουν παρόμοιες πιθανές κατανομές. Συγκεκριμένα, τα είδη *A. teres* και *M. pellita* έχουν σχεδόν ταυτόσημες κατανομές στην περιοχή με τη χαμηλότερη βροχόπτωση. Οι πραγματικές κατανομές των ειδών *R. decollata, T. rothi* και *G. granum* δεν παρουσιάζουν κάποιο ιδιαίτερο πρότυπο, όμως το μοντέλο μέγιστης εντροπίας εμφανίζει τη μεγαλύτερη πιθανότητα παρουσίας και των τριών ειδών σε κοινά σημεία στην ανατολική Κρήτη. Το είδος *D. lasithionensis* έχει ασυνεχή κατανομή στην ανατολική και δυτική Κρήτη (πραγματική και πιθανή), αλλά εμφανίζει υψηλότερες πιθανότητες παρουσίας στα ανατολικά.

Μπορεί να ειπωθεί ότι όλα τα παραπάνω είδη, εκτός του *O. critica,* περιορίζονται σε περιοχές με χαμηλή βροχόπτωση.

4.2.5 Χρήσεις-κάλυψη γης

Όλα τα είδη παρουσιάζουν διαφορετικές προτιμήσεις ως προς το βιότοπο που προτιμούν. Τα είδη *C. jonica* και *M. syriaca* είναι πιθανότερο να βρεθούν σε καλλιέργειες. Σύμφωνα με τη Βαρδινογιάννη (1994), το είδος *C. jonica* σχετίζεται έντονα με την ανθρώπινη παρουσία. Τα είδη *M. etuberculatus* και *M. olivieri* έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα παρουσίας στην κλάση που σχετίζεται με τη βιομηχανική και εμπορική ζώνη, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με τους βιοτόπους που έχουν βρεθεί (Βαρδινογιάννη, 1994). Τα είδη *O. ionicus* και *T. sowerbyi* έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθούν σε περιοχές με πολύ έντονη ανθρώπινη παρουσία (π.χ. πόλεις, χωριά), εκτεταμένες τεχνητές επιφάνειες (π.χ. σπίτια, δρόμους) και περιοχές με λίγη βλάστηση αλλά πάντα σε συνδυασμό με ανθρώπινη επιρροή (π.χ. μεμονωμένες κατοικίες, κήπους, μικρά χωριά). Το είδος *T. totevi* παρουσιάζει υψηλότερη πιθανότητα να εντοπιστεί σε φυσικά βοσκοτόπια. Το είδος *M. dictaeus* εμφανίζει υψηλότερη πιθανότητα παρουσίας σε βοσκοτόπια, ενώ το είδος *X. cretica* εντοπίζεται σε λιβάδια αλλά σύμφωνα με τη Βαρδινογιάννη (1994) συναντάται σε ποικιλία βιοτόπων όπως μακί, φρύγανα, καλλιέργειες και δάση με *Pinus*. Τέλος, το είδος *X. mesostena* έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί σε περιοχές με μόνιμο χιόνι, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τους βιοτόπους που έχει βρεθεί μέχρι στιγμής (Βαρδινογιάννη, 1994). Επιπλέον, δεν υπάρχει τέτοιος τύπος βιοτόπου στην Κρήτη. Το συγκεκριμένο είδος, είναι πολύ κοινό και δεν διακρίνεται κάποιο πρότυπο πιθανής κατανομής, ενώ είναι αμφισβητήσιμη η συνεισφορά των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να εξηγηθούν σε ένα βαθμό από το γεγονός ότι η ταξινομική του είδους *X. mesostena* έχει αμφισβητηθεί (Βαρδινογιάννη, προσ. εποικ.) και είναι υπό αναθεώρηση (Hausdorf & Sauer, 2009).

Όσον αφορά την πληροφορία που παρέχει το CORINE2000, τα αποτελέσματα είναι αμφιλεγόμενα. Για να συμπεριληφθεί στην ανάλυση ήταν απαραίτητο να αλλάξει η αρχική του ανάλυση από 100μ σε ανάλυση περίπου 1 χλμ. Είναι αναμενόμενο στη διαδικασία αλλαγής, πολλά κελιά να έχασαν την αρχική τους πληροφορία (την αρχική κλάση) και να συγχωνεύτηκαν μαζί σε κάποια άλλη κλάση. Επίσης, είναι σημαντικό να λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι το CORINE2000 έχει δημιουργηθεί

για όλη την Ευρώπη, οπότε δεν περιέχει εξειδικευμένη πληροφορία για όλες τις χώρες που καλύπτει (π.χ. τύπος δάσους). Παρόλα αυτά οι κατηγορίες στις οποίες έχει χωριστεί παρέχουν αξιοποιήσιμη πληροφορία αν τύχουν κατάλληλης μεταχείρισης.

4.2.6 Κλίση του εδάφους και έκθεση

Οι δύο παράγοντες που σχετίζονται με τη μορφολογία του εδάφους (κλίση και έκθεση) συνεισφέρουν στο μοντέλο μέγιστης εντροπίας των ειδών *M. noverca, O. hydatinus, C. cretica* και *V. contracta*. Ο (Μυλωνάς, 1982) υποστηρίζει ότι πλαγιές με βόρεια έκθεση έχουν μεγαλύτερο αριθμό ειδών στις Κυκλάδες. Το *V. contracta* υπάρχει αυξημένη πιθανότητα να βρεθεί σε περιοχές με βόρεια έκθεση, ενώ το *C. cretica* σε περιοχές με δυτική έκθεση. Παρόλα αυτά στα τέσσερα παραπάνω είδη το ποσοστό συνεισφοράς της κλίσης του εδάφους ή της έκθεσης είναι χαμηλό (λιγότερο από 25% σε όλα). Η ερμηνεία της απόκρισης των περιβαλλοντικών μεταβλητών της κλίσης του εδάφους και της έκθεσης θα πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή. Η αρχική ανάλυση των δεδομένων ήταν 90 μ, ενώ η τελική ήταν 1 χλμ. Το γεγονός αυτό οδήγησε στη συγχώνευση πολλών κελιών και συνεπώς απώλεια πληροφορίας, καθότι η Κρήτη είναι μία περιοχή με πολύ έντονο ανάγλυφο και χωρική ετερογένεια. Επίσης, τα σαλιγκάρια είναι οργανισμοί μικρού μεγέθους και ίσως θα είχε περισσότερο νόημα να χρησιμοποιηθεί η κλίση και η έκθεση σε μικρότερη χωρική κλίμακα για την ερμηνεία των πιθανών κατανομών.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε ότι δημιουργούνται ομάδες ειδών με παρόμοιες οικολογικές απαιτήσεις οι οποίες διαμορφώνουν την πιθανή κατανομή των ειδών. Για τα περισσότερα είδη οι παράγοντες που εξηγούν καλύτερα τις πιθανές κατανομές είναι κλιματικοί, η βροχόπτωση και η θερμοκρασία. Οι πιθανές κατανομές των ειδών του γένους *Albinaria* επηρεάζονται κυρίως από τη θερμοκρασία (ισοθερμικότητα και μέση ημερήσια διακύμανση). Εξαίρεση αποτελεί το είδος *A. teres* για το οποίο σημαντικότερη είναι η βροχόπτωση του φθινοπώρου. Στα γένη *Metafruticicola* και *Oxychilus* όλα τα είδη επηρεάζονται από διαφορετικές μεταβλητές, γεγονός που οφείλεται στα διαφοροποιημένα πρότυπα πιθανής χωρικής κατανομής που παρουσιάζουν τα είδη. Η πιθανή εξάπλωση του είδους *M. cretica* εξηγείται από τη μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας, ενώ για τα άλλα δύο είδη του γένους του γένους είναι η κάλυψη γης. Παρομοίως στο γένος *Tandonia*, μεγαλύτερη συνεισφορά στο μοντέλο μέγιστης εντροπίας του είδους *T. cretica* έχει η ισοθερμικότητα, ενώ για τα άλλα δύο είδη είναι η κάλυψη γης.

Σημαντική παρατήρηση είναι ότι η μέγιστη πιθανότητα ενός είδους να βρεθεί σε κάποιο σημείο δεν είναι ίδια για όλα τα είδη. Ενδεικτικά, στην καμπύλη απόκρισης του *C. cretense* στη μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας είναι περίπου 0,9, ενώ για το είδος *E. protensa* είναι περίπου 0,6. Για τα είδη για τα οποία η πλειονότητα των κελιών του χάρτη πιθανής κατανομής είναι κοντά στο 0,5 (δεν υπάρχουν πολλές χαμηλές και υψηλές πιθανότητες) και συνεπώς η διακριτική ικανότητα του μοντέλου δεν είναι ιδιαίτερη ισχυρή και οι καμπύλες απόκρισης δεν είναι πολύ υψηλές (π.χ. *M. noverca*).

Συνολικά μπορεί να ειπωθεί ότι το MaxEnt έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα για τις πιθανές κατανομές των χερσαίων σαλιγκαριών της Κρήτης. Οι καμπύλες ROC σε κάποια είδη ήταν χαμηλές, χωρίς να σημαίνει ότι το μοντέλο δεν ήταν ακριβές. Ο υπολογισμός της καμπύλης με απουσίες έδωσε υψηλότερες τιμές του δείκτη AUC. Παρόλα αυτά δεν θα πρέπει να συγκριθεί με την καμπύλη ROC του MaxEnt γιατί αποτελέσματα του MaxEnt είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων του μοντέλου, ενώ ο έλεγχος της AUC με παρουσίες πραγματοποιήθηκε μόνο μία φορά για κάθε είδος. Επιπλέον, η επιλογή του ορίου παρουσίας/απουσίας με ίση ευαισθησία και ειδικότητα (διαφορετικό για κάθε είδος) είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για διαχειριστικές εφαρμογές. Παρόλα αυτά, υπάρχουν και άλλα προτεινόμενα όρια

(π.χ. max Kappa, maximum sensitivity plus specificity κλπ), ενώ η επιλογή του καταλληλότερου είναι ένα θέμα που δεν έχει λυθεί ακόμα (Phillips et al., 2006).

Επίσης, οι περιβαλλοντικές παράμετροι που επιλέχθηκαν εξήγησαν ικανοποιητικά την πλειονότητα των πιθανών κατανομών. Να σημειωθεί ότι σχολιάστηκαν μόνο οι μεταβλητές που έχουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο μοντέλο. Κάθε είδος είναι μοναδικό και υπάρχει ένα ιδιαίτερο σύνολο παραγόντων το οποίο ολοκληρώνει τις βιολογικές του απαιτήσεις.

Η παρούσα διατριβή είναι μία πρώτη προσέγγιση των πιθανών χωρικών προτύπων των χερσαίων σαλιγκαριών της Κρήτης με τη χρήση SDM όπως το μοντέλο μέγιστης εντροπίας. Επιβεβαίωσε γνωστές κατανομές και προσέφερε μια νέα προοπτική για την εξάπλωση άλλων ειδών. Το MaxEnt προβλέπει όλα τα πιθανά σημεία όπου το είδος θα μπορούσε να βρεθεί σε σχέση με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους που έχουν οριστεί, χωρίς να συμπεριλάβει τη γεωλογική εξέλιξη της περιοχής η οποία φαίνεται να διαμόρφωσε τις κατανομές αρκετών ειδών (Βαρδινογιάννη, 1994). Μία πρόταση για την αντιμετώπιση αυτής της αδυναμίας είναι να αποκλειστούν από το μοντέλο οι περιοχές όπου το είδος δεν συναντάται λόγω ιστορικών παραγόντων όπως τα γεωγραφικά φράγματα (Peterson et al., 1999; Anderson, 2003)

Μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να είναι η σύγκριση διάφορων SDMs για κάποια είδη που παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες στις κατανομές τους, η χρήση χαρτών απουσίας/παρουσίας για προσδιορισμό περιοχών με υψηλή βιοποικιλότητα αλλά και η χρήση άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων που να εξηγούν καλύτερα την πιθανή παρουσία των ειδών. Επιπλέον, θα μπορούσαν να μελετηθούν και άλλες περιοχές και να συγκριθούν οι περιβαλλοντικές μεταβλητές που καθορίζουν τις κατανομές των ειδών εκεί.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, R. P. (2003). Real vs. artefactual absences in species distributions: tests for *Oryzomys albigularis* (Rodentia: Muridae) in Venezuela. *Journal of Biogeography, 30*(4), 591-605. doi: 10.1046/j.1365-2699.2003.00867.x

- Angelier, J. (1981). Quantitative-analysis of the relationships between horizontal deformation and vertical movements-the Aegean extension, subsidence of the sea of Crete and the surrection of the Hellenic arc. *Annales De Geophysique, 37*(2), 327-345.

- Deng, Y., Chen, X., Chuvieco, E., Warner, T., & Wilson, J. P. (2007). Multi-scale linkages between topographic attributes and vegetation indices in a mountainous landscape. *Remote Sensing of Environment, 111*(1), 122-134. doi: 10.1016/j.rse.2007.03.016

- Dermitzakis, D. M., & Papanikolaou, D. J. (1981). Paleogeography and geodynamics of the Aegean region during the Neogene. *Annales Geologiques des Pays Helleniques, 30*, 245-289.

- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, J. R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. M., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M. S., & Zimmermann, N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography, 29*(2), 129-151.

- Elith, J., & Leathwick, J. (2007). Predicting species distributions from museum and herbarium records using multiresponse models fitted with multivariate adaptive regression splines. *Diversity and Distributions, 13*(3), 265-275. doi: 10.1111/j.1472-4642.2007.00340.x

- Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology*

Evolution and Systematics, 40, 677-697. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159

- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudik, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions, 17*(1), 43-57. doi: 10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x

- ESRI (2011). ArcGIS Desktop: Release 10.Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

- Franklin, J. (2010). Mapping species distributions: spatial inference and prediction. GB: Cambridge University Press.

- Gaston, K. J. (2000). Global patterns in biodiversity. *Nature, 405*(6783), 220-227.

- Gaston, K. J., & Blackburn, T. M. (2000). *Pattern and process in macroecology*. Oxford: Blackwell Science.

- Giokas, S. (2000). Congruence and conflict in *Albinaria* (Gastropoda, Clausiliidae). A review of morphological and molecular phylogenetic approaches. *Belgian Journal of Zoology, 130*, 93-100.

- Giokas, S., & Mylonas, M. (2004). Dispersal patterns and population structure of the land snail *Albinaria coerulea* (Pulmonata: Clausiliidae). *Journal of Molluscan Studies, 70*(2), 107-116. doi: 10.1093/mollus/70.2.107

- Gittenberger, E. (1991). What about non-adaptive radiation? *Biological Journal of the Linnean Society, 43*(4), 263-272. doi: 10.1111/j.1095-8312.1991.tb00598.x

- Graham, C. H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C., & Peterson, A. T. (2004). New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology & Evolution, 19*(9), 497-503. doi: 10.1016/j.tree.2004.07.006

- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters, 8*(9), 993-1009. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x

- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling, 135*(2-3), 147-186.

- Hausdorf, B., & Sauer, J. A. N. (2009). Revision of the Helicellinae of Crete (Gastropoda: Hygromiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society, 157*(2), 373-419. doi: 10.1111/j.1096-3642.2008.00504.x

- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology, 25*(15), 1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276

- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 22*, 415-427. doi: 10.1101/sqb.1957.022.01.039

- Jaynes, E. T. (1957). Information Theory and Statistical Mechanics. *Physical Review, 106*(4), 620-630.

- Kassara, C., Dimalexis, A., Fric, J., Karris, G., Barboutis, C., & Sfenthourakis, S. (2012). Nest-site preferences of Eleonora's Falcon (*Falco eleonorae*) on uninhabited islets of the Aegean Sea using GIS and species distribution models. *Journal of Ornithology, 153*(3), 663-675. doi: DOI 10.1007/s10336-011-0784-0

- Kattan, G. H., Franco, P., Rojas, V., & Morales, G. (2004). Biological diversification in a complex region: a spatial analysis of faunistic diversity and biogeography of the Andes of Colombia. *Journal of Biogeography, 31*(11), 1829-1839.

- Lobo, J. M., Jimenez-Valverde, A., & Real, R. (2008). AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography, 17*(2), 145-151. doi: 10.1111/j.1466-8238.2007.00358.x

- Manel, S., Williams, H. C., & Ormerod, S. J. (2001). Evaluating presence–absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology, 38*(5), 921-931. doi: 10.1046/j.1365-2664.2001.00647.x

- Mateo, R. G., Croat, T. B., Felicísimo, Á. M., & Muñoz, J. (2010). Profile or group discriminative techniques? Generating reliable species distribution models using pseudo-absences and target-group absences from natural history collections. *Diversity and Distributions, 16*(1), 84-94. doi: 10.1111/j.1472-4642.2009.00617.x

- McPherson, J. M., Jetz, W., & Rogers, D. J. (2004). The effects of species' range sizes on the accuracy of distribution models: ecological phenomenon or statistical artefact? *Journal of Applied Ecology, 41*(5), 811-823. doi: 10.1111/j.0021-8901.2004.00943.x

- Murray-Smith, C., Brummitt, N. A., Oliveira-Filho, A. T., Bachman, S., Moat, J., Lughadha, E. M. N., & Lucas, E. J. (2009). Plant Diversity Hotspots in the Atlantic Coastal Forests of Brazil. *Conservation Biology, 23*(1), 151-163. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.01075.x

- Newbold, T. (2010). Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *Progress in Physical Geography, 34*(1), 3-22. doi: 10.1177/0309133309355630

- Pearce, J., & Ferrier, S. (2000). Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecological Modelling, 133*(3), 225-245. doi: 10.1016/s0304-3800(00)00322-7

- Peterson, A. T., Soberón, J., & Sánchez-Cordero, V. (1999). Conservatism of Ecological Niches in Evolutionary Time. *Science, 285*(5431), 1265-1267. doi: 10.1126/science.285.5431.1265

- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling, 190*(3-4), 231-259. doi: DOI 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography, 31*(2), 161-175. doi: 10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x

- Phillips, S. J., Dudík, M., Elith, J., Graham, C. H., Lehmann, A., Leathwick, J., & Ferrier, S. (2009). Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications, 19*(1), 181-197.

- Quézel, P. (1988). Esquisse phytogéographique de la végétation climacique potentielle des grandes Iles méditerranéennes. *Bulletin d'Écologie*(19), 121-127.

- Quinn, G., & Keough, M. (2002). *Experimental design and data analysis for biologists.* . Cambridge: University Press.

- R Core Team (2012). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, http://www.R-project.org.

- Sfenthourakis, S., Giokas, S., & Mylonas, M. (1999). Testing for nestedness in the terrestrial isopods and snails of Kyklades islands (Aegean archipelago, Greece). *Ecography, 22*(4), 384-395. doi: 10.1111/j.1600-0587.1999.tb00575.x

- Sfenthourakis, S., Giokas, S., & Tzanatos, E. (2004). From sampling stations to archipelagos: investigating aspects of the assemblage of insular biota. *Global Ecology and Biogeography, 13*(1), 23-35. doi: 10.1111/j.1466-882X.2004.00065.x

- Sfenthourakis, S., & Legakis, A. (2001). Hotspots of endemic terrestrial invertebrates in southern Greece. *Biodiversity and Conservation, 10*(8), 1387-1417.

- Tinoco, B. A., Astudillo, P. X., Latta, S. C., & Graham, C. H. (2009). Distribution, ecology and conservation of an endangered Andean hummingbird: the Violet-throated Metaltail (*Metallura baroni*). *Bird Conservation International, 19*(01), 63-76. doi: doi:10.1017/S0959270908007703

- Tittensor, D. P., Baco, A. R., Brewin, P. E., Clark, M. R., Consalvey, M., Hall-Spencer, J., Rowden, A. A., Schlacher, T., Stocks, K. I., & Rogers, A. D. (2009). Predicting global habitat suitability for stony corals on seamounts. *Journal of Biogeography*, *36*(6), 1111-1128. doi: 10.1111/j.1365-2699.2008.02062.x

- Triantis, K. A., Vardinoyannis, K., & Mylonas, M. (2008). Biogeography, land snails and incomplete data sets: the case of three island groups in the Aegean Sea. *Journal of Natural History*, *42*(5-8), 467-490. doi: 10.1080/00222930701835431

- Tsoar, A., Allouche, O., Steinitz, O., Rotem, D., & Kadmon, R. (2007). A comparative evaluation of presence-only methods for modelling species distribution. *Diversity and Distributions*, *13*(4), 397-405. doi: 10.1111/j.1472-4642.2007.00346.x

- Tucker, C. J., Pinzon, J. E., Brown, M. E., Slayback, D. A., Pak, E. W., Mahoney, R., Vermote, E. F. & El Saleous N. (2005). An Extended AVHRR 8-km NDVI Data Set Compatible with MODIS and SPOT Vegetation NDVI Data. *International Journal of Remote Sensing*, *26*(20), 4485-4498.

- van Gils, H., Conti, F., Ciaschetti, G., & Westinga, E. (2012). Fine resolution distribution modelling of endemics in Majella National Park, Central Italy. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 1-12. doi: 10.1080/11263504.2012.685194

- Weiss, J. L., Gutzler, D. S., Coonrod, J. E. A., & Dahm, C. N. (2004). Seasonal and inter-annual relationships between vegetation and climate in central New Mexico, U.S.A. *57*, 507-534.

- Welter-Schultes, F. W., & Williams, M. R. (1999). History, island area and habitat availability determine land snail species richness of Aegean islands. *Journal of Biogeography*, *26*(2), 239-249. doi: 10.1046/j.1365-2699.1999.00276.x

- Whittaker, R. J., Willis, K. J., & Field, R. (2001). Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography, 28*(4), 453-470. doi: 10.1046/j.1365-2699.2001.00563.x

- Wollan, A. K., Bakkestuen, V., Kauserud, H., Gulden, G., & Halvorsen, R. (2008). Modelling and predicting fungal distribution patterns using herbarium data. *Journal of Biogeography, 35*(12), 2298-2310. doi: DOI 10.1111/j.1365-2699.2008.01965.x

- Βαρδινογιάννη, Κ. (1994). Βιογεωγραφία των χερσαίων μαλακίων στο νότιο νησιωτικό αιγαιακό τόξο. (PhD), Πανεπιστήμιο Αθηνών

- Λεγάκις, Α., & Μαραγκού, Π. (2009). *Το Κόκκινο Βιβλίο των Απειλούμενων Ζώων της Ελλάδας*. Αθήνα: Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία

- Μυλωνάς, Μ. (1982). Μελέτη πάνω στην ζωογεωγραφία και οικολογία των χερσαίων μαλακίων των Κυκλάδων. (PhD), Πανεπιστήμιο Αθηνών

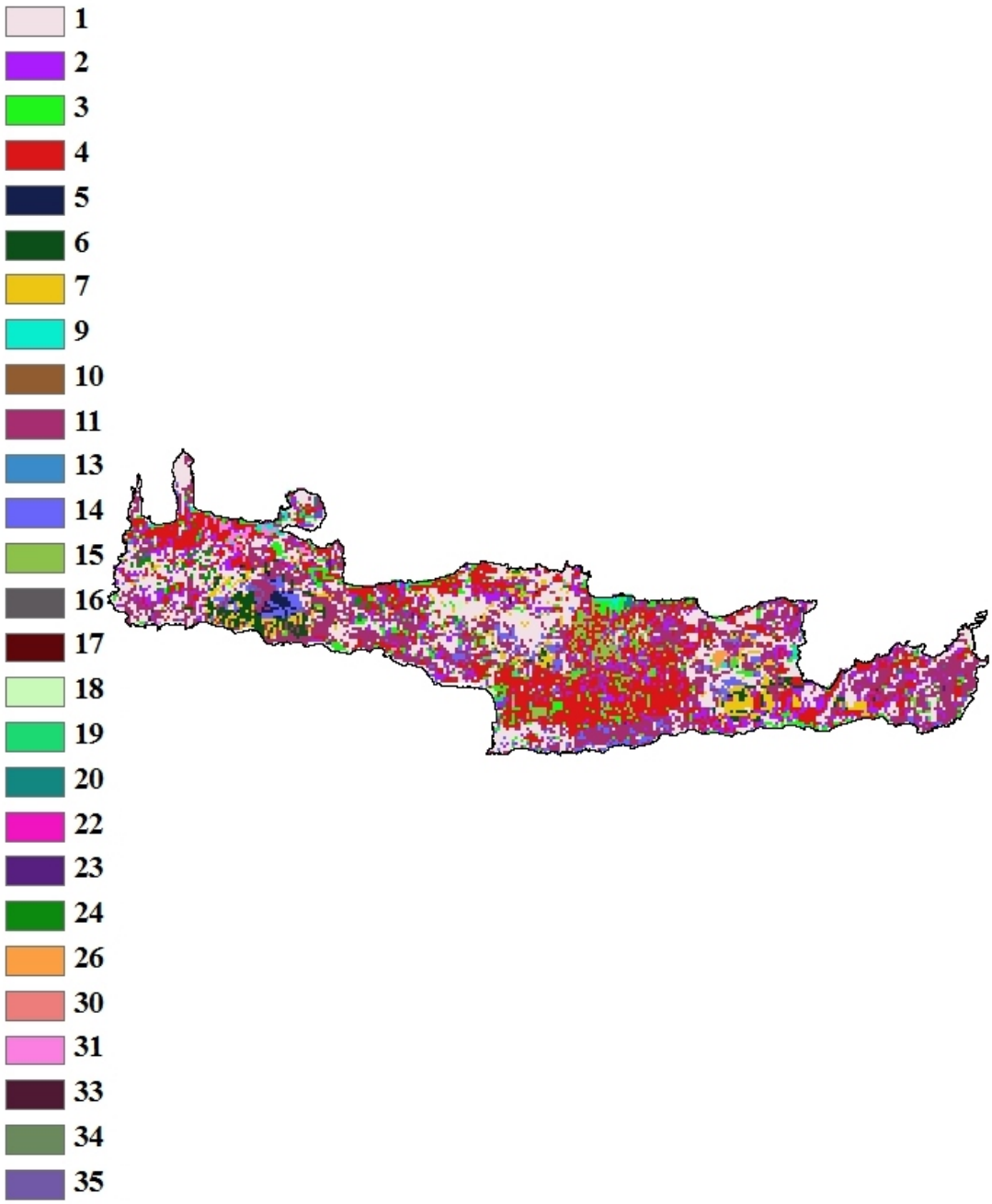
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- http://eros.usgs.gov

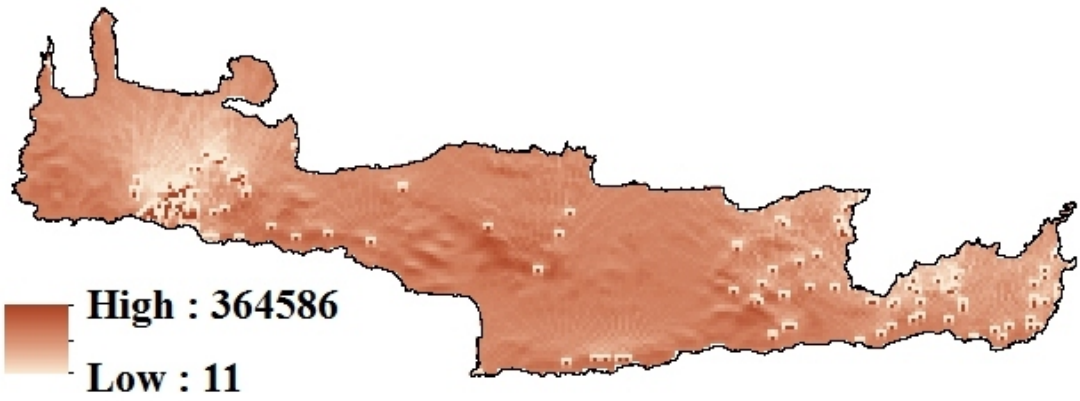
- www.eea.europa.eu

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

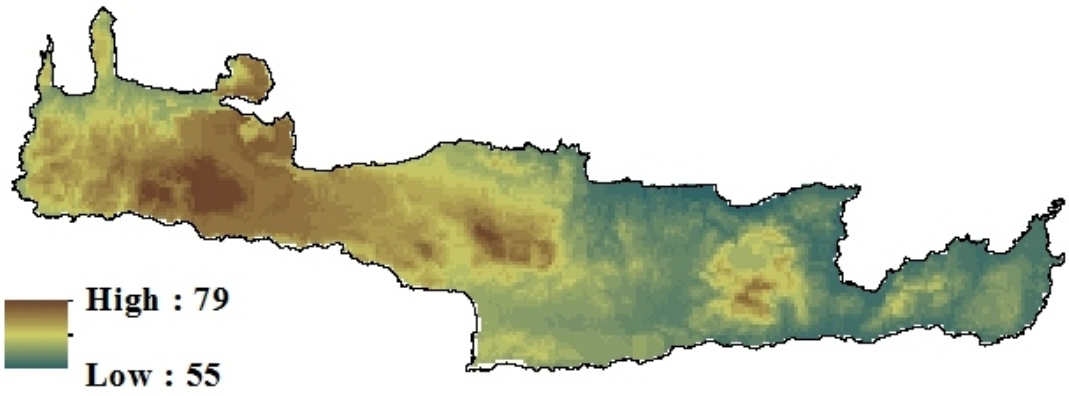
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΧΑΡΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΚΛΑΣΕΙΣ CORINE2000



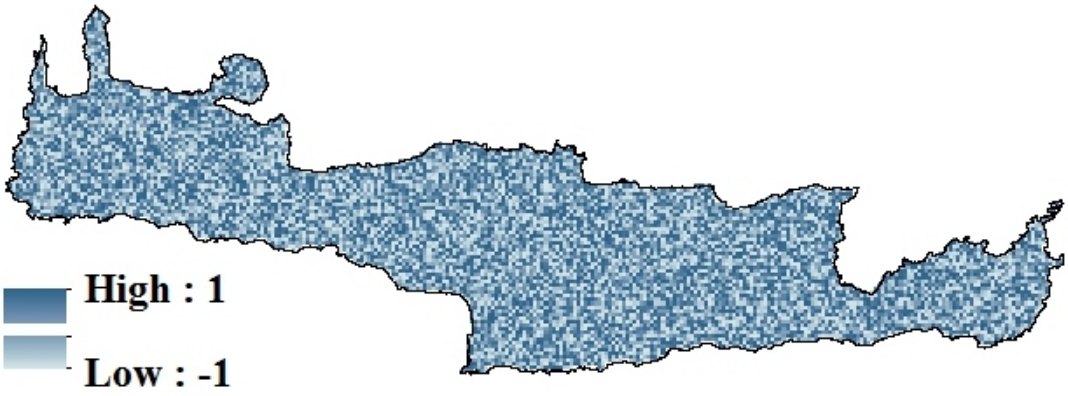
Χάρτης 1. Κλάσεις CORINE2000.



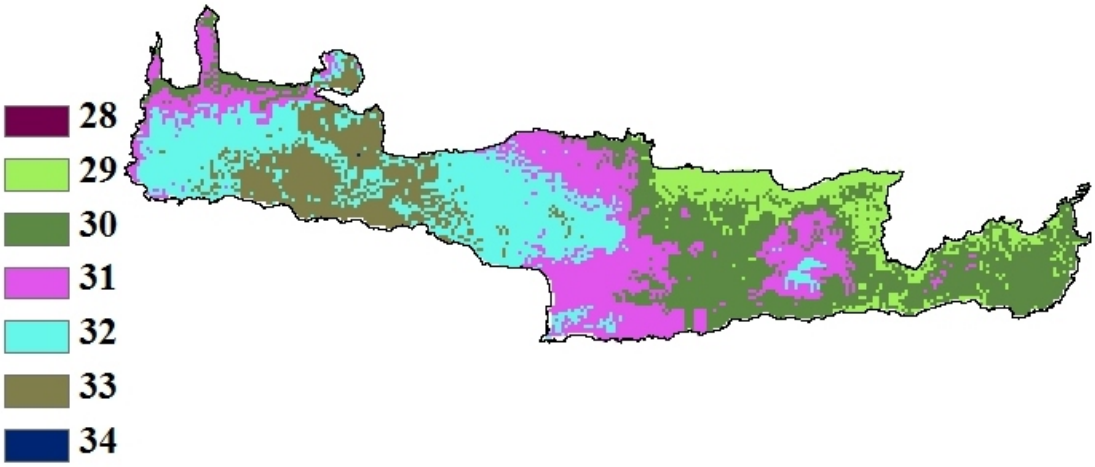
Χάρτης 2. Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία φθινοπώρου.



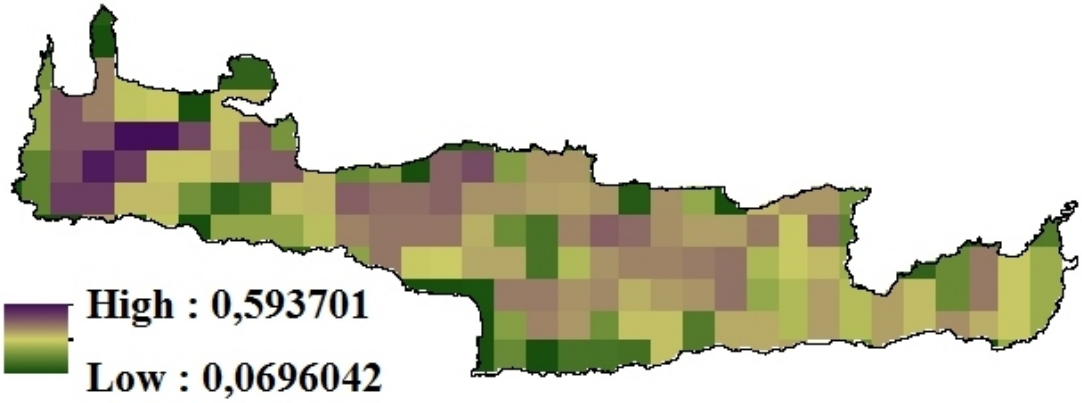
Χάρτης 3. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας



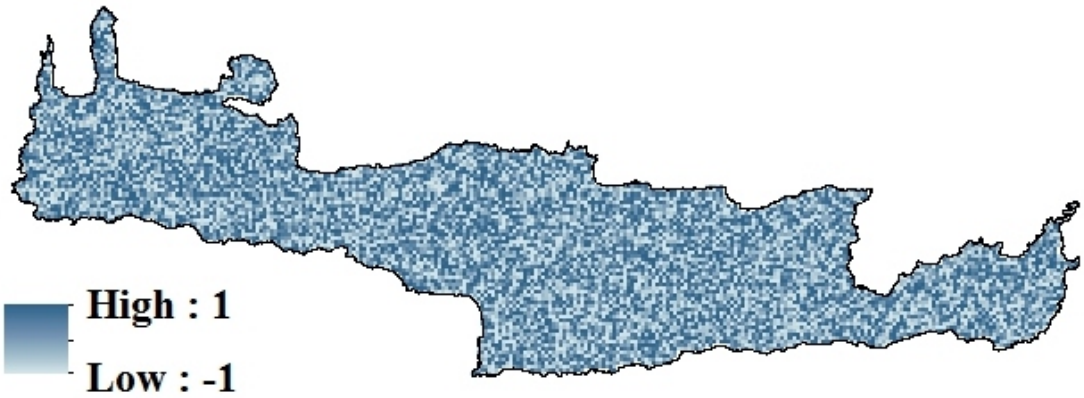
Χάρτης 4. Ανατολική (δυτική) έκθεση.



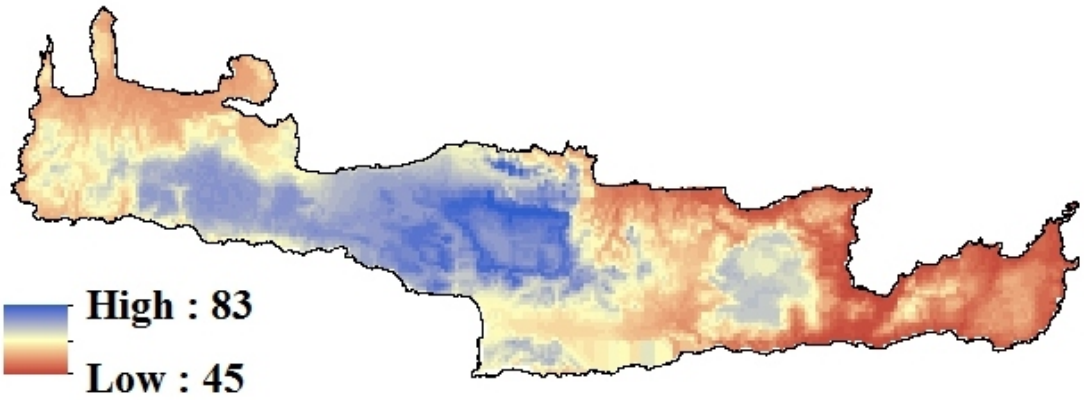
Χάρτης 5. Ισοθερμικότητα.



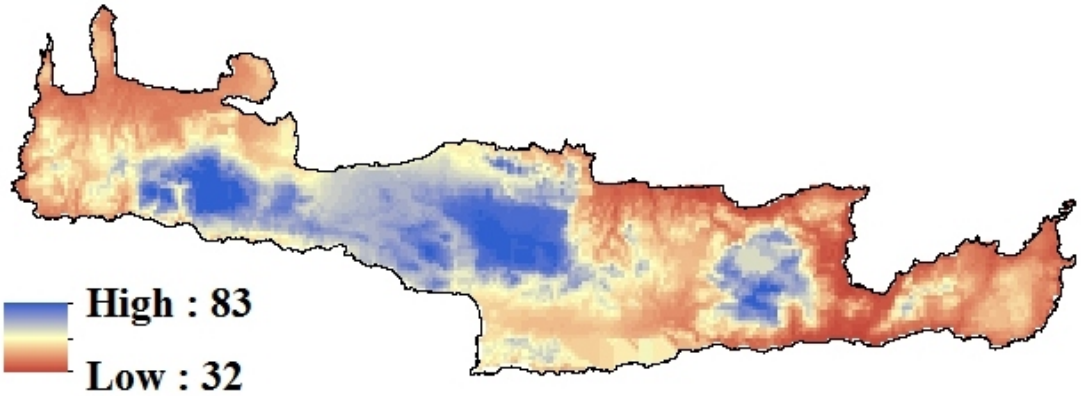
Χάρτης 6. Δείκτης NDVI.



Χάρτης 7. Βόρεια (νότια) έκθεση.

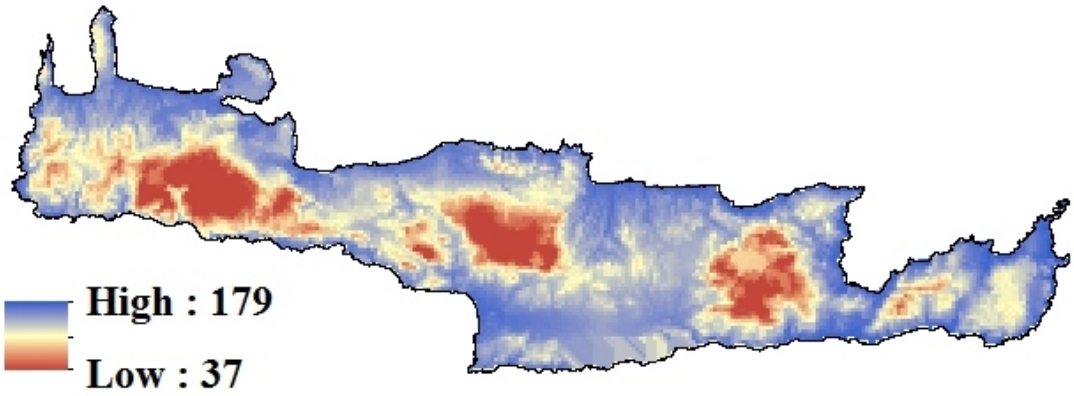


Χάρτης 8. Βροχόπτωση του φθινοπώρου.



Χάρτης 9. Βροχόπτωση της άνοιξης.

Χάρτης 10. Κλίση του εδάφους.



Χάρτης 11. Μέση θερμοκρασία του φθινοπώρου.

Πίνακας 1. Κλάσεις CORINE2000

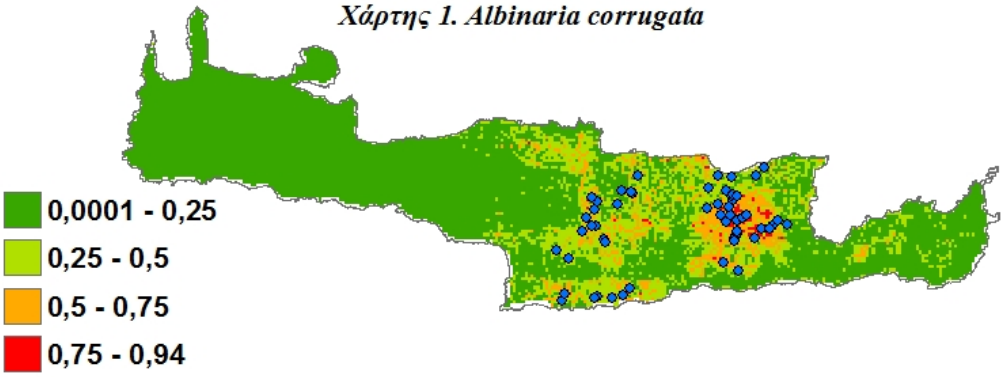
κλάση	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
1	Τεχνητές επιφάνειες	Αστικός ιστός	Συνεχής αστικός ιστός
2	Τεχνητές επιφάνειες	Αστικός ιστός	Ασυνεχής αστικός ιστός
3	Τεχνητές επιφάνειες	Βιομηχανικές-εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες
4	Τεχνητές επιφάνειες	Βιομηχανικές-εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα
5	Τεχνητές επιφάνειες	Βιομηχανικές-εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	Ζώνες λιμένων
6	Τεχνητές επιφάνειες	Βιομηχανικές-εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	Αεροδρόμια
7	Τεχνητές επιφάνειες	Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	Χώροι εξορύξεως ορυκτών
8	Τεχνητές επιφάνειες	Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων
9	Τεχνητές επιφάνειες	Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	Χώροι οικοδόμησης
10	Τεχνητές επιφάνειες	Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πρασίνου	Περιοχές αστικού πρασίνου
11	Τεχνητές επιφάνειες	Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πρασίνου	Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
12	Γεωργικές περιοχές	Καλλιεργήσιμη γη	Μη αρδευόμενη καλλιεργήσιμη γη
13	Γεωργικές περιοχές	Καλλιεργήσιμη γη	Μόνιμα αρδευόμενη γη
14	Γεωργικές περιοχές	Καλλιεργήσιμη γη	Ορυζώνες
15	Γεωργικές περιοχές	Μόνιμες καλλιέργειες	Αμπελώνες
16	Γεωργικές περιοχές	Μόνιμες καλλιέργειες	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς
17	Γεωργικές περιοχές	Μόνιμες καλλιέργειες	Ελαιώνες
18	Γεωργικές περιοχές	Λιβάδια	Λιβάδια
19	Γεωργικές περιοχές	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες

κλάση	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
20	Γεωργικές περιοχές	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	Σύνθετες καλλιέργειες
21	Γεωργικές περιοχές	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστηση
22	Γεωργικές περιοχές	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	Γεωργό-δασικές περιοχές
23	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Δάση	Δάσος πλατύφυλλων
24	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Δάση	Δάσος κωνοφόρων
25	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Δάση	Μικτό δάσος
26	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Συνδυασμοί θαμνώδους η/και ποώδους βλάστησης	Φυσικοί βοσκότοποι
27	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Συνδυασμοί θαμνώδους η/και ποώδους βλάστησης	Θάμνοι και χερσότοποι
28	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Συνδυασμοί θαμνώδους η/και ποώδους βλάστησης	Σκληροφυλλία βλάστηση
29	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Συνδυασμοί θαμνώδους η/και ποώδους βλάστησης	Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
30	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστησης	Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές
31	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστησης	Απογυμνωμένοι βράχοι
32	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστησης	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση
33	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστησης	Καμένες εκτάσεις
34	Δάση και ημιαστικές περιοχές	Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστησης	Παγετώνες και μόνιμο χιόνι
35	Υγρότοποι	Υγρότοποι ενδοχώρας	Βάλτοι στην ενδοχώρα
36	Υγρότοποι	Υγρότοποι ενδοχώρας	Τυρφώνες
37	Υγρότοποι	Παραθαλάσσιοι υγρότοποι	Παραθαλάσσιοι βάλτοι
38	Υγρότοποι	Παραθαλάσσιοι υγρότοποι	Αλυκές

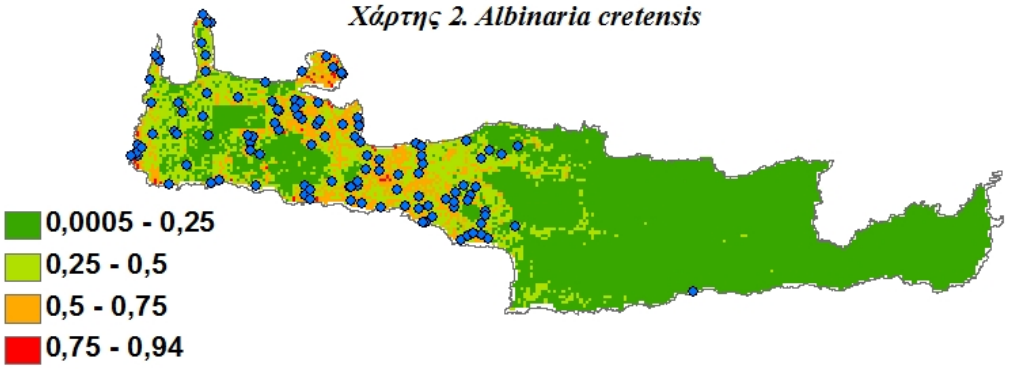
κλάση	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
39	Υγρότοποι	Παραθαλάσσιοι υγρότοποι	Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
40	Υδάτινες επιφάνειες	Χερσαία ύδατα	Υδατορρεύματα
41	Υδάτινες επιφάνειες	Χερσαία ύδατα	Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
42	Υδάτινες επιφάνειες	Θαλάσσια ύδατα	Παράκτιες λιμνοθάλασσες
43	Υδάτινες επιφάνειες	Θαλάσσια ύδατα	Εκβολές ποταμών
44	Υδάτινες επιφάνειες	Θαλάσσια ύδατα	Θάλασσες και ωκεανοί

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. ΧΑΡΤΕΣ ΠΙΘΑΝΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΕΝΤΡΟΠΙΑΣ

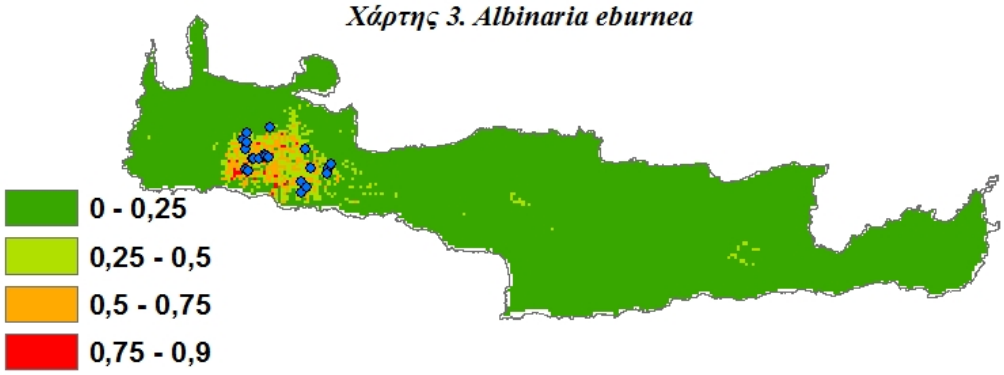
Χάρτης 1. Albinaria corrugata



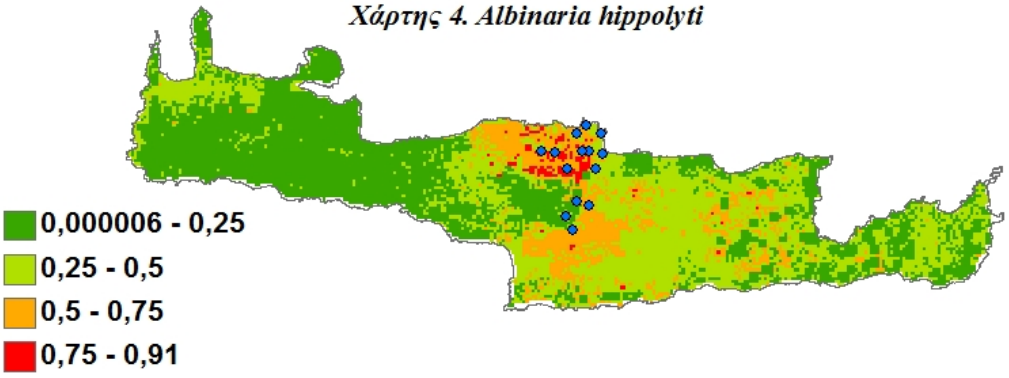
Χάρτης 2. Albinaria cretensis



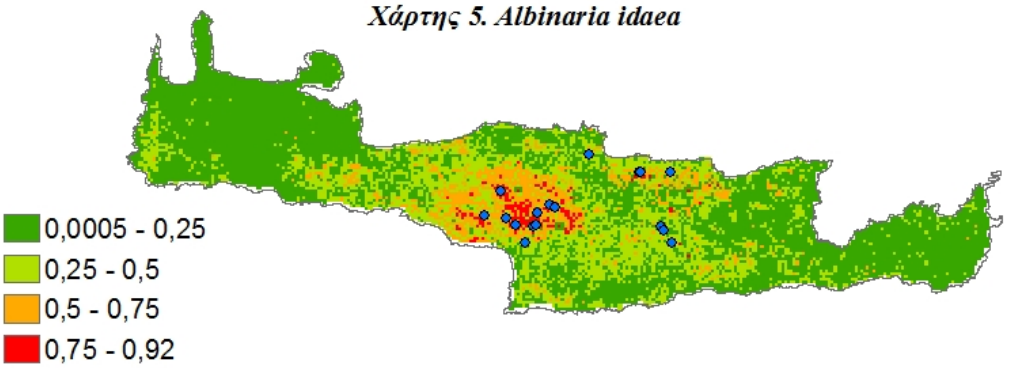
Χάρτης 3. Albinaria eburnea



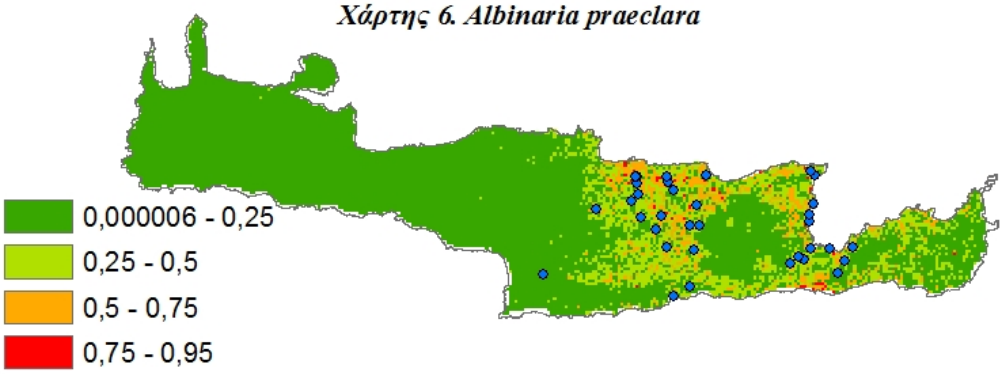
Χάρτης 4. Albinaria hippolyti



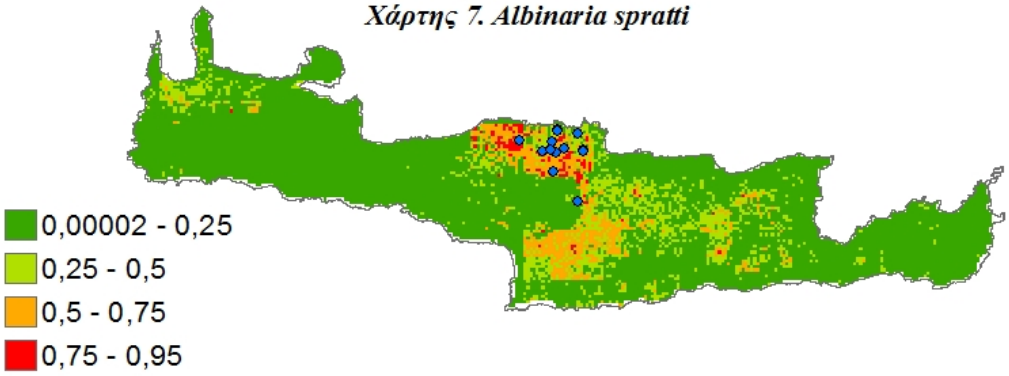
Χάρτης 5. Albinaria idaea



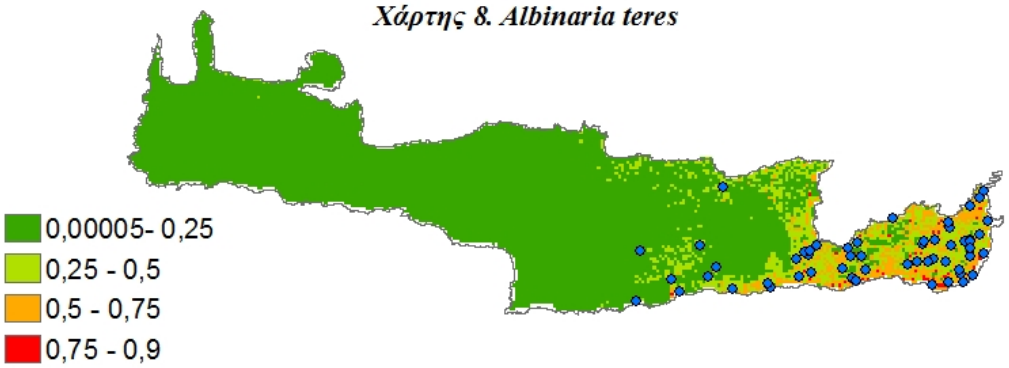
Χάρτης 6. Albinaria praeclara



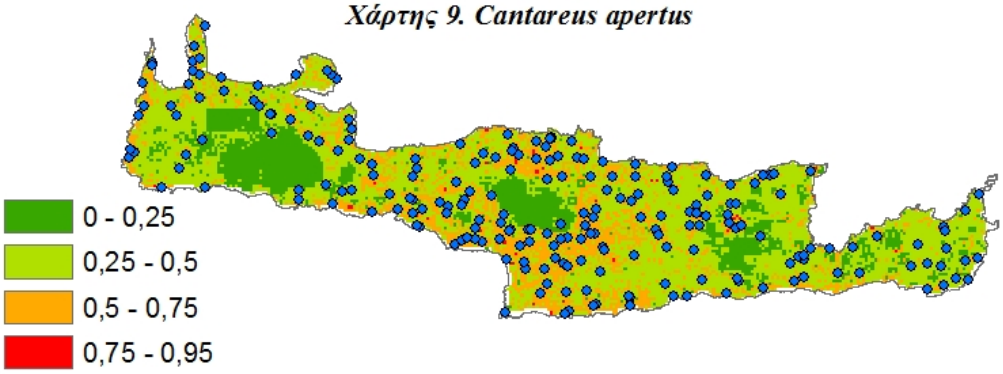
Χάρτης 7. Albinaria spratti



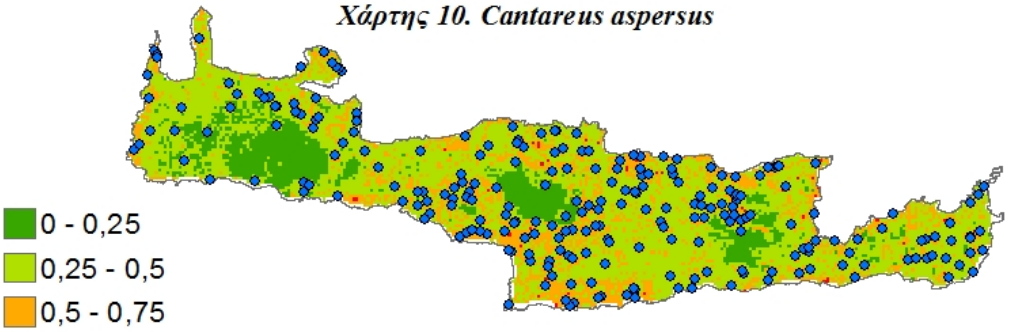
Χάρτης 8. Albinaria teres



Χάρτης 9. Cantareus apertus

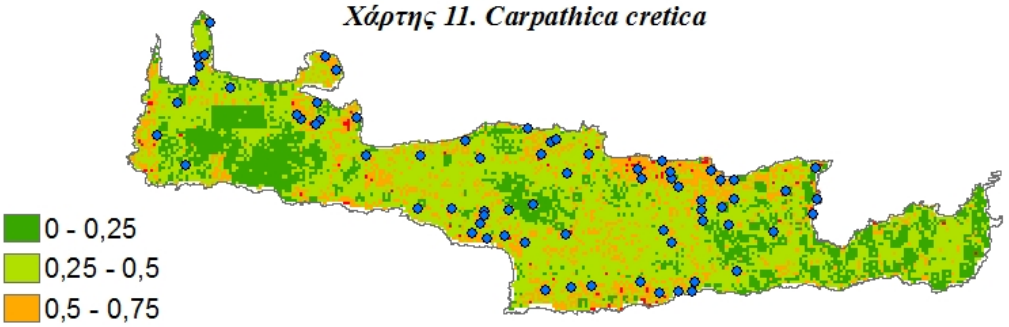


Χάρτης 10. Cantareus aspersus



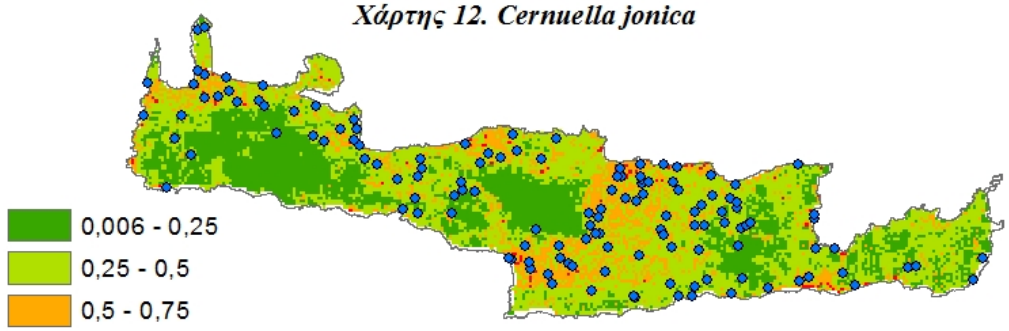
0 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 0,75
0,75 - 0,94

Χάρτης 11. Carpathica cretica



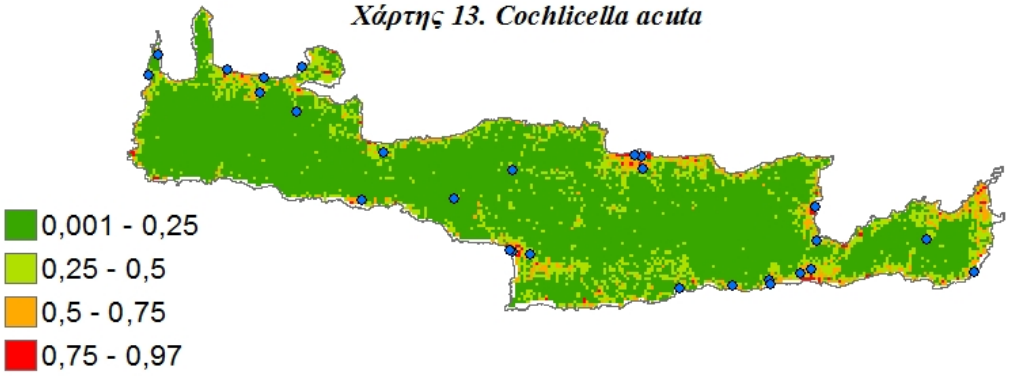
0 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 0,75
0,75 - 0,94

Χάρτης 12. Cernuella jonica

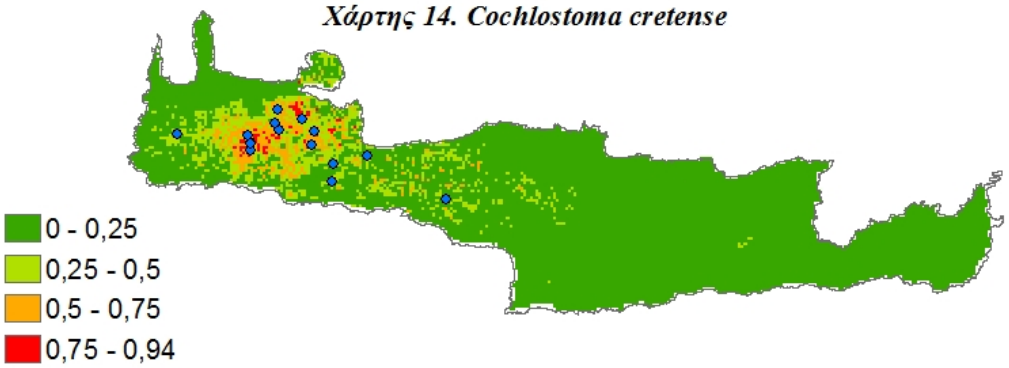


0,006 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 0,75
0,75 - 0,97

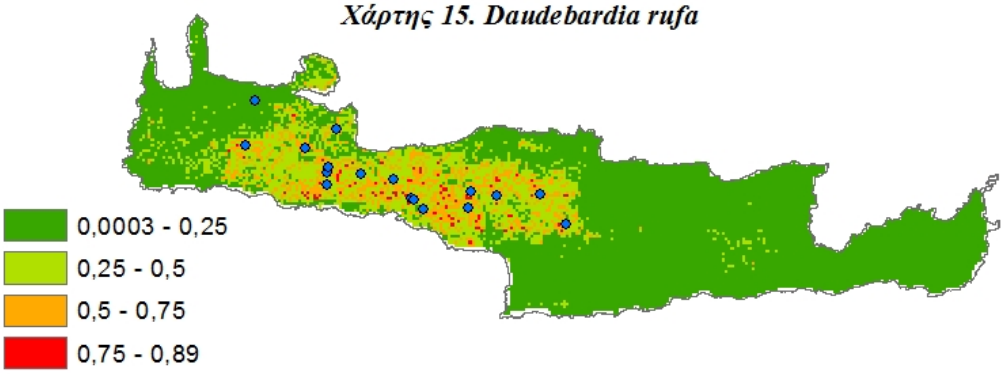
Χάρτης 13. Cochlicella acuta



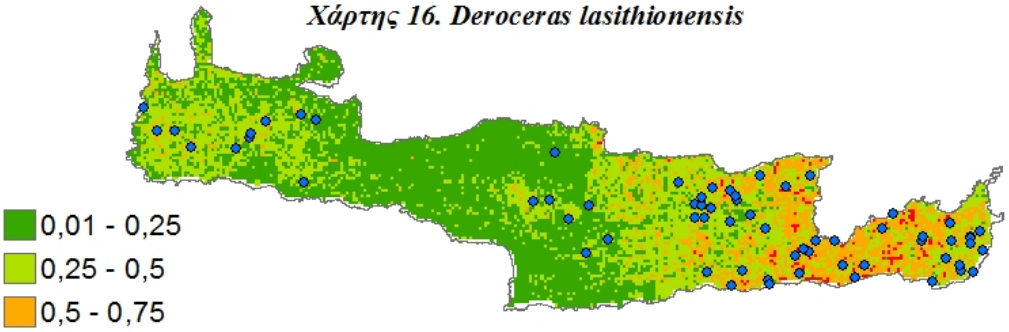
Χάρτης 14. Cochlostoma cretense



Χάρτης 15. Daudebardia rufa

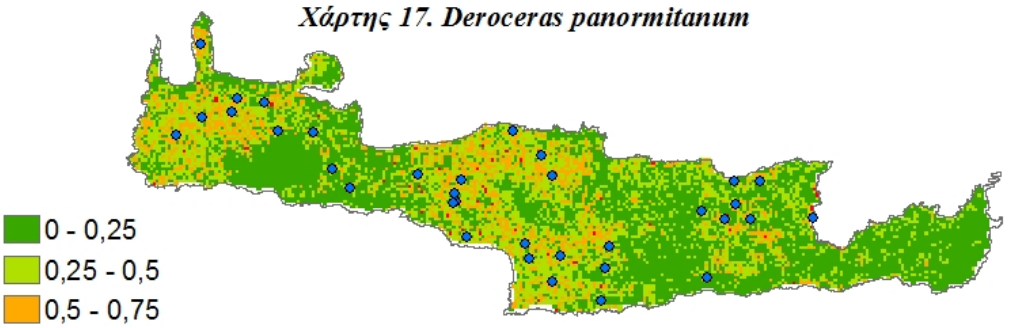


Χάρτης 16. Deroceras lasithionensis



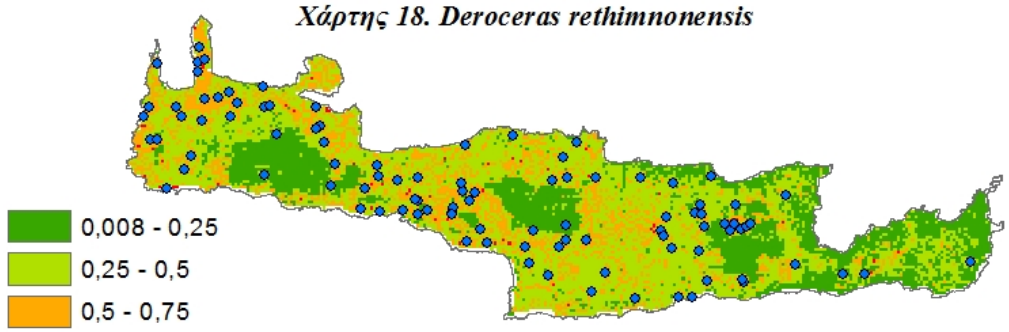
0,01 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 0,75
0,75 - 0,92

Χάρτης 17. Deroceras panormitanum



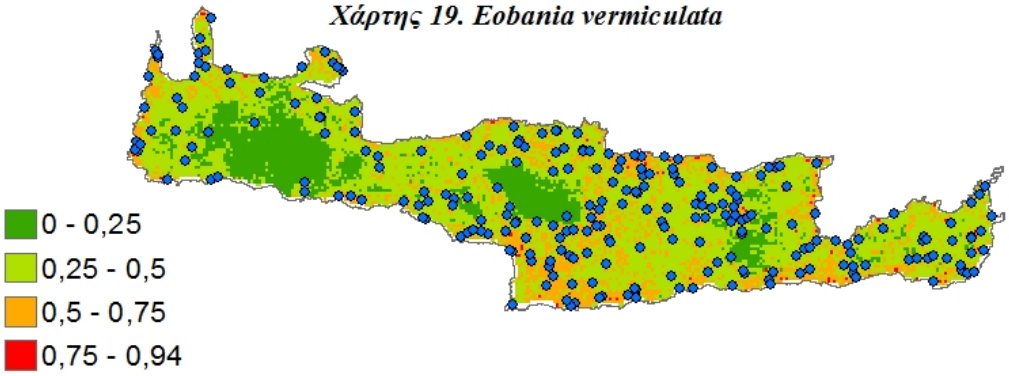
0 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 0,75
0,75 - 0,93

Χάρτης 18. Deroceras rethimnonensis

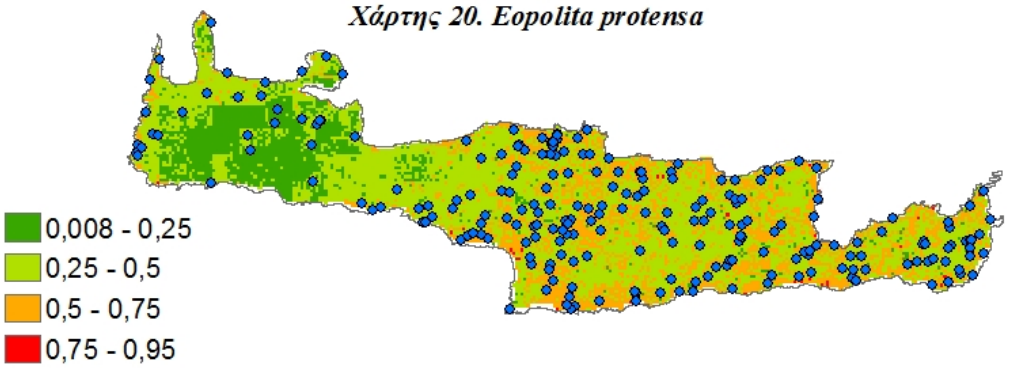


0,008 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 0,75
0,75 - 0,9

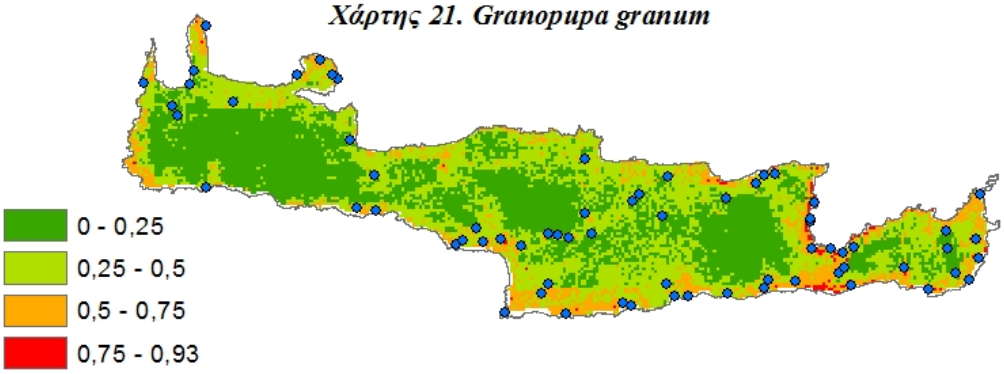
Χάρτης 19. Eobania vermiculata



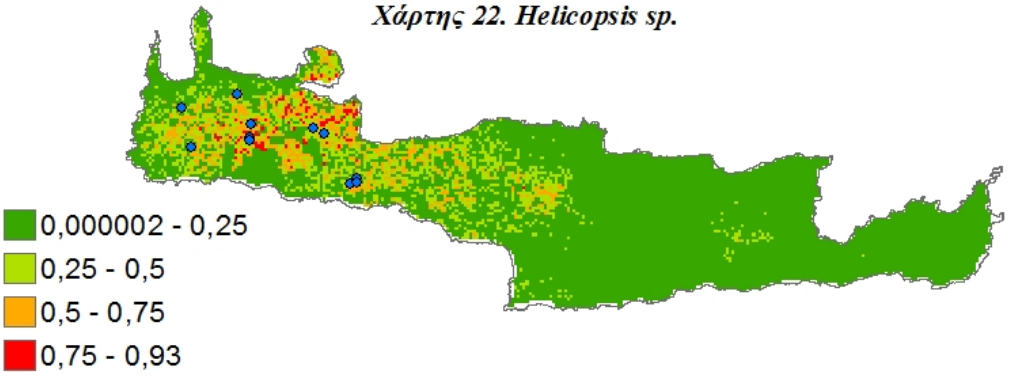
Χάρτης 20. Eopolita protensa



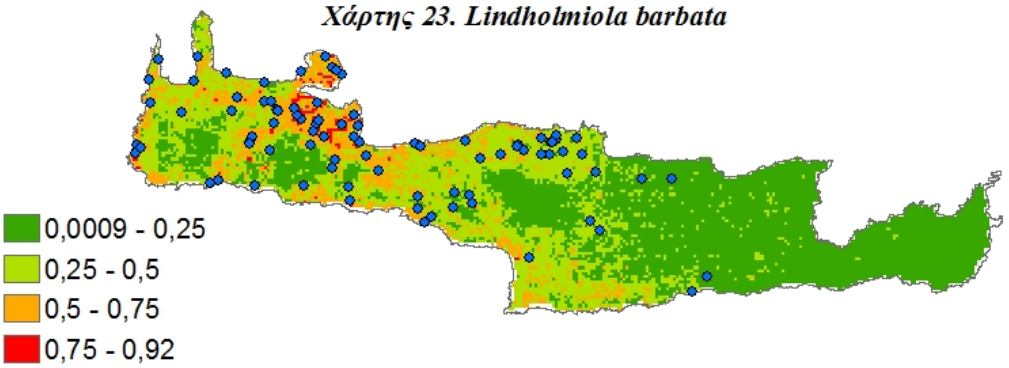
Χάρτης 21. Granopupa granum



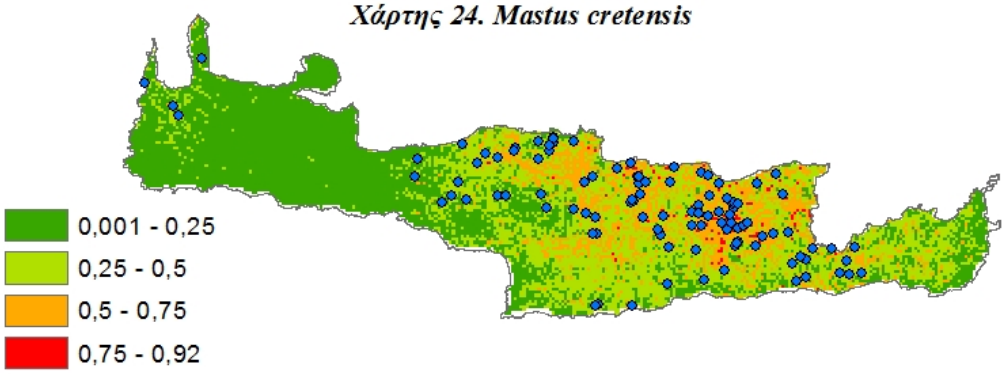
Χάρτης 22. Helicopsis sp.



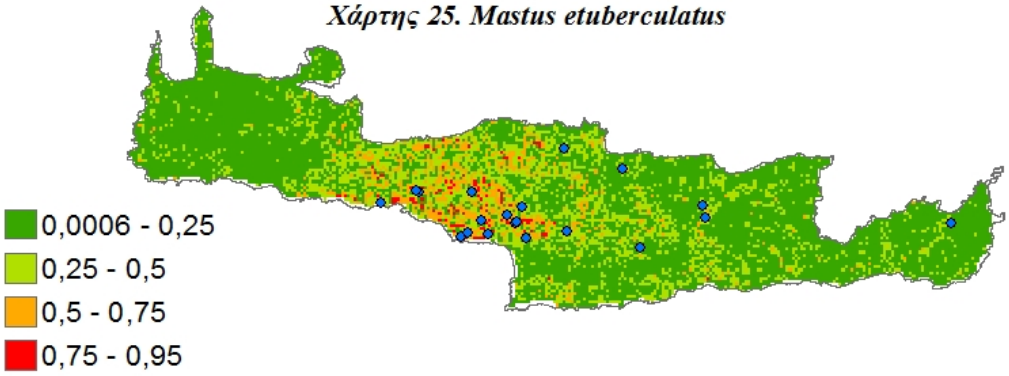
Χάρτης 23. Lindholmiola barbata



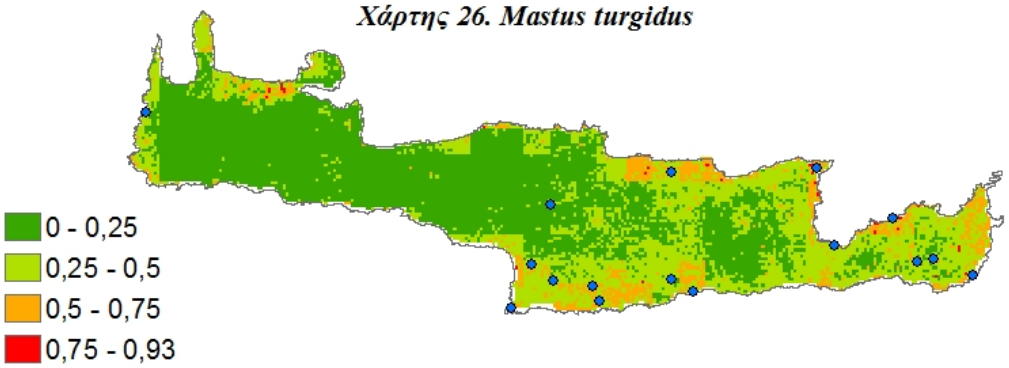
Χάρτης 24. Mastus cretensis



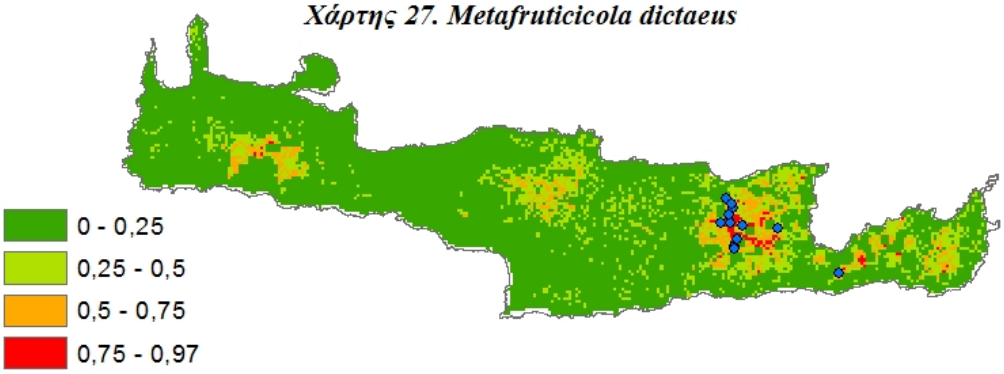
Χάρτης 25. Mastus etuberculatus



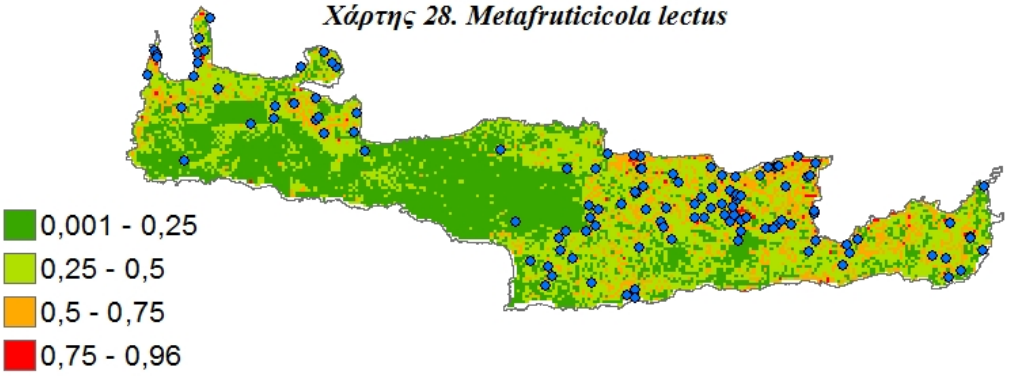
Χάρτης 26. Mastus turgidus



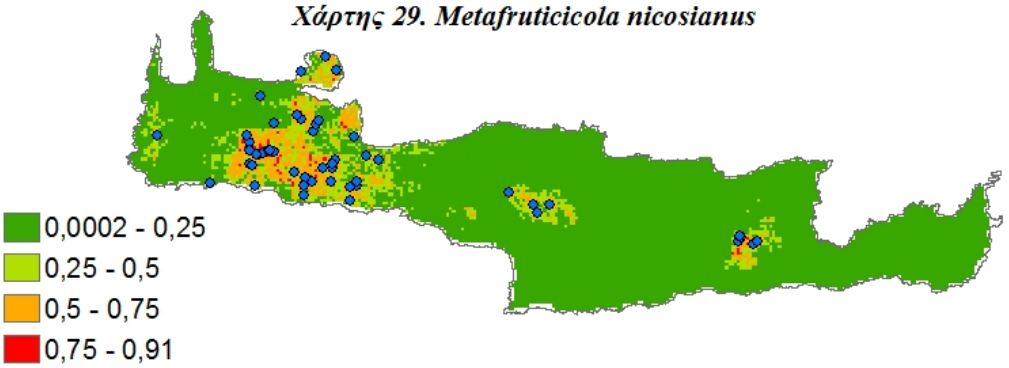
Χάρτης 27. Metafruticicola dictaeus



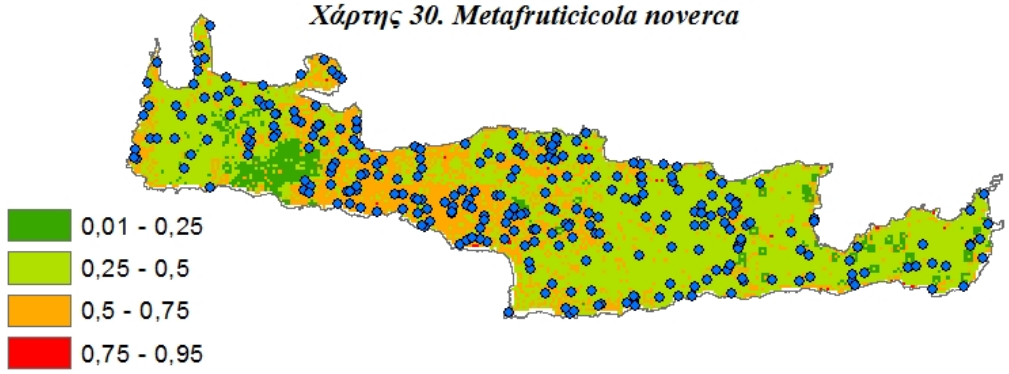
Χάρτης 28. Metafruticicola lectus



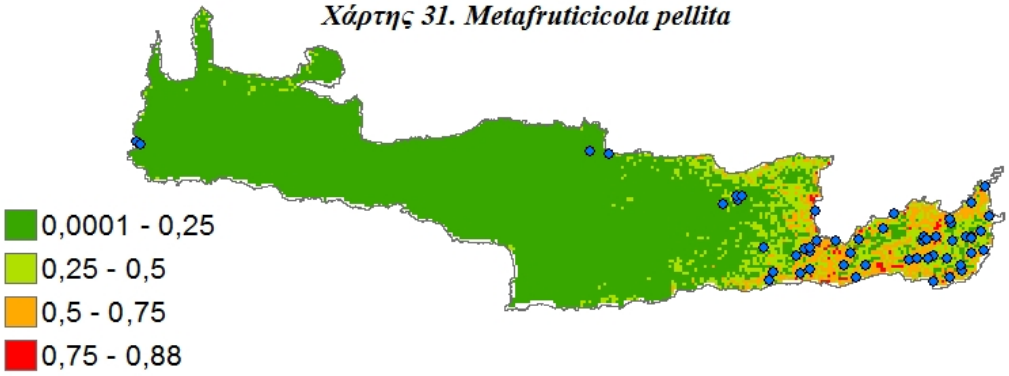
Χάρτης 29. Metafruticicola nicosianus



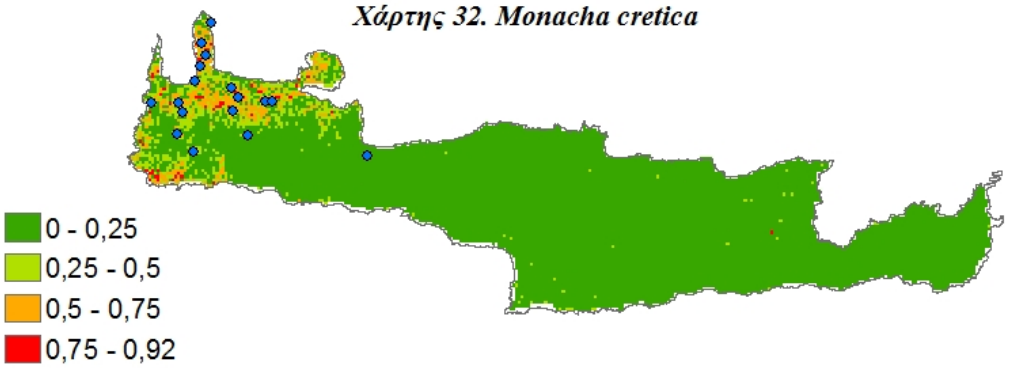
Χάρτης 30. Metafruticicola noverca



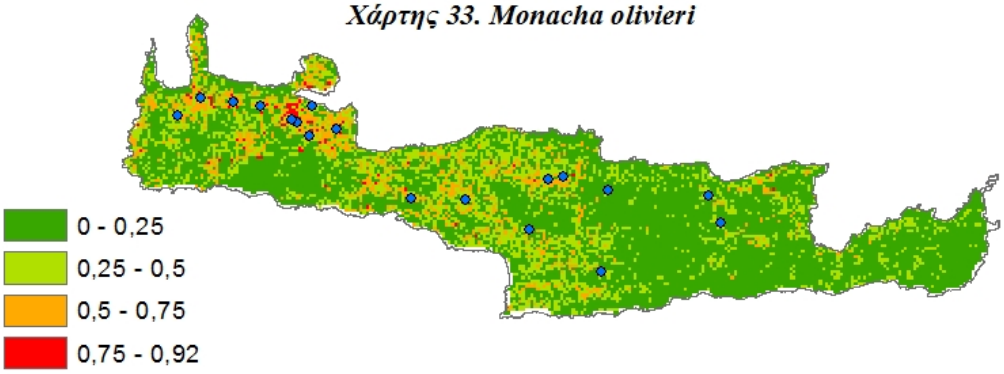
Χάρτης 31. Metafruticicola pellita



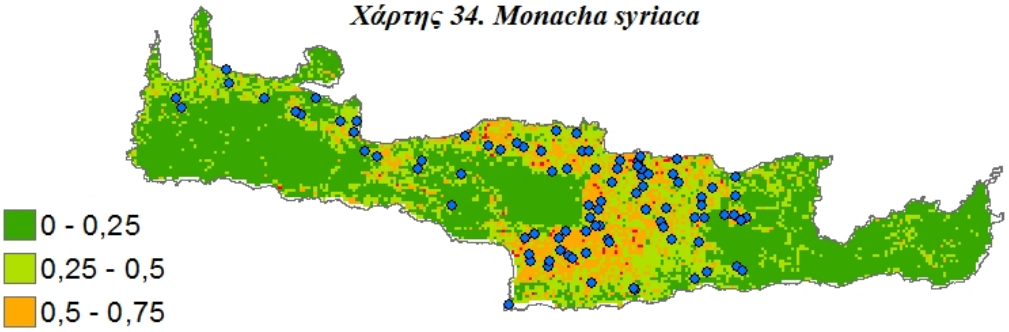
Χάρτης 32. Monacha cretica



Χάρτης 33. Monacha olivieri

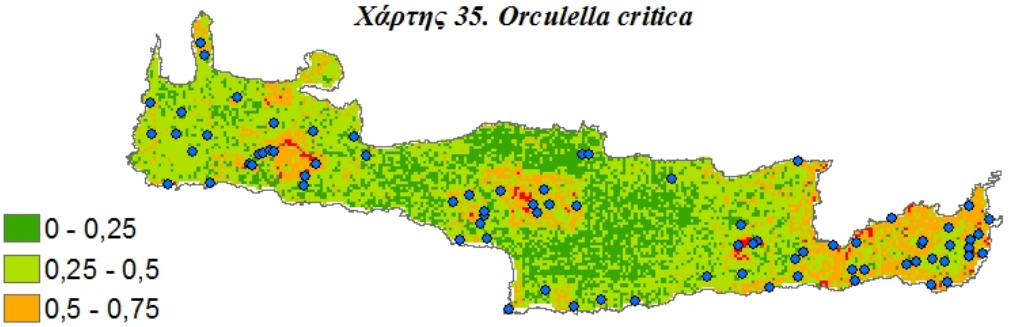


Χάρτης 34. Monacha syriaca



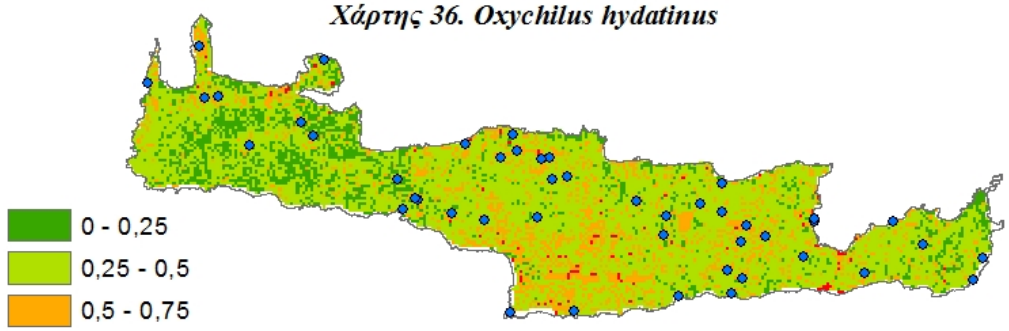
0 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 0,75
0,75 - 0,94

Χάρτης 35. Orculella critica



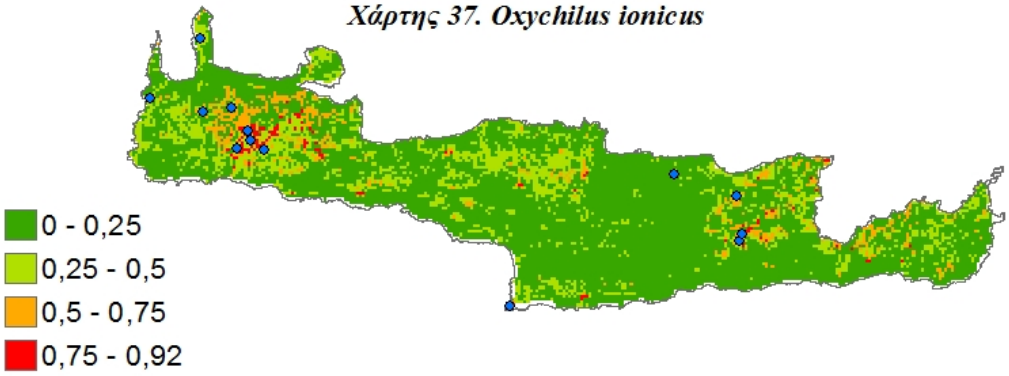
0 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 0,75
0,75 - 0,93

Χάρτης 36. Oxychilus hydatinus

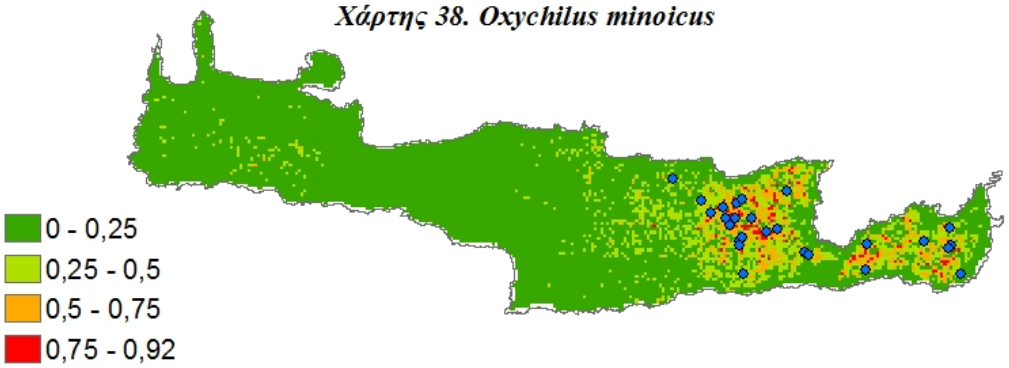


0 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 0,75
0,75 - 0,95

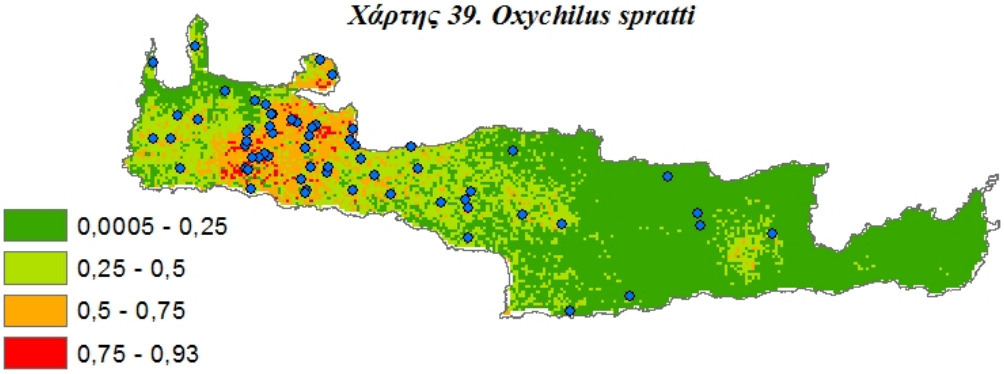
Χάρτης 37. Oxychilus ionicus



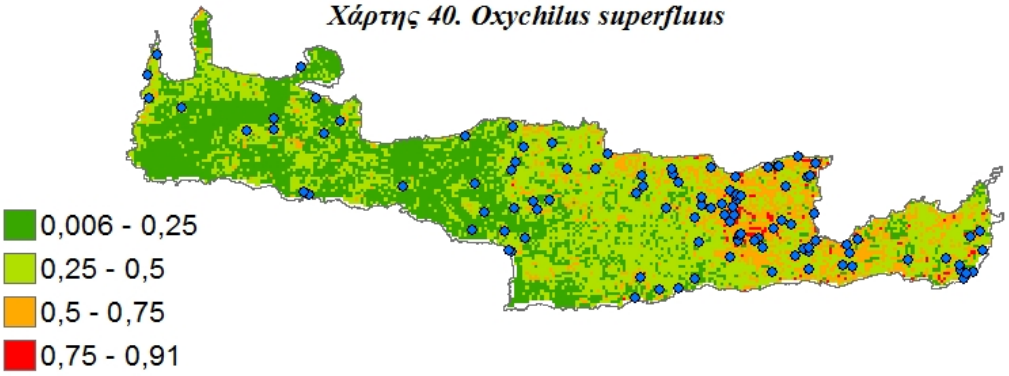
Χάρτης 38. Oxychilus minoicus



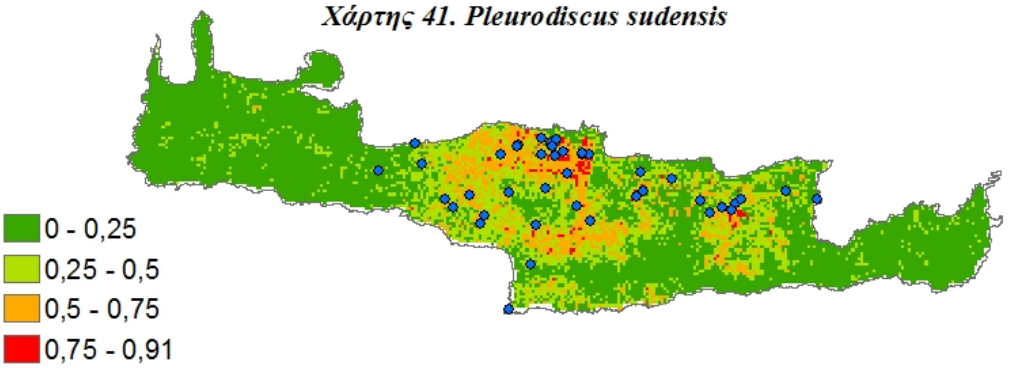
Χάρτης 39. Oxychilus spratti



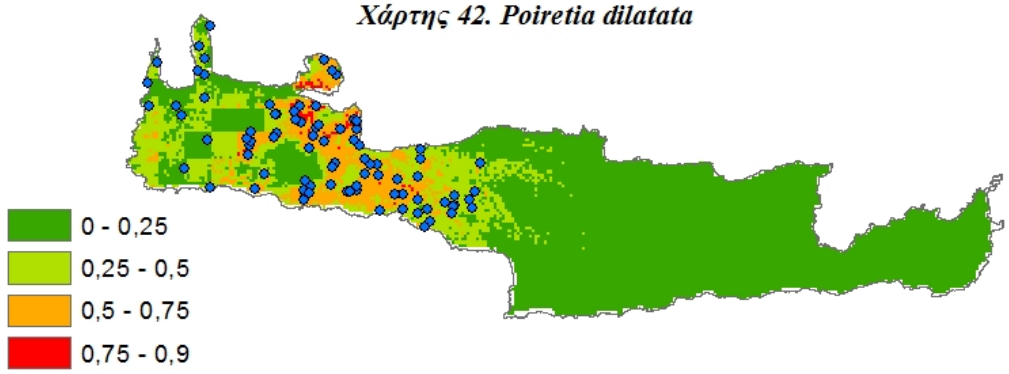
Χάρτης 40. Oxychilus superfluus



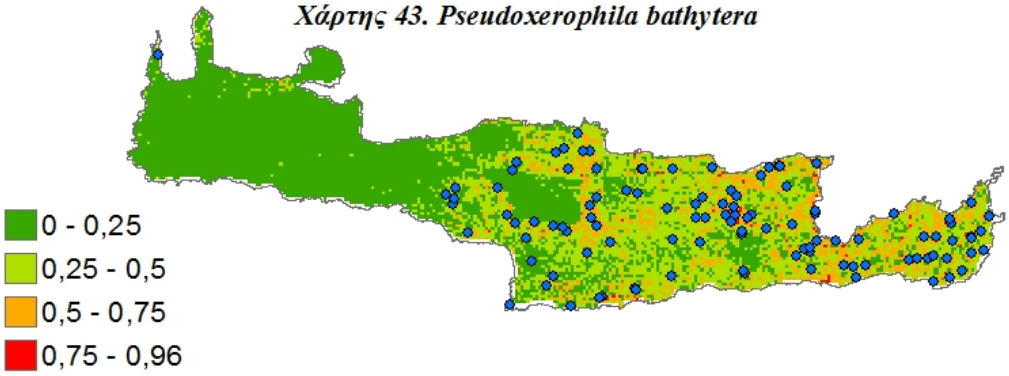
Χάρτης 41. Pleurodiscus sudensis



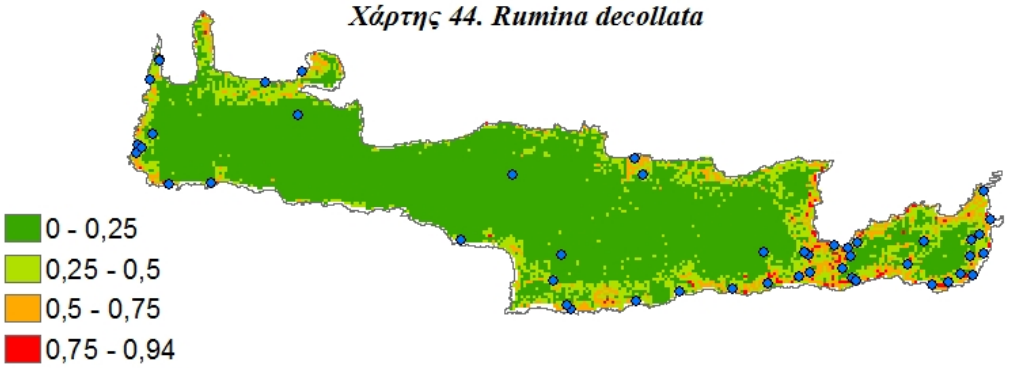
Χάρτης 42. Poiretia dilatata



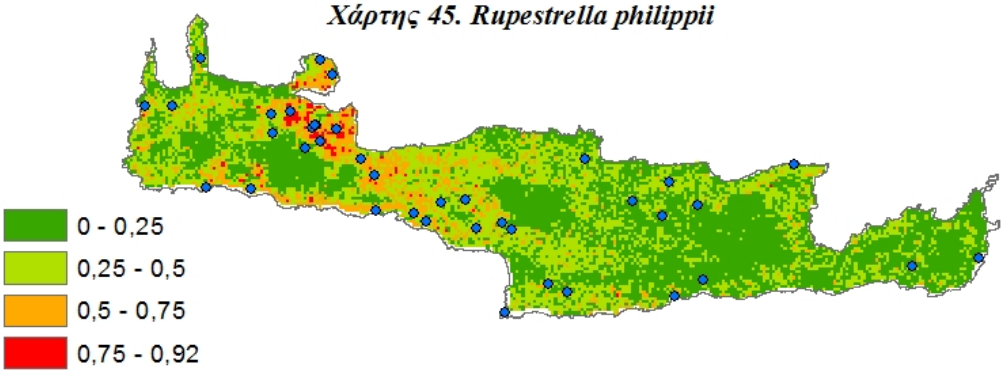
Χάρτης 43. Pseudoxerophila bathytera



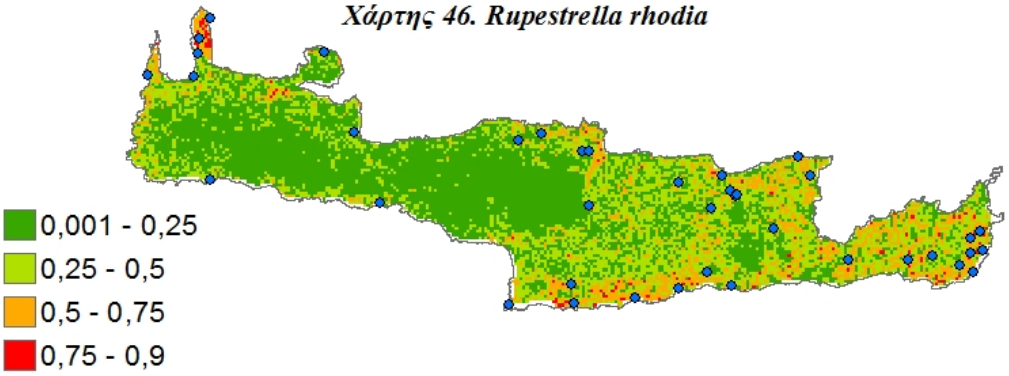
Χάρτης 44. Rumina decollata



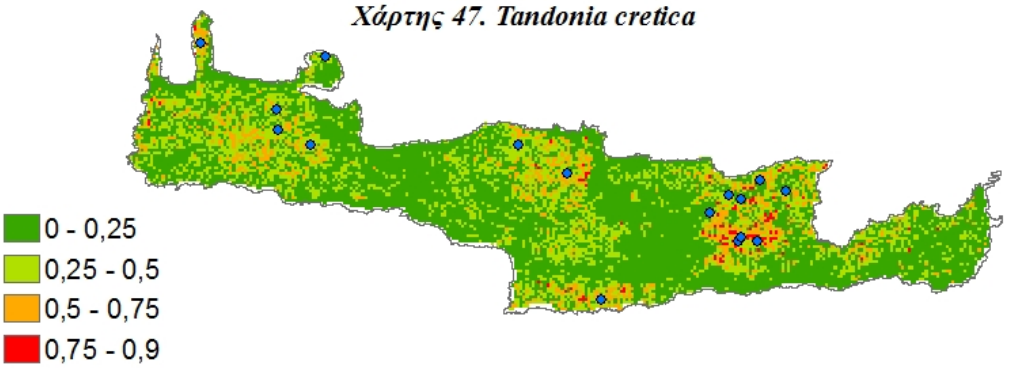
Χάρτης 45. Rupestrella philippii



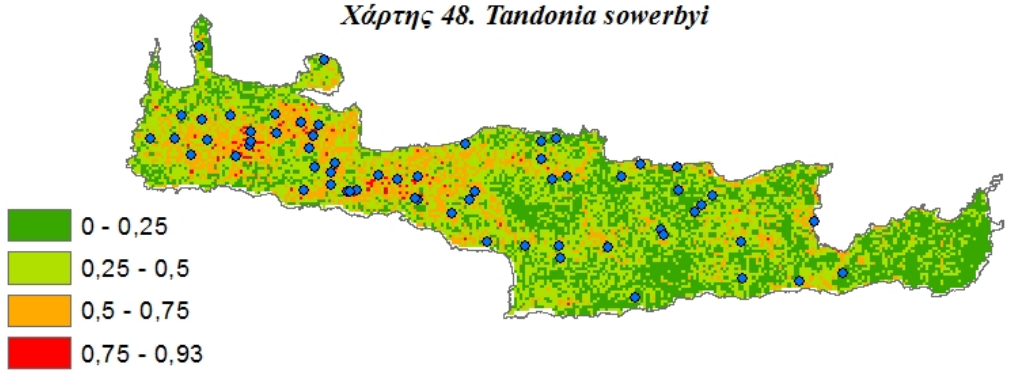
Χάρτης 46. Rupestrella rhodia



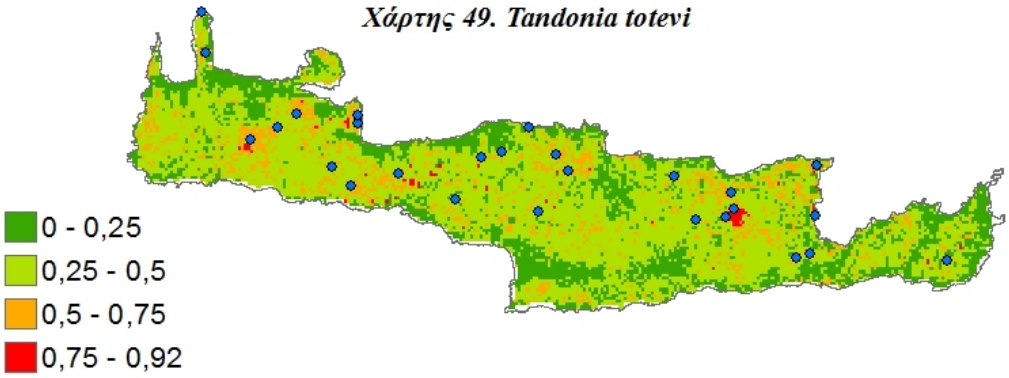
Χάρτης 47. Tandonia cretica



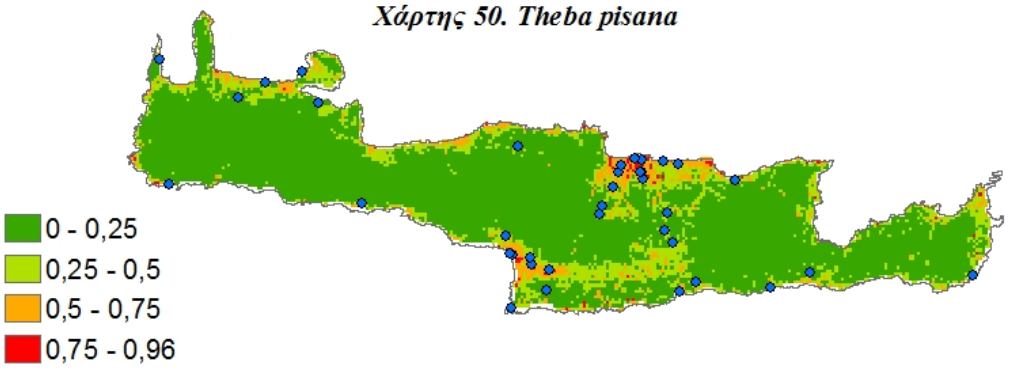
Χάρτης 48. Tandonia sowerbyi



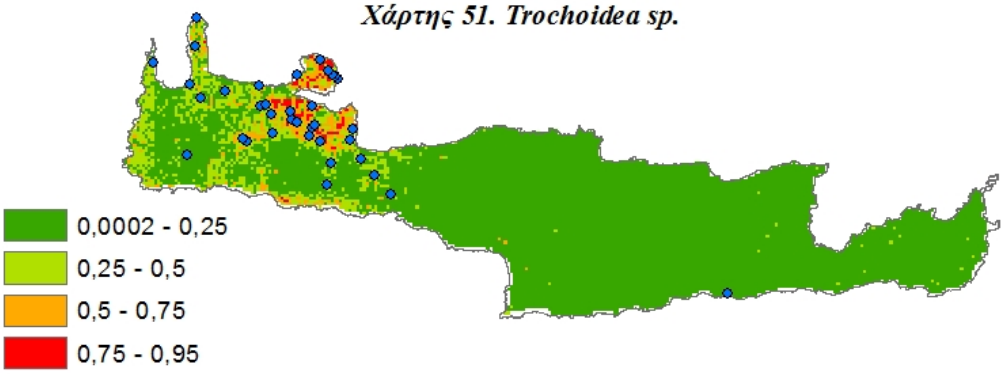
Χάρτης 49. Tandonia totevi



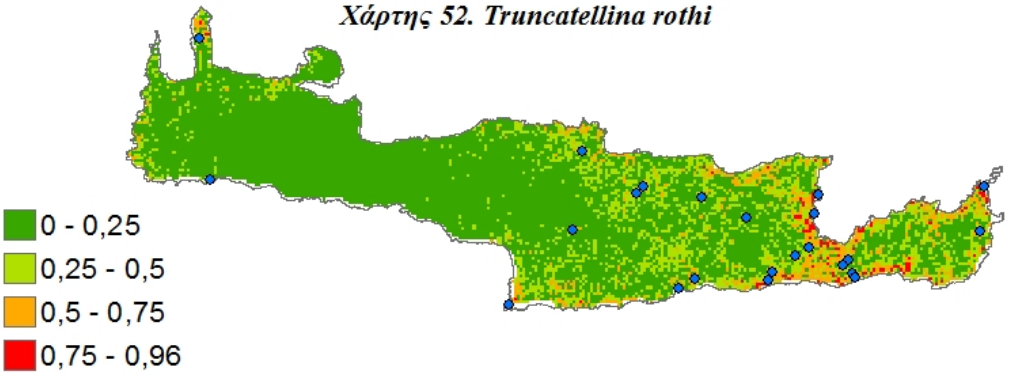
Χάρτης 50. Theba pisana



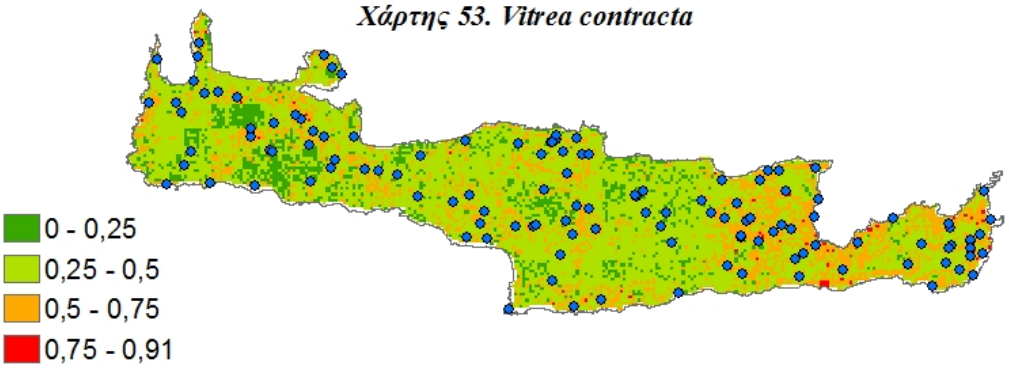
Χάρτης 51. Trochoidea sp.



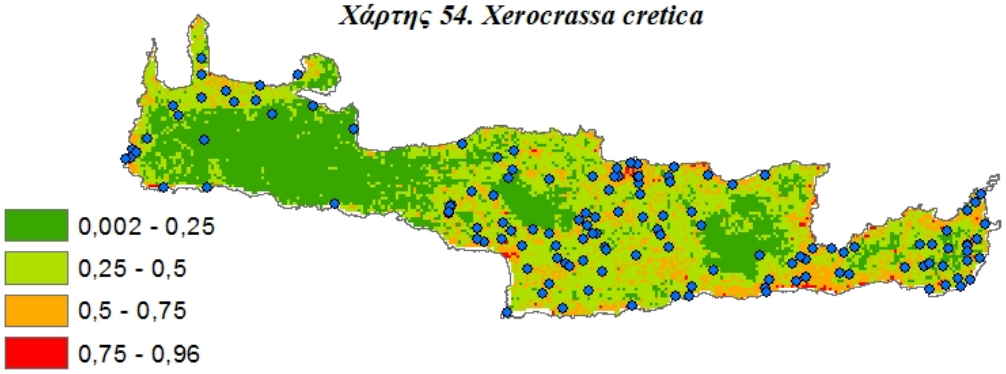
Χάρτης 52. Truncatellina rothi



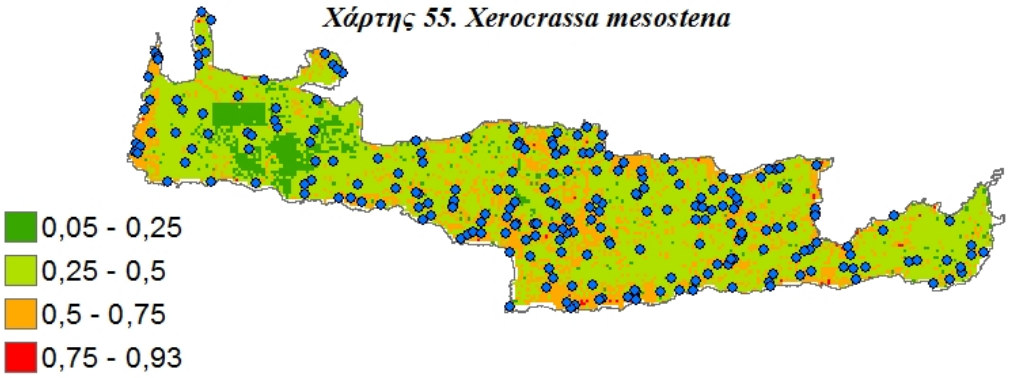
Χάρτης 53. Vitrea contracta



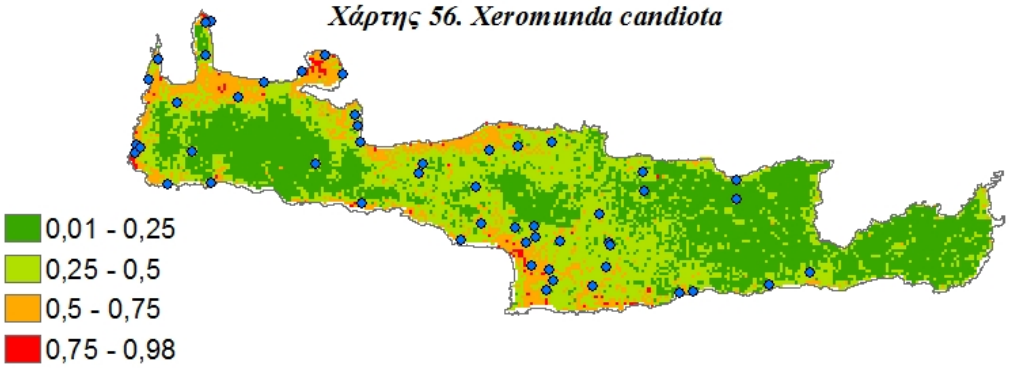
Χάρτης 54. Xerocrassa cretica



Χάρτης 55. Xerocrassa mesostena

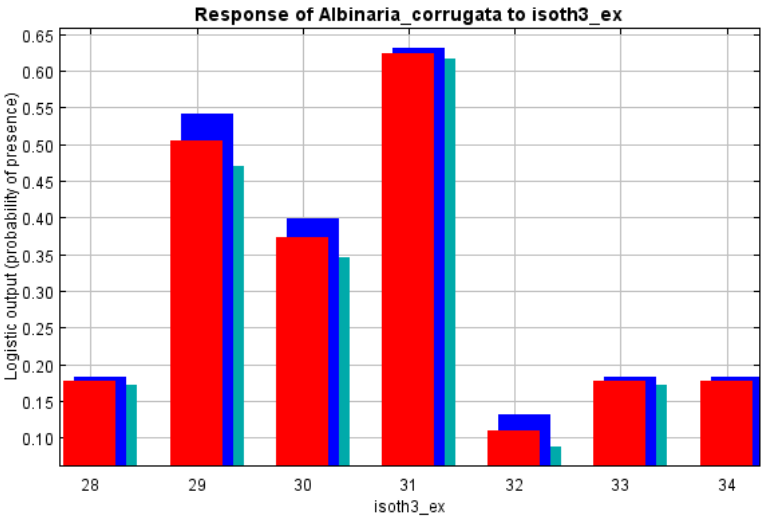


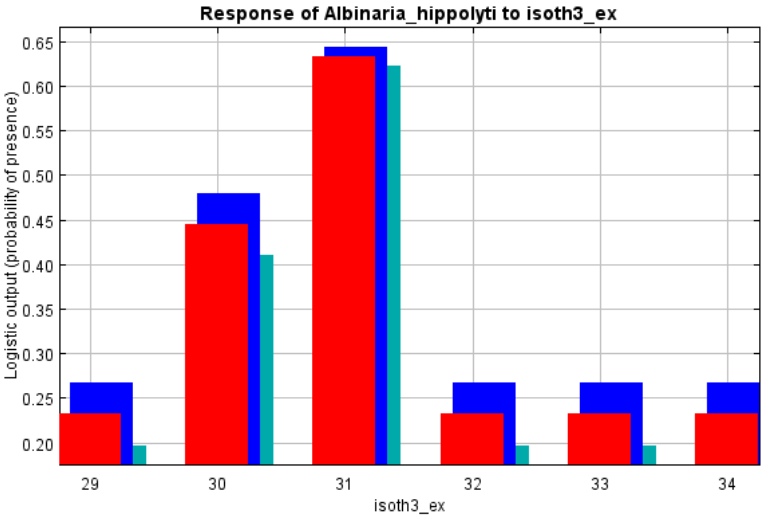
Χάρτης 56. Xeromunda candiota

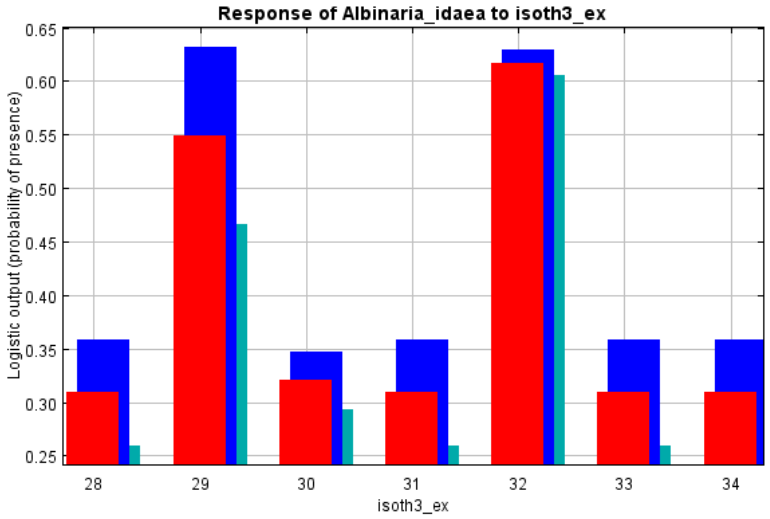


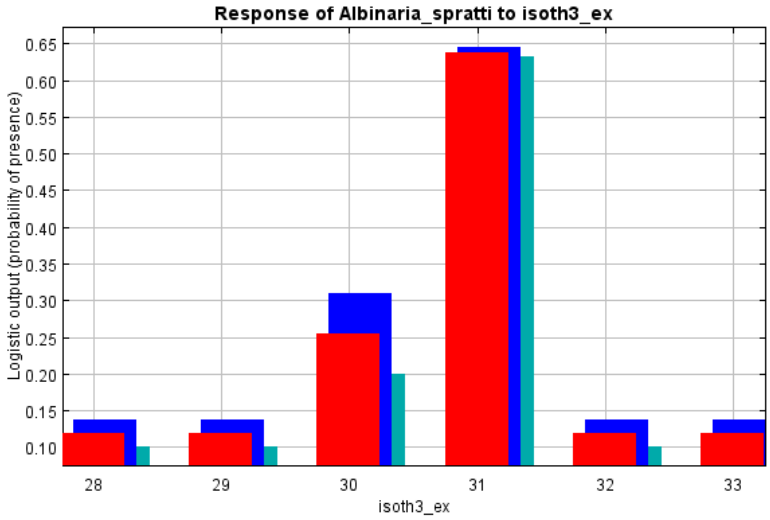
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ C. ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΕΙΣΦΕΡΟΥΝ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΕΝΤΡΟΠΙΑΣ

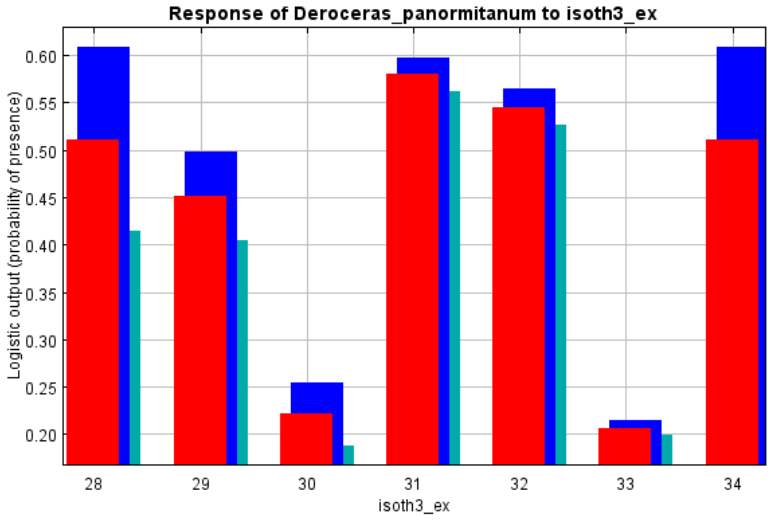
Ισοθερμικότητα

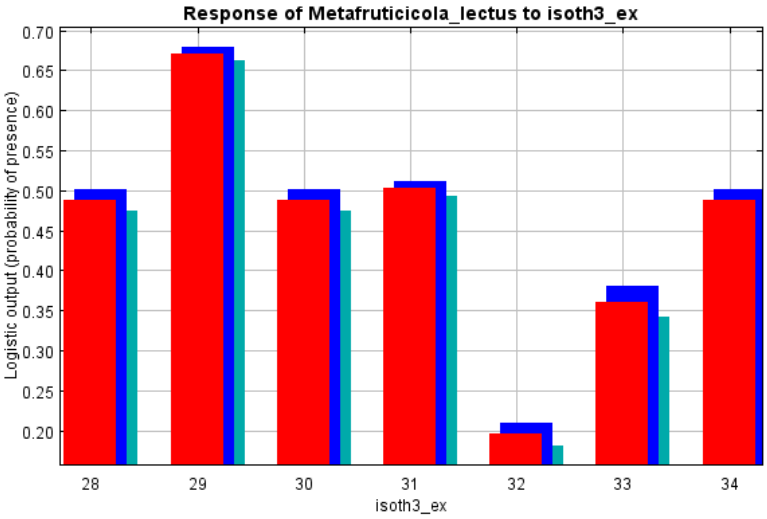


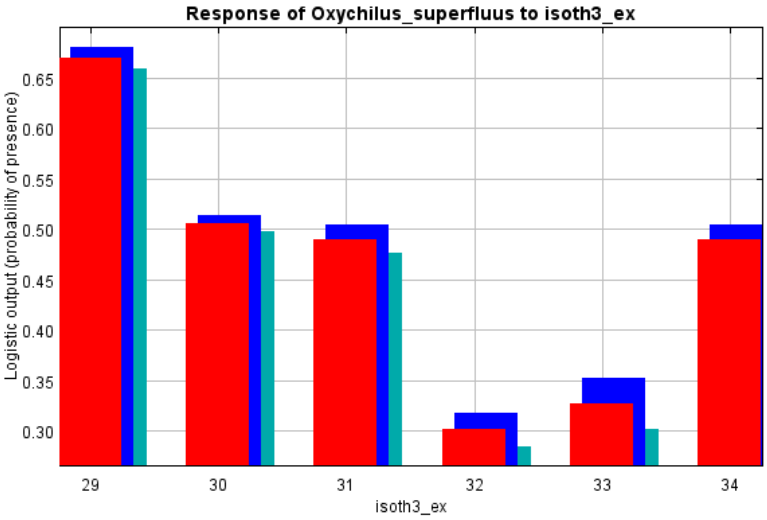


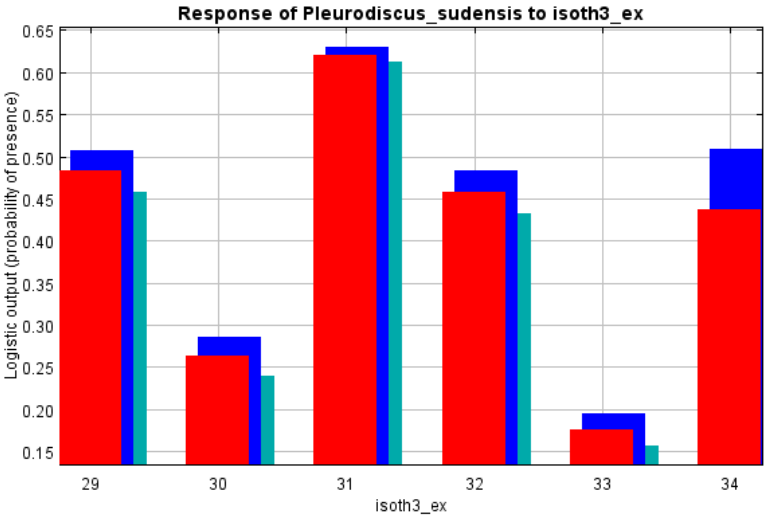

Response of Albinaria_idaea to isoth3_ex
Logistic output (probability of presence)
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
28
29
30
31
32
33
34
isoth3_ex

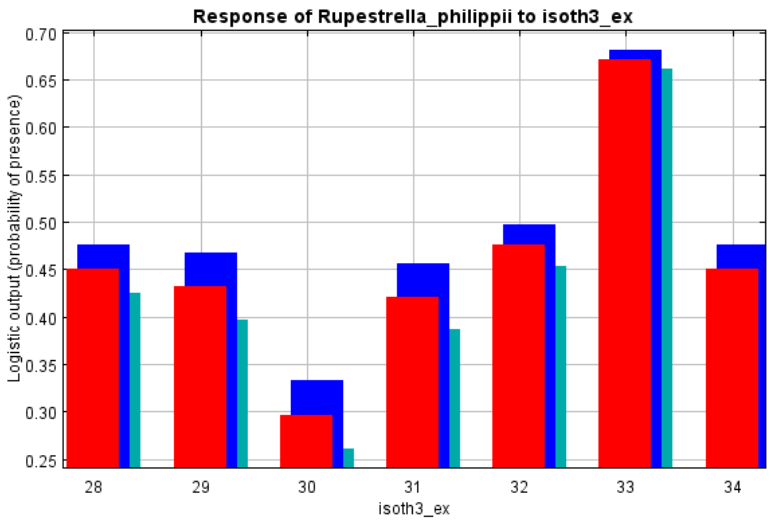

Response of Albinaria_spratti to isoth3_ex
Logistic output (probability of presence)
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
28
29
30
31
32
33
isoth3_ex

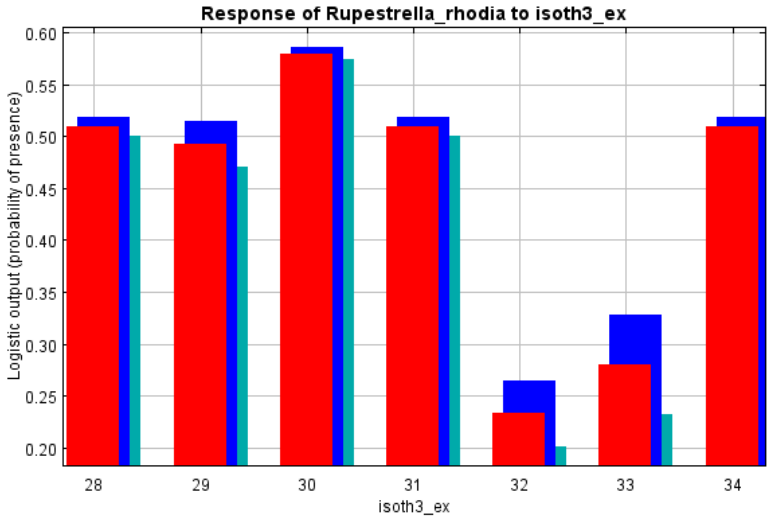

Response of Deroceras_panormitanum to isoth3_ex
Logistic output (probability of presence)
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
28
29
30
31
32
33
34
isoth3_ex

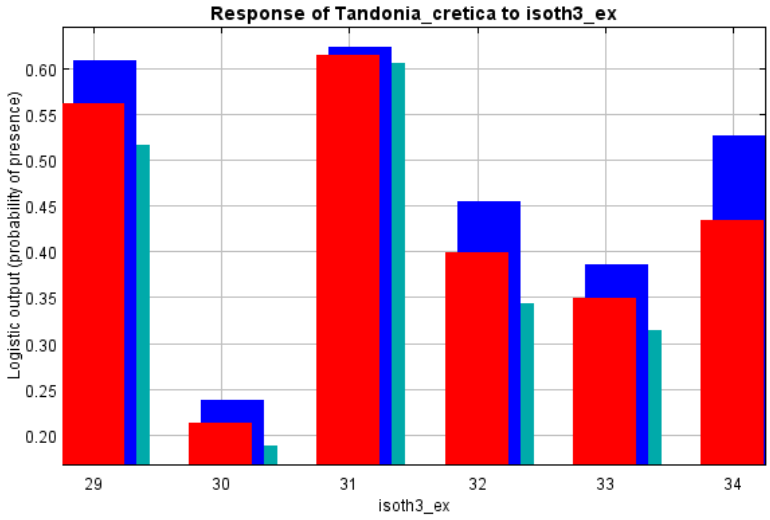

Response of Metafruticicola_lectus to isoth3_ex
Logistic output (probability of presence)
0.70
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
28
29
30
31
32
33
34
isoth3_ex


Response of Oxychilus_superfluus to isoth3_ex
Logistic output (probability of presence)
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
29
30
31
32
33
34
isoth3_ex

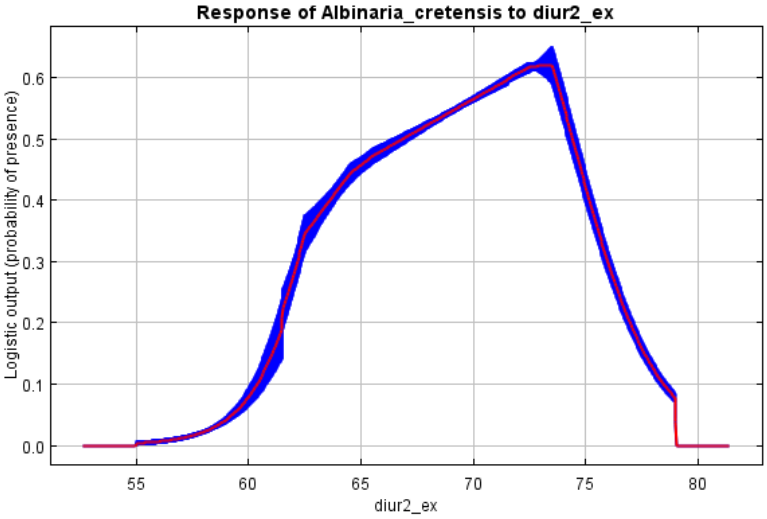

Response of Pleurodiscus_sudensis to isoth3_ex
Logistic output (probability of presence)
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
29
30
31
32
33
34
isoth3_ex

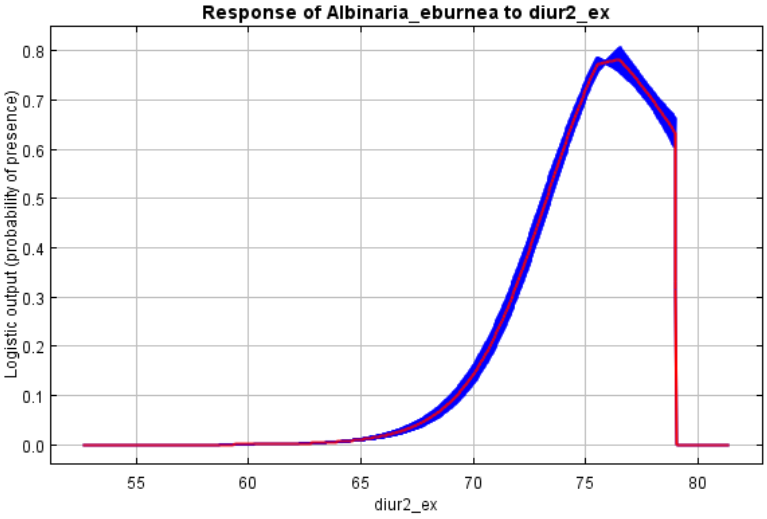

Response of Rupestrella_philippii to isoth3_ex
Logistic output (probability of presence)
0.70
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
28
29
30
31
32
33
34
isoth3_ex

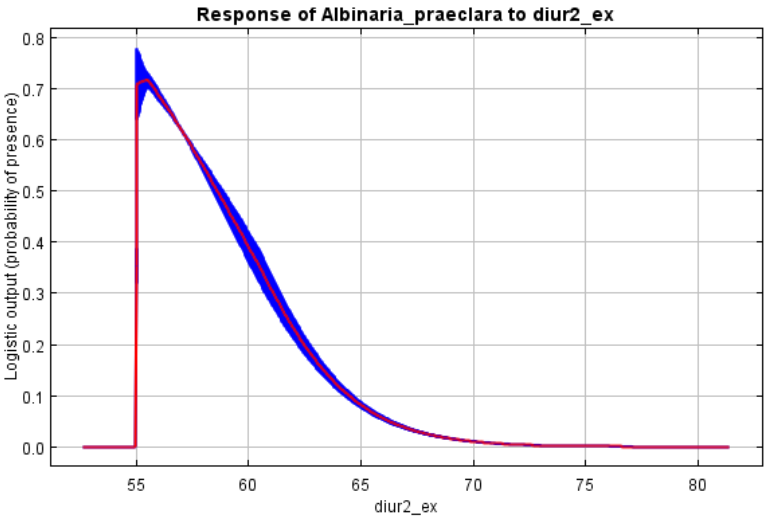

Response of Rupestrella_rhodia to isoth3_ex
Logistic output (probability of presence)
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
28
29
30
31
32
33
34
isoth3_ex

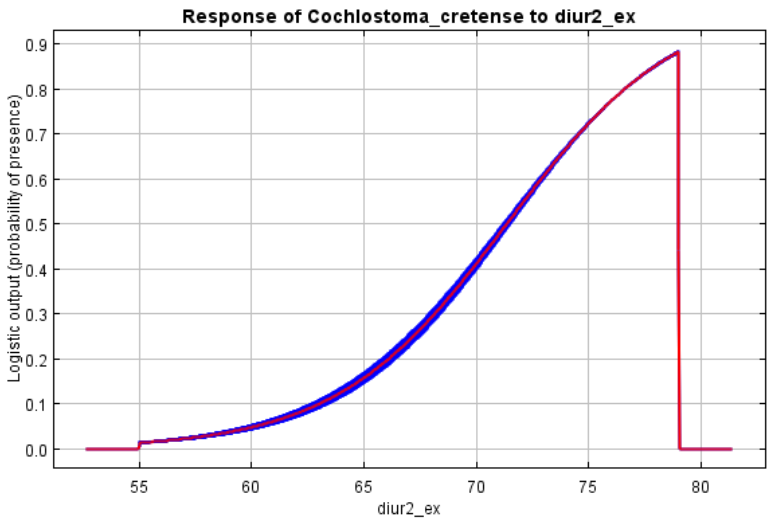

Response of Tandonia_cretica to isoth3_ex
Logistic output (probability of presence)
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
29
30
31
32
33
34
isoth3_ex

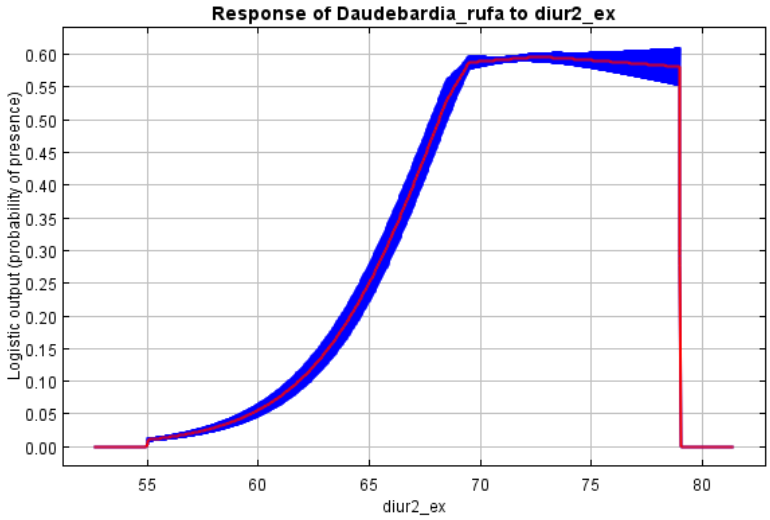
Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας

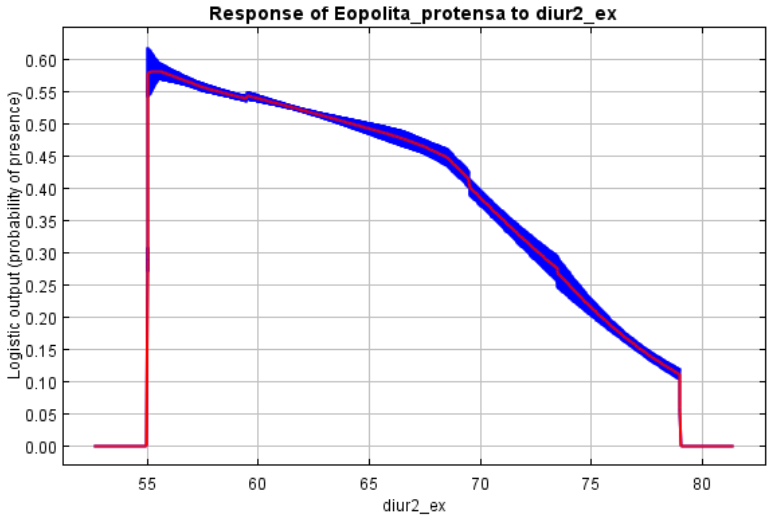


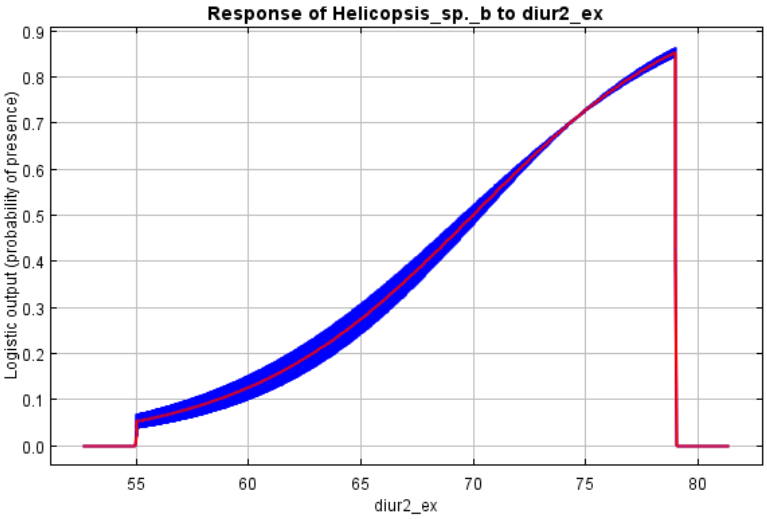


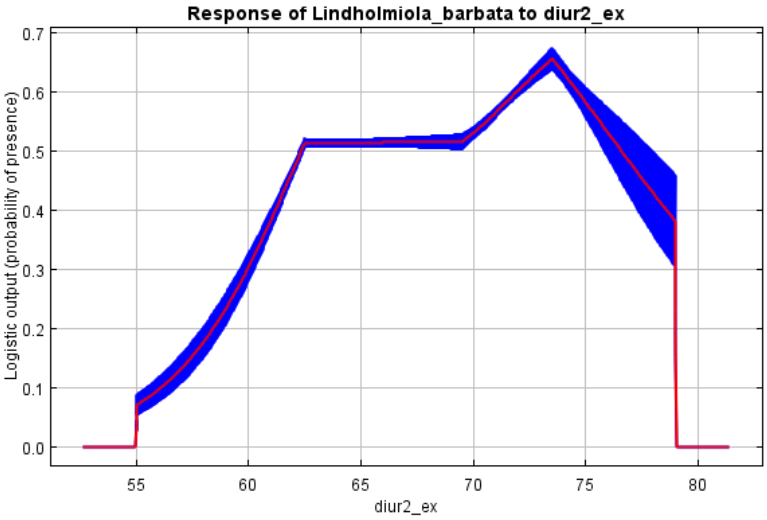


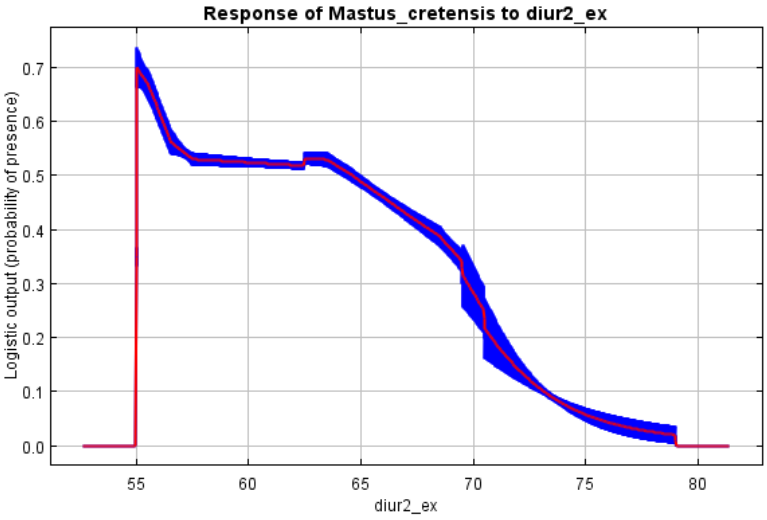

Response of Cochlostoma_cretense to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
55
60
65
70
75
80
diur2_ex

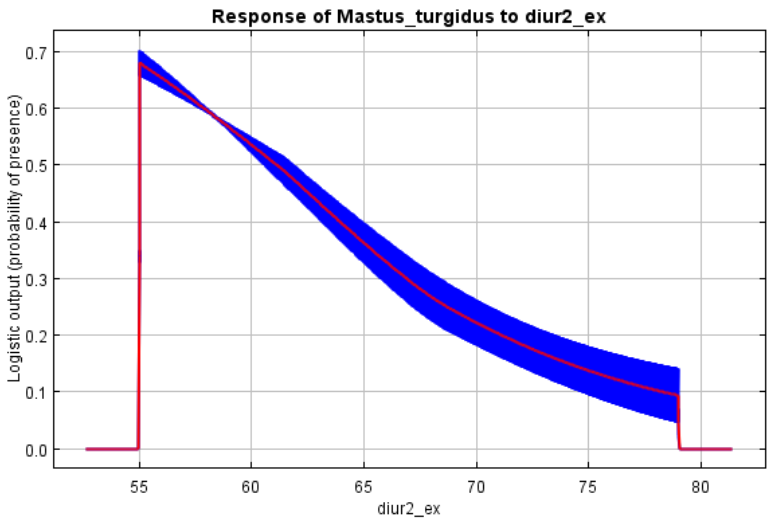

Response of Daudebardia_rufa to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.00
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
0.40
0.45
0.50
0.55
0.60
55
60
65
70
75
80
diur2_ex

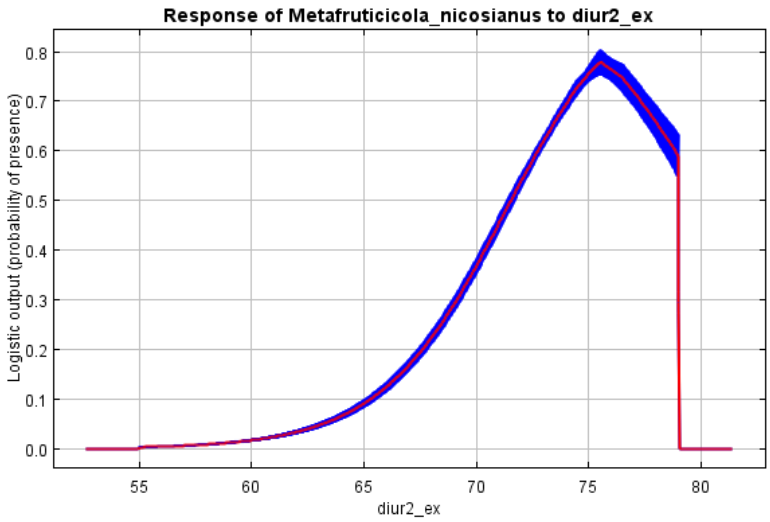

Response of Eopolita_protensa to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.00
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
0.40
0.45
0.50
0.55
0.60
55
60
65
70
75
80
diur2_ex


Response of Helicopsis_sp._b to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
55
60
65
70
75
80
diur2_ex

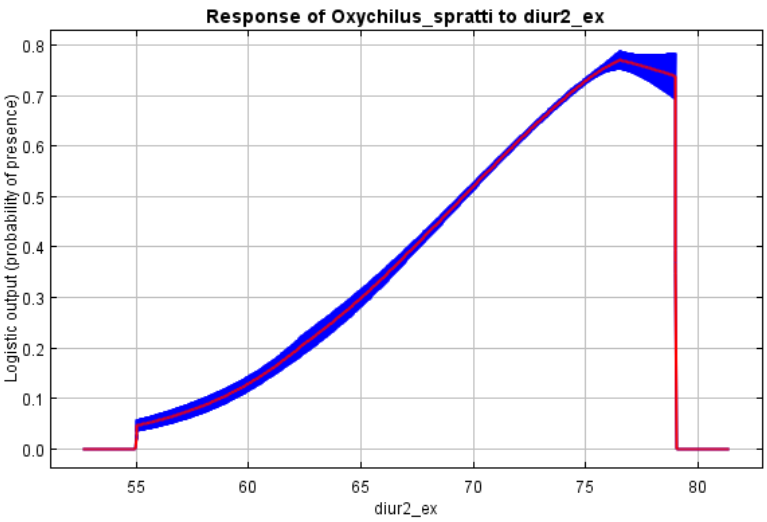

Response of Lindholmiola_barbata to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
55
60
65
70
75
80
diur2_ex

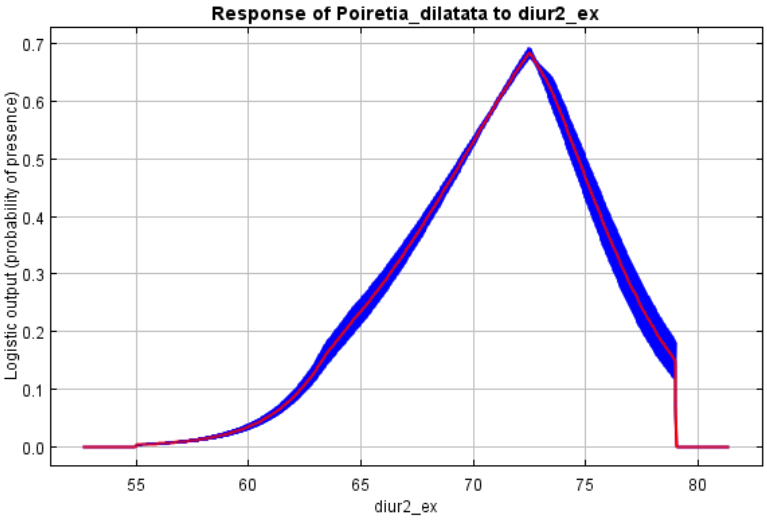

Response of Mastus_cretensis to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
55
60
65
70
75
80
diur2_ex

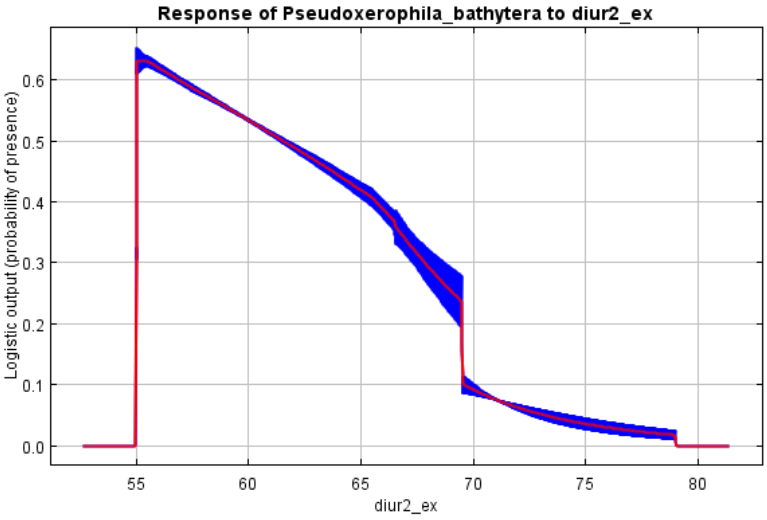

Response of Mastus_turgidus to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
55
60
65
70
75
80
diur2_ex

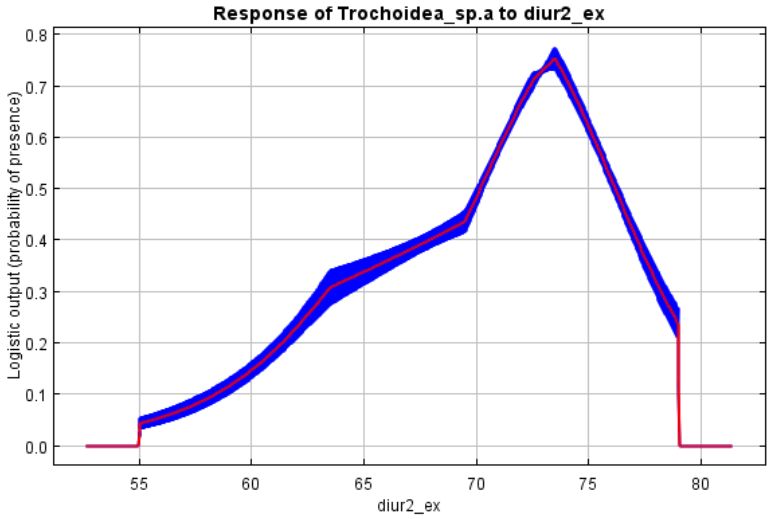

Response of Metafruticicola_nicosianus to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
55
60
65
70
75
80
diur2_ex

Response of Monacha_cretica to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
55
60
65
70
75
80
diur2_ex

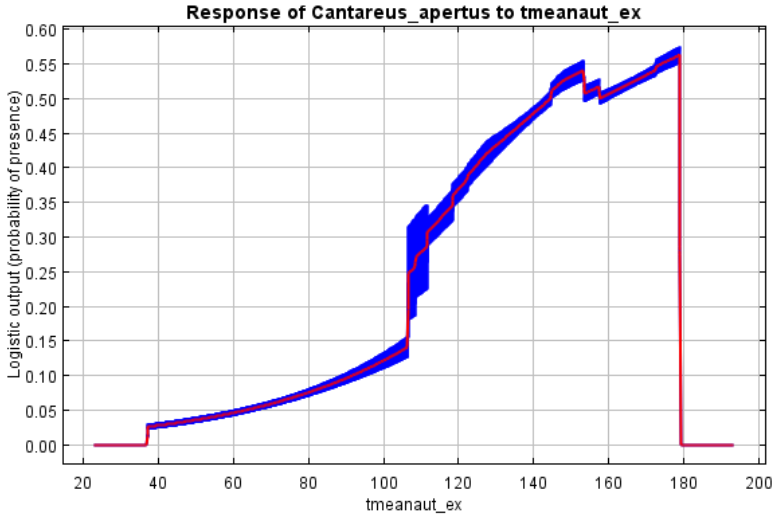

Response of Oxychilus_spratti to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
55
60
65
70
75
80
diur2_ex

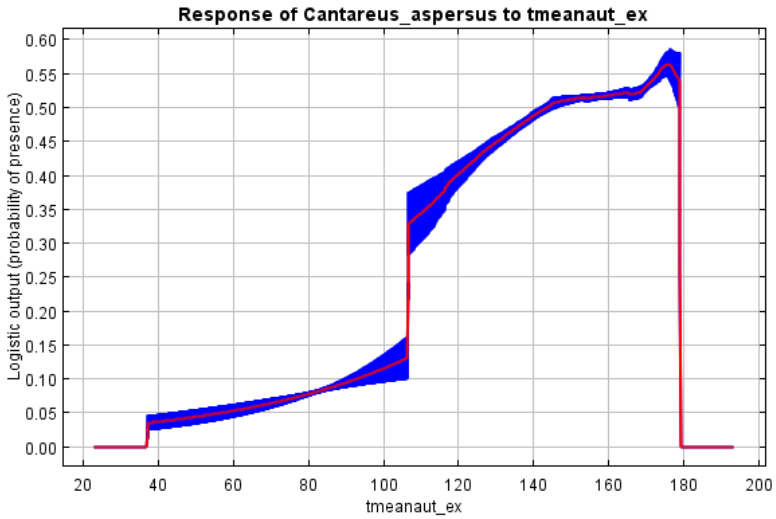

Response of Poiretia_dilatata to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
55
60
65
70
75
80
diur2_ex

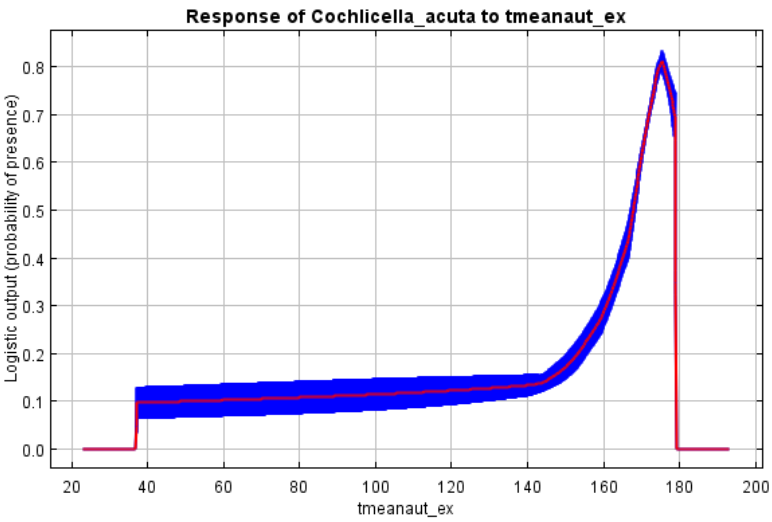

Response of Pseudoxerophila_bathytera to diur2_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
55
60
65
70
75
80
diur2_ex

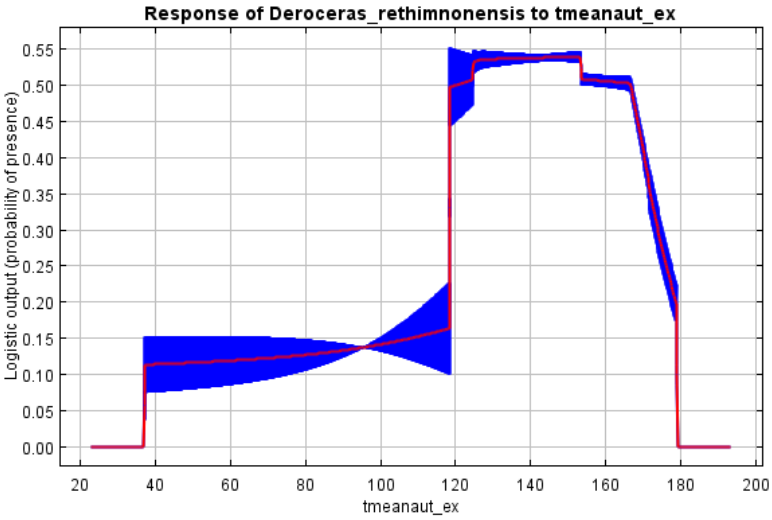


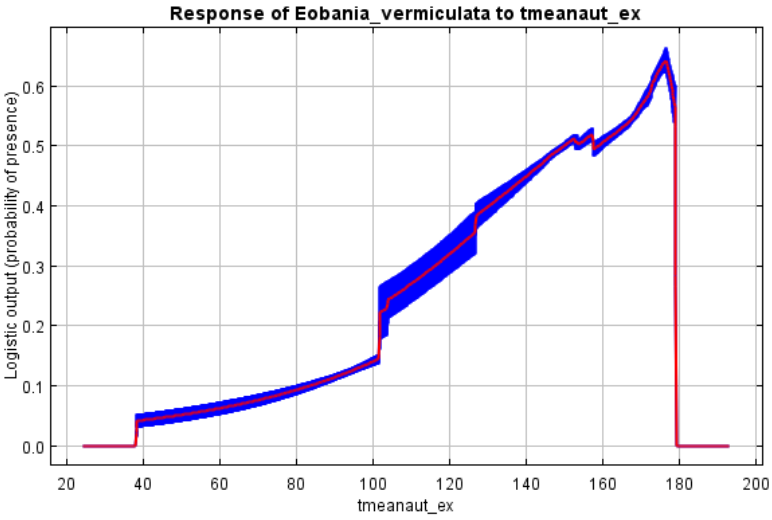
Μέση θερμοκρασία του φθινοπώρου

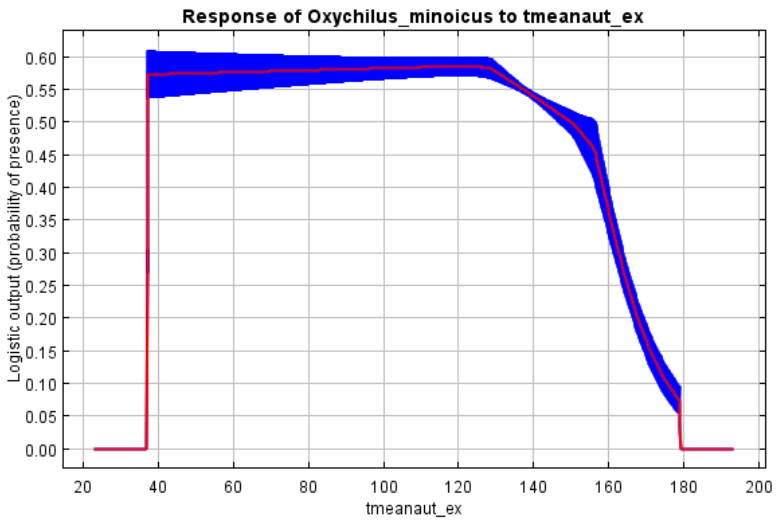


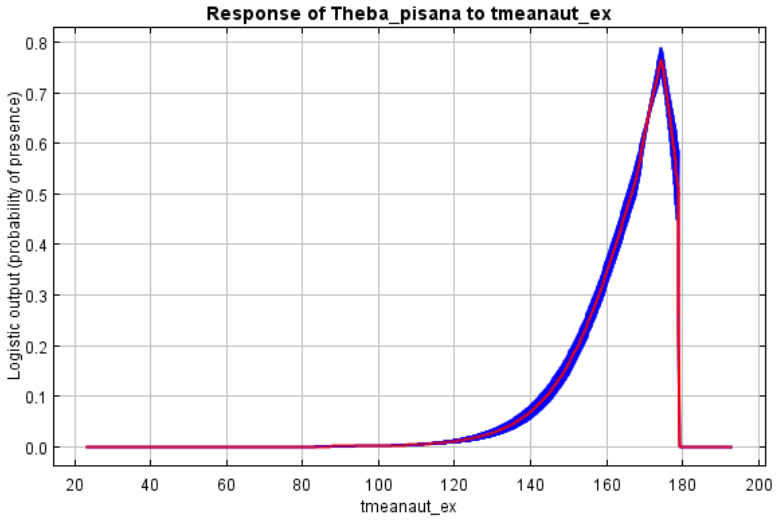


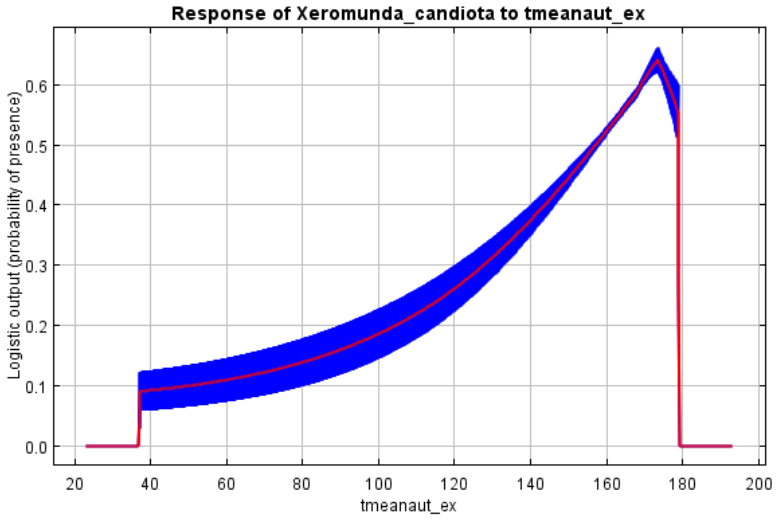

Response of Cochlicella_acuta to tmeanaut_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
tmeanaut_ex


Response of Deroceras_rethimnonensis to tmeanaut_ex
Logistic output (probability of presence)
0.00
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
0.40
0.45
0.50
0.55
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
tmeanaut_ex

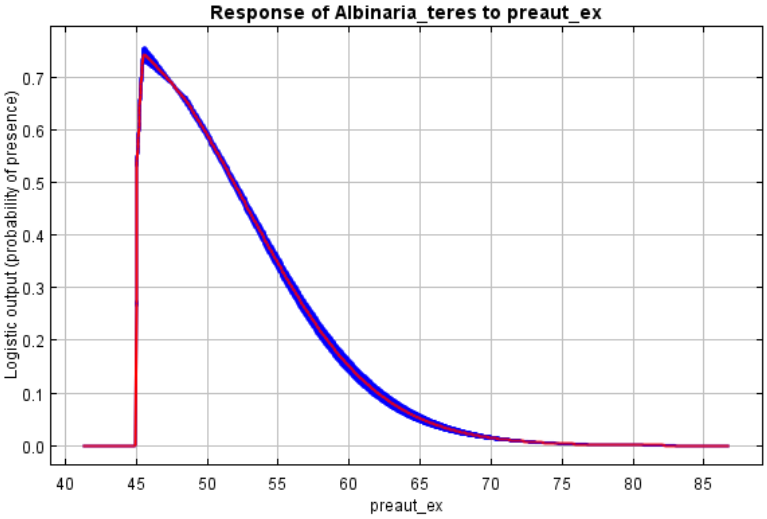

Response of Eobania_vermiculata to tmeanaut_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
tmeanaut_ex

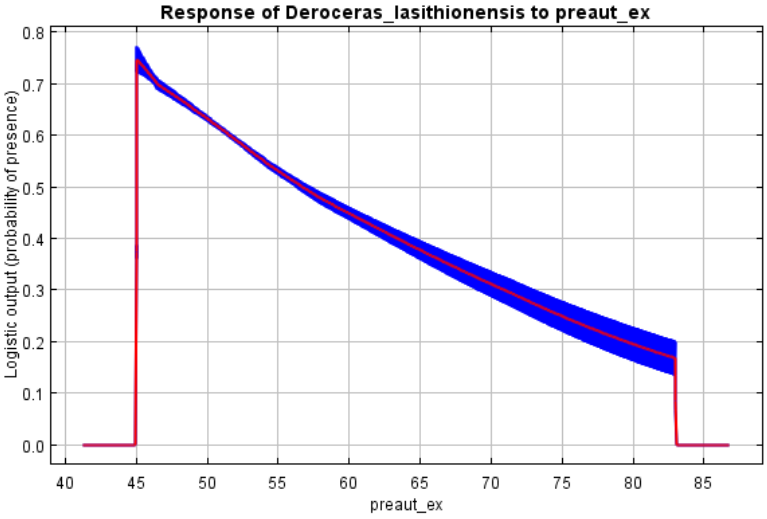

Response of Oxychilus_minoicus to tmeanaut_ex
Logistic output (probability of presence)
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
tmeanaut_ex

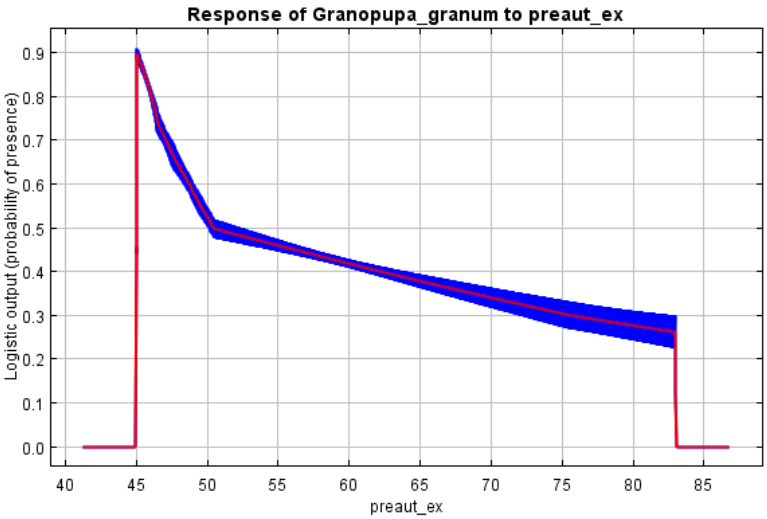

Response of Theba_pisana to tmeanaut_ex
Logistic output (probability of presence)
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
tmeanaut_ex

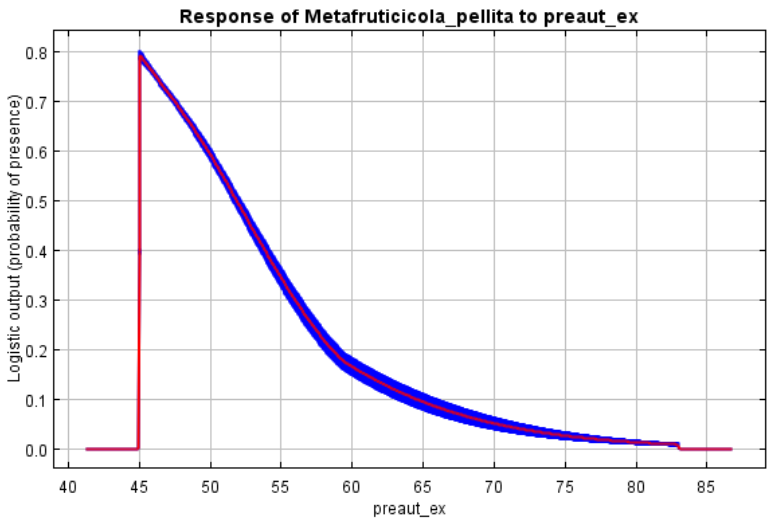

Response of Xeromunda_candiota to tmeanaut_ex
Logistic output (probability of presence)
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
tmeanaut_ex

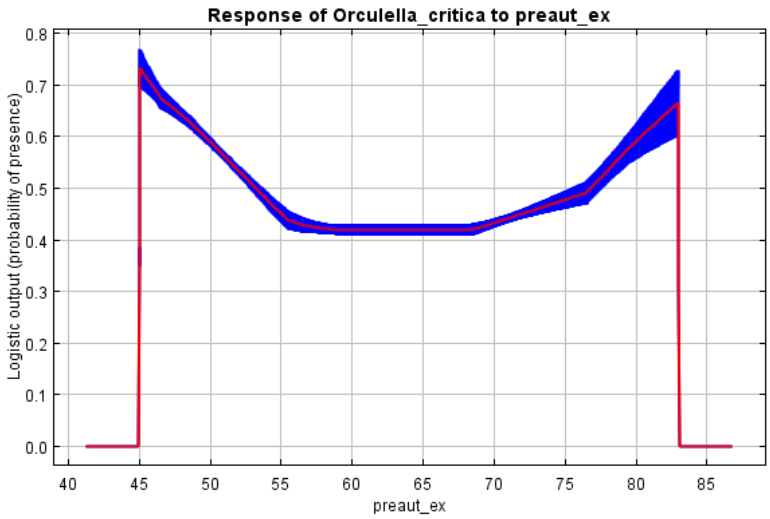
Μέση βροχόπτωση του φθινοπώρου

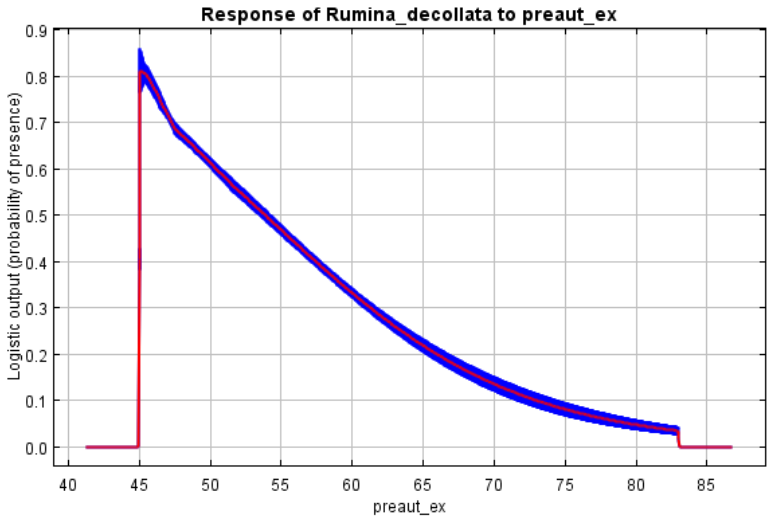


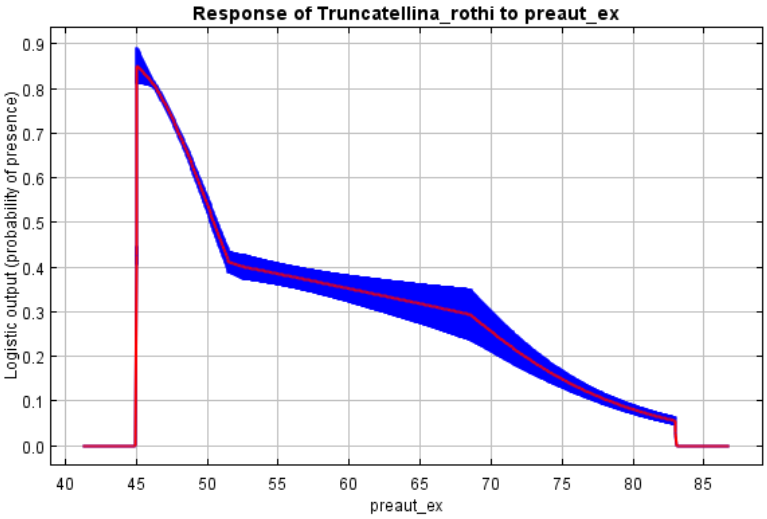




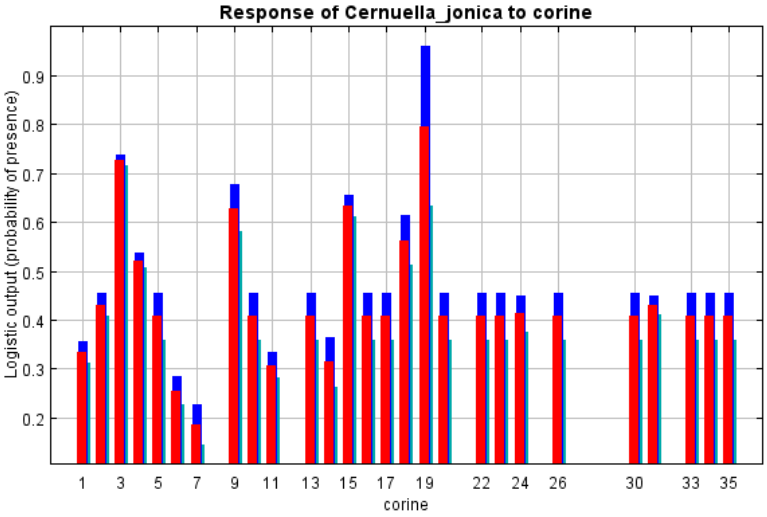

Response of Metafruticicola_pellita to preaut_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
preaut_ex

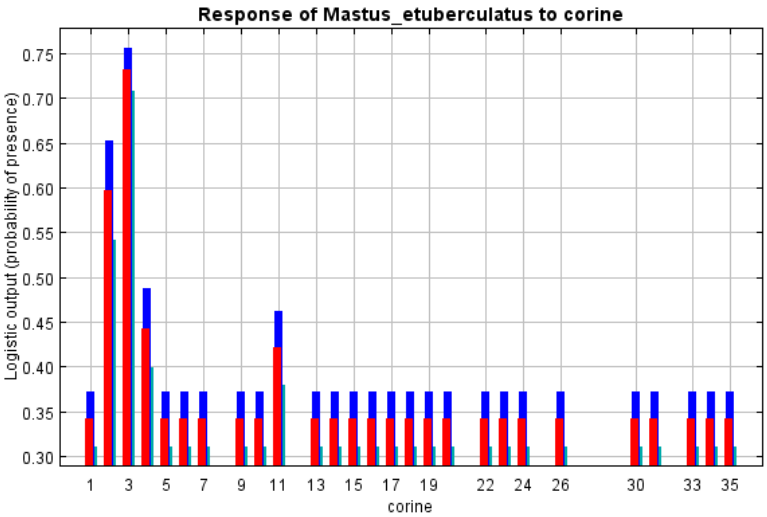

Response of Orculella_critica to preaut_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
preaut_ex

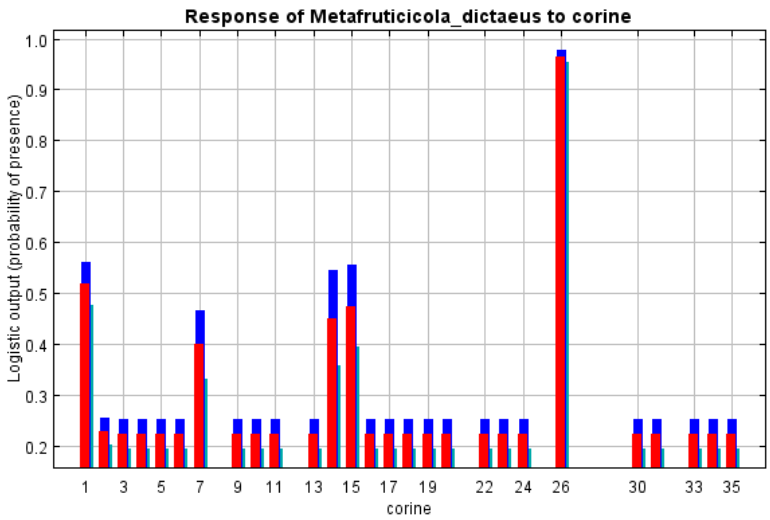

Response of Rumina_decollata to preaut_ex
Logistic output (probability of presence)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
preaut_ex

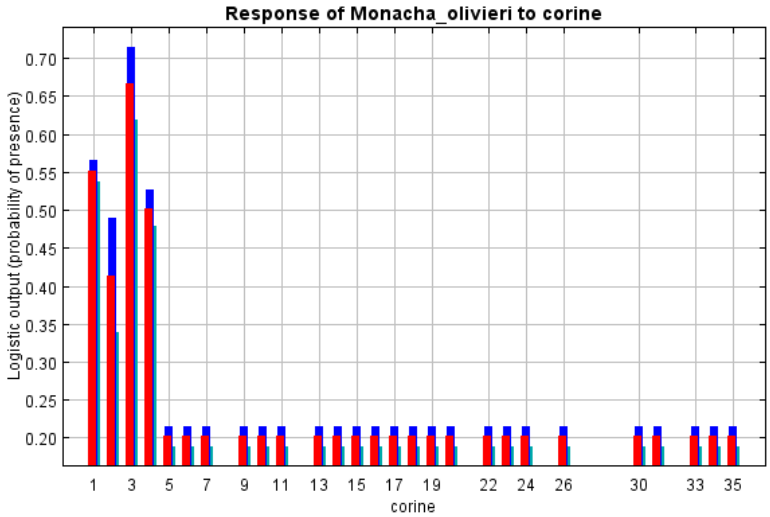

Response of Truncatellina_rothi to preaut_ex
Logistic output (probability of presence)
preaut_ex

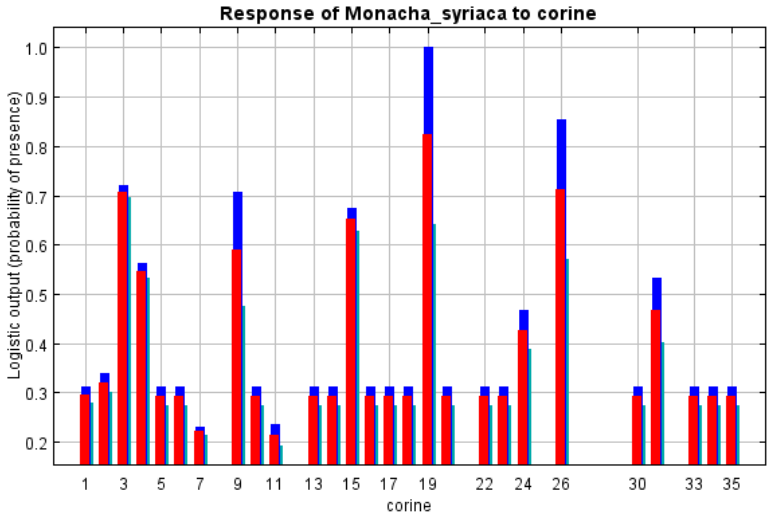
CORINE2000

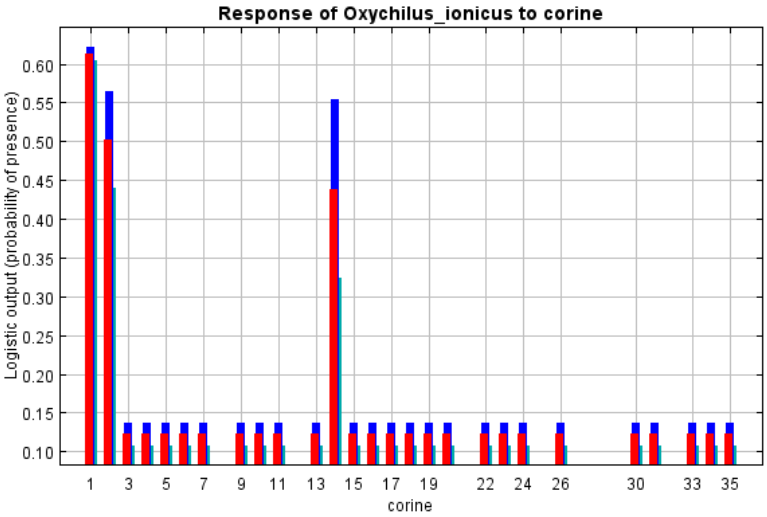

Response of Cernuella_jonica to corine
Logistic output (probability of presence)
corine

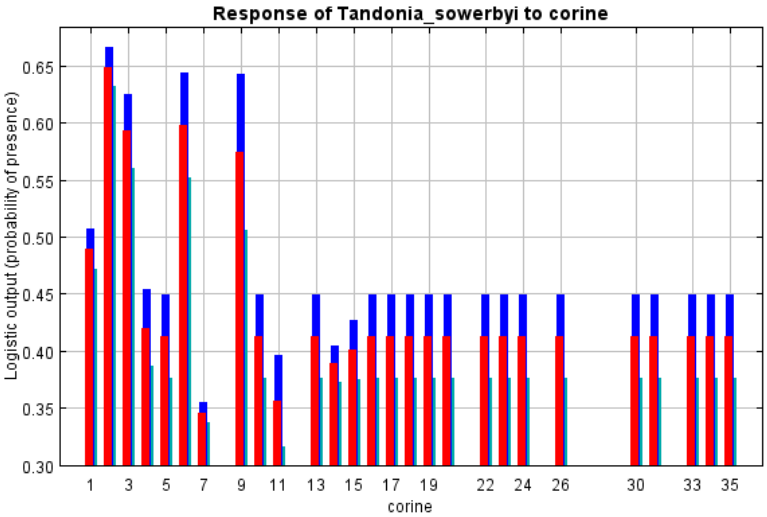

Response of Mastus_etuberculatus to corine
Logistic output (probability of presence)
corine

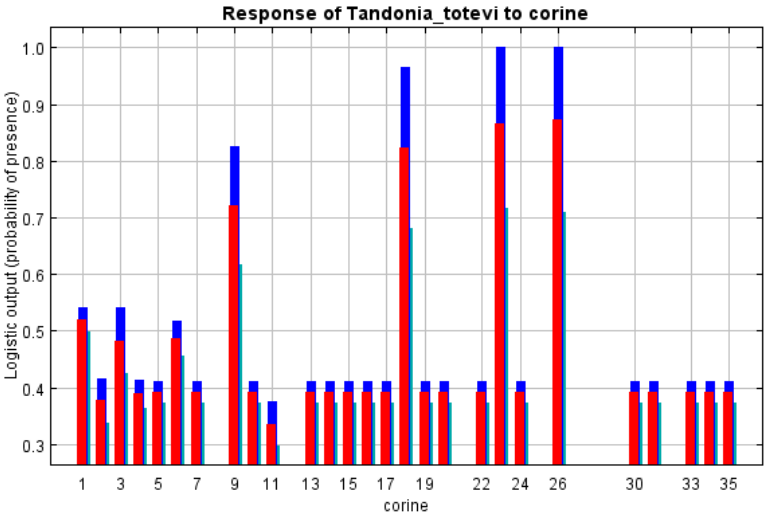

Response of Metafruticicola_dictaeus to corine
Logistic output (probability of presence)
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 22 24 26 30 33 35
corine

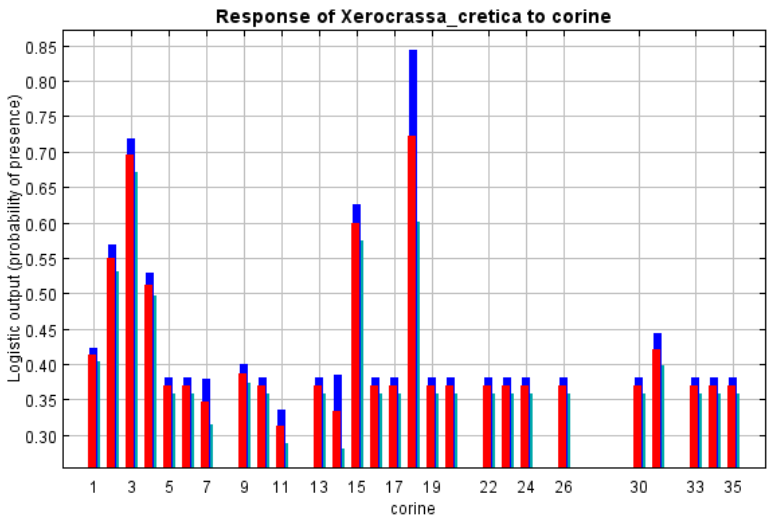

Response of Monacha_olivieri to corine
Logistic output (probability of presence)
0.70
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 22 24 26 30 33 35
corine

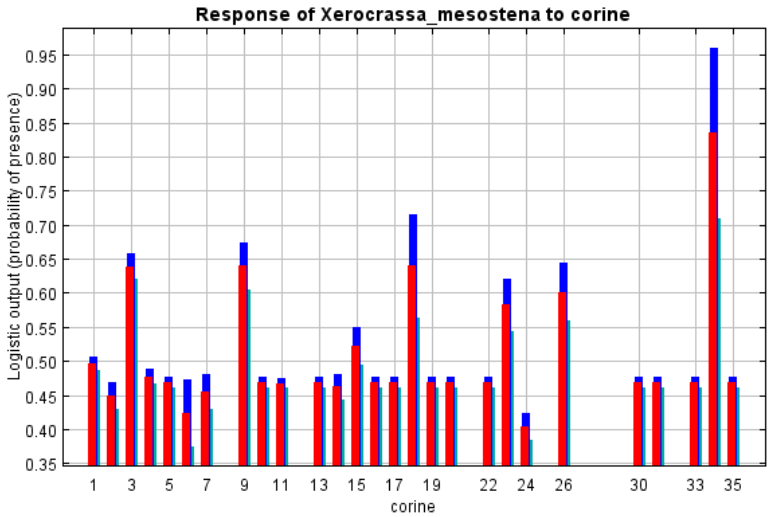

Response of Monacha_syriaca to corine
Logistic output (probability of presence)
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 22 24 26 30 33 35
corine


Response of Oxychilus_ionicus to corine
Logistic output (probability of presence)
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 22 24 26 30 33 35
corine

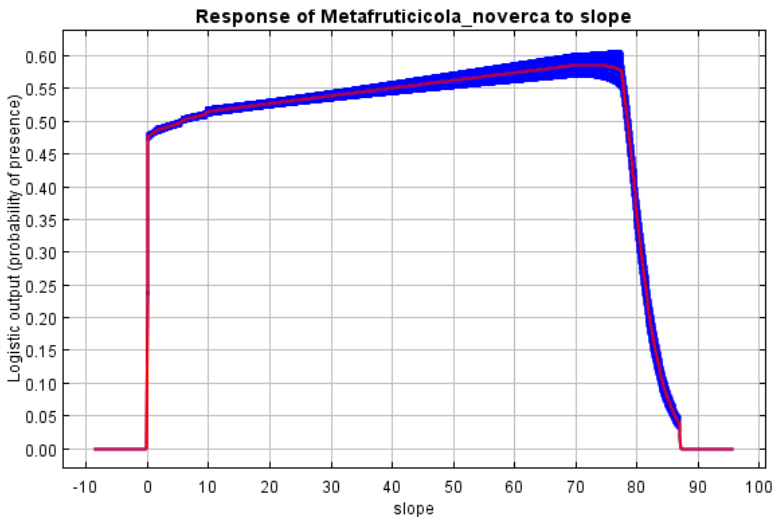

Response of Tandonia_sowerbyi to corine
Logistic output (probability of presence)
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 22 24 26 30 33 35
corine

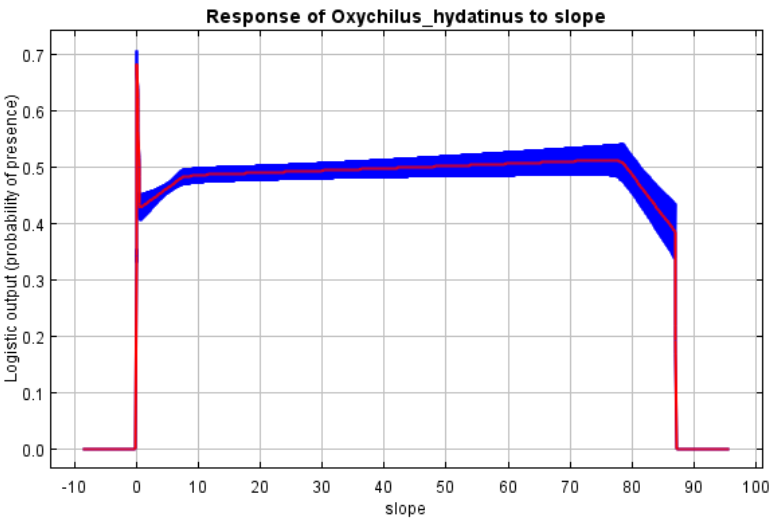
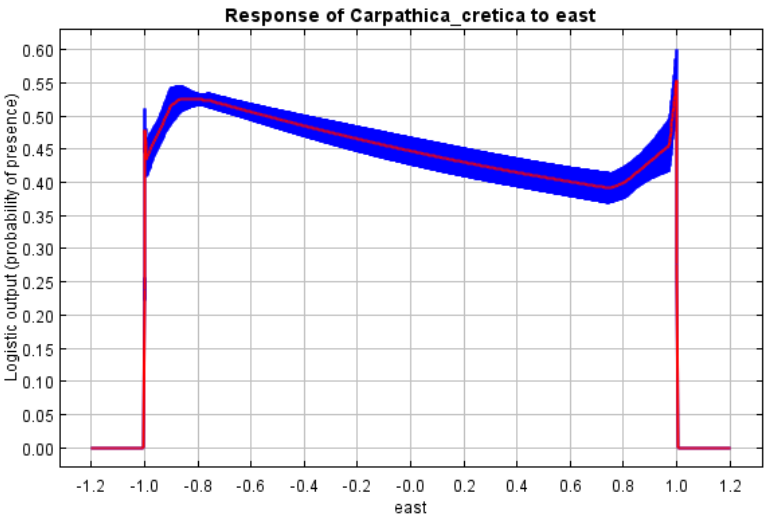
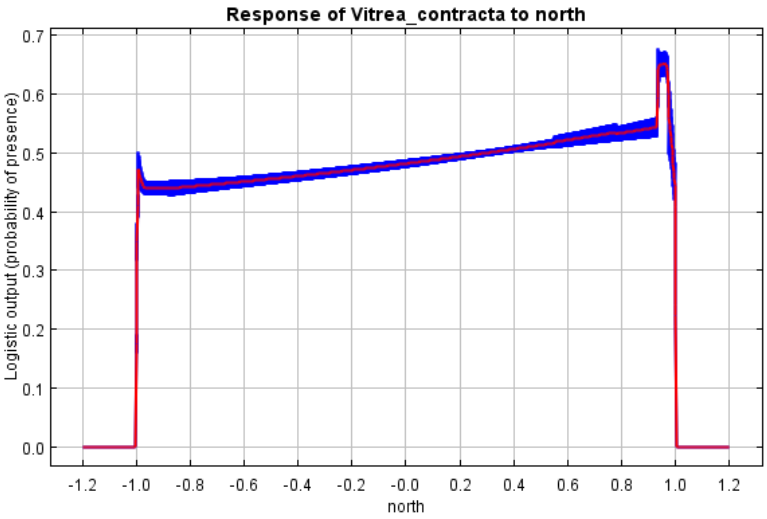

Response of Tandonia_totevi to corine
Logistic output (probability of presence)
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 22 24 26 30 33 35
corine





Κλίση του εδάφους





Βόρεια-Ανατολική έκθεση