



2024

Μελέτη κατανομής μικρών
χερσαίων θηλαστικών στην
Κρήτη μέσω ανάλυσης
εμεσμάτων της κουκουβάγιας
Tyto alba (Scopoli, 1769)

ΟΡΦΑΝΟΥ ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ

Υπεύθυνος: Νικόλαος Πουλακάκης
Επιβλέπων: Πέτρος Λυμπεράκης



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
UNIVERSITY OF CRETE



Natural
History
Museum
of Crete

UNIVERSITY OF CRETE

Θερμές ευχαριστίες
σε όλους τους ανθρώπους,
που βοήθησαν, είτε άμεσα είτε έμμεσα,
στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A. Περίληψη	3
B. Εισαγωγή	
1.1 Μικρά θηλαστικά στο οικοσύστημα	5
1.2 Βιοκοινότητες μικρών θηλαστικών	7
1.3 Βιοπαρακολούθηση - Μελέτη μικροθηλαστικών μέσω ανάλυσης εμεσμάτων	10
1.4 <i>Tyto alba</i>	11
2 Ανάλυση αντιστοιχιών	12
2.1 Ανάλυση αντιστοιχιών: περιορισμένη (constrained) και μη (unconstrained) ανάλυση	13
2.2 Ανάλυση αντιστοιχιών: Distance-based και Eigenanalysis-based τεχνικές	13
3 Στόχος	14
Γ. Υλικά και Μέθοδοι	
1.1 Ανάλυση εμεσμάτων	17
1.2 Στατιστική επεξεργασία-Ποικιλότητα και ομοιότητα της δίαιτας	18
2. Αναλύσεις αντιστοιχιών	19
Δ. Αποτελέσματα	
1. Ανάλυση εμεσμάτων	22
2. Αναλύσεις αντιστοιχιών	25
Ε. Συζήτηση	
1.1 Στοιχεία για την περιοχή της Κρήτης	31
1.2 Σύγκριση με άλλες περιοχές	33
ΣΤ. Βιβλιογραφία	36

A. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διατροφή της *Tyto alba*, ενός παγκοσμίως μελετημένου αρπακτικού πτηνού, παραμένει σχετικά ανεξερεύνητη στην Κρήτη, καθώς έχουν δημοσιευτεί ελάχιστες σχετικές εργασίες. Μέσω της μελέτης της λείας της *T.alba* προκύπτουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τις βιοκοινότητες των μικρών θηλαστικών στην περιοχή αυτή, καθώς η προτίμησή για τα θηράματα της επηρεάζεται κυρίως από την τοπική αφθονία, αλλά και τη διατροφική αξία και τις αμυντικές ικανότητες αυτών. Από τις συλλογές του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης – Πανεπιστήμιο Κρήτης αναλύθηκαν εμέσματα από 72 τοποθεσίες από ολόκληρη την Κρήτη και προέκυψε ένα σύνολο 5090 θηραμάτων. Η κύρια ομάδα λείας είναι τα μικρά εδαφόβια θηλαστικά (με ποσοστό 98%), μια ετερογενής ομάδα, που εκπροσωπείται από 5 είδη της τάξης των τρωκτικών και 2 είδη της τάξης των εντομοφάγων. Αναλυτικά τα Τρωκτικά με αντιπροσώπους από την οικογένεια Muridae είχαν ποσοστό συμμετοχής στη δίαιτα 86% και τα Εντομοφάγα με είδη από την οικογένεια Soricidae είχαν ποσοστό 14%, ενώ το υπόλοιπο 2% αντιστοιχεί σε Στρουθιόμορφα, Χειρόπτερα και Ερπετά. Μεταξύ των τρωκτικών, τα επικρατέστερα είδη είναι τα *Mus domesticus* (61%) και *Rattus rattus* (15%), ενώ τα εντομοφάγα αντιπροσωπεύονται κυρίως από το *Crocidura gueldenstaedtii* με ποσοστό 12%. Επιπλέον, σε χαμηλή αφθονία παρατηρήθηκαν και άλλα είδη όπως τα *Apodemus sylvaticus*, *Acomys cahirinus* και *Suncus etruscus*. Σε δεύτερη φάση τα δεδομένα που προέκυψαν από την διατροφή της *Tyto alba* συσχετίστηκαν με εξωγενείς παράγοντες όπως ο ανθρώπινος πληθυσμός και οι χρήσεις γης. Παρ' όλο που τα μικρά θηλαστικά αποτελούν σημαντικό κομμάτι όλων των χερσαίων οικοσυστημάτων, βασικά ερωτήματα της κατανομής και οικολογίας τους παραμένουν αναπάντητα. Η ανάλυση εμεσμάτων αποτελεί μια χρήσιμη μέθοδο τόσο για την μελέτη της διατροφής της *T.alba* όσο και για την κατανομή των μικρών θηλαστικών.

Study of the distribution of Small Mammal in Crete: Insights from *Tyto alba*' s Pellet Analysis

The diet of *Tyto alba*, a globally studied bird of prey, remains relatively unexplored in Crete, as only one paper has been published. Through the study of *T.alba*'s prey, important information about the biocommunities of small mammals in this region is obtained, as prey preference is influenced by local abundance, nutritional value and defensive abilities. From the collections of the Natural History Museum of Crete - University of Crete, pellets from 72 sites from all over Crete were analysed, resulting in a total of 5090 prey items. The main prey group is small terrestrial mammals (98%), The main prey group is small terrestrial mammals (98%), a heterogeneous group represented by 5 species of the rodent order and 2 species of the insectivore order. In

detail, Rodents with representatives from the family Muridae had 86% of the diet and Insectivores with species from the family Soricidae had 14%, while the remaining 3% is made up of Passerines, Chiroptera and Reptiles. Among Rodents, the most predominant species are *Mus domesticus* (61%) and *Rattus rattus* (15%), while Insectivores are mainly represented by *Crocidura gueldenstaedtii* with 12%. In addition, other species such as *Apodemus sylvaticus*, *Acomys cahirinus* and *Suncus etruscus* were observed in low abundance. In a second phase, the data obtained from the diet of *Tyto alba* were correlated with exogenous factors such as human population and land use. Although small mammals are an important part of all terrestrial ecosystems, basic questions of their distribution and ecology remain unanswered. Emulsion analysis is a useful method for studying both the diet of *T. alba* and the distribution of small mammals.

B. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Μικρά θηλαστικά στο οικοσύστημα

Στα οικοσυστήματα περιλαμβάνονται τόσο αβιοτικά όσο και βιοτικά στοιχεία. Αυτά παρουσιάζουν μια μεγάλη ποικιλία, όπως νερό, έδαφος, νεκρή οργανική ύλη, παραγωγοί, καταναλωτές, αποικοδομητές, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα σύστημα μεταφοράς ενέργειας και ύλη μεταξύ των επιμέρους συστατικών. Οι αλληλεπιδράσεις όλων αυτών των στοιχείων, δημιουργούν μια υπό μερικό έλεγχο κατάσταση, η οποία οδηγεί τελικά σε μια δυναμική σταθερότητα των οικοσυστημάτων. Τα πλαίσια που δημιουργούνται ως επακόλουθο των αλληλεπιδράσεων αυτών, προσδίδουν διαφορετικά χαρακτηριστικά στα διάφορα οικοσυστήματα. Σε αυτά τα πλαίσια τα μικρά χερσαία θηλαστικά αποκτούν έναν σημαντικό οικολογικό ρόλο καθώς αποτελούν αναπόσπαστο συστατικό πολλών οικοσυστημάτων.

Για τα μικρά θηλαστικά δεν υπάρχει ξεχωριστή ταξινομική οντότητα που να τα περιγράφει, αλλά ορίζονται ως μια ετερογενής ομάδα με εκείνα τα είδη θηλαστικών, στα οποία το ατομικό βάρος ενός μέσου ενήλικου ατόμου δεν υπερβαίνει τα 400 γραμμάρια. Οι δυο τάξεις που εκπροσωπούνται είναι τα τρωκτικά και τα εντομοφάγα. Είδη μικρών χερσαίων θηλαστικών απαντώνται σε πληθώρα ενδιαιτημάτων, από τις πολικές έως και τις τροπικές περιοχές. Παρ' όλο που τα μικρά θηλαστικά εξαπλώνονται σε όλες τις ηπείρους, έχουν σχετικά μικρής έκτασης ζωτικό χώρο. Τα τρωκτικά και τα εντομοφάγα είναι ευπροσάρμοστα ζώα, καθώς συχνά παρουσιάζουν υψηλούς εγγενείς ρυθμούς αύξησης του πληθυσμού (υψηλή αναπαραγωγή και χαμηλή επιβίωση), που διευκολύνουν την ταχεία ανταπόκριση στις περιβαλλοντικές αλλαγές σε μικρές χωροχρονικές κλίμακες (Korpimäki et al. 2004, Avenant 2011). Τα περισσότερα είδη των τρωκτικών και των εντομοφάγων ακολουθούν την r στρατηγική (MacArthur & Wilson 2001), ενώ οι πληθυσμοί τους ποικίλουν από σχετικά σταθερούς μέχρι και κυκλικούς (Krebs 2013). Παρ' όλο που τα μικρά θηλαστικά έχουν χαμηλό κίνδυνο εξαφάνισης (Lyons et al. 2004), λόγω του υψηλού ρυθμού αναπαραγωγής, της αφθονίας και του ρυθμού ανάπτυξής τους, δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένο πως δεν κινδυνεύουν, καθώς το διάστημα των τελευταίων 500 χρόνων είδη των τρωκτικών αντιπροσωπεύουν το 51- 52 % των εξαφανίσεων για τα θηλαστικών (Amori & Gippoliti 2003).

Εστιάζοντας κανείς στον ρόλο των μικρών θηλαστικών στο οικοσύστημα έρχεται αντιμέτωπος με μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών αλληλεπιδράσεων και επιρροών. Στα διαφορετικά οικοσυστήματα ο οικολογικός ρόλος των μικρών θηλαστικών διαφέρει αναλόγως. Ο αντίκτυπος στο οικοσύστημα εξαρτάται τόσο από τις διαφορετικές ομάδες των μικρών θηλαστικών (εντομοφάγα, φυτοφάγα, παμφάγα

κ.λπ.) όσο και από την ίδια τη φύση του οικοσυστήματος, όπου τα μικρά θηλαστικά δραστηριοποιούνται. Η ποικιλία στα διαφορετικά φυσιολογικά και οικολογικά χαρακτηριστικά των μικρών θηλαστικών επηρεάζει τον ρόλο τους ως προς τη ρύθμιση και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων, καθώς οι διαφορετικής έντασης και ποικιλίας επιδράσεις συμβάλουν στη ρύθμιση της ροής της ύλης μεταξύ παραγωγών και αποικοδομητών. Πολλά είδη τρωκτικών συμβάλλουν στην διατήρηση της λειτουργίας των οικοσυστημάτων (Amori & Gippoliti 2003), ενώ διαφορετικός αριθμός των μικροενδιαιτημάτων και διαφορετικά επίπεδα στην πρωτογενή παραγωγή μπορούν να συντηρήσουν διαφορετικό αριθμό ατόμων από διαφορετικά είδη (Avenant 2005). Χωρίς να μπορεί ξεκάθαρα να οριστεί ο οικολογικός τους ρόλος, μπορεί ωστόσο να διαχωριστεί σε τρεις βασικούς άξονες, α) ο ρόλος που έχουν στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, β) ο ρόλος τους ως θηρευτές και γ) ο ρόλος τους ως θηράματα.

α) ο ρόλος που έχουν στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους: Διαφορετικά επίπεδα υγρασίας και επιφανειακών υδάτων επηρεάζουν την ένταση των μικρών θηλαστικών σχετικά με την κινητικότητα, το σκάψιμο και τη δημιουργία λαγουμιών. Έτσι, απομακρύνονται τεράστιες ποσότητες χώματος, προκαλώντας αλλαγές στην σύσταση του εδάφους και ανάμειξη αυτού. Έτσι, τα μικρά θηλαστικά μεταφέροντας ορυκτά σε βαθύτερα στρώματα μέσα στο έδαφος επιδρούν στην δομή του εδάφους, την χημεία και στην διαμόρφωση του (Stoddart 1979).

Από πειράματα του Voronov (1953), όπου πραγματοποιήθηκαν ποσοτικές μετρήσεις σχετικά με το σκάψιμο και τη δημιουργία φωλιών για μια ποικιλία θηλαστικών όπως *Talpa europaea* και *Arvicola terrestris*, φάνηκε ξεκάθαρα η ανάμειξη του εδάφους. Σε αντίστοιχο εργαστηριακό πείραμα του Dufour (1971) φαίνεται ότι το *Apodemus sylvaticus* μπόρεσε να μετακινήσει 1-3 kg χώματος σε δύο ώρες. Το σκάψιμο, επίσης, οδηγεί σαφώς σε ανάμιξη των εδαφικών οριζόντων και σύμφωνα με παρατηρήσεις του Kucheruk (1963) σε έδαφος, το οποίο σκάβεται από τρωκτικά η οργανική ουσία αυξάνεται σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους (κάτω από τον ορίζοντα A). Ακόμη, εκτός από την κατανομή των ορυκτών, η δραστηριότητα των μικρών θηλαστικών μπορεί να επηρεάσει και τους ρυθμούς ανοργανοποίησης της οργανικής ύλης, με αύξηση των ρυθμών αποσύνθεσης (Hodoshova 1970). Αυτό εξηγείται λόγω της αύξησης της διαθέσιμης οργανικής ύλης σε βακτήρια και μύκητες εξαιτίας της ανάμιξης του εδάφους σε συνδυασμό με τις μεταβολές της υγρασίας και του pH. Ειδικά, τα μικρά φυτοφάγα θηλαστικά είναι περισσότερο αποτελεσματικά στην ανοργανοποίηση της οργανικής ύλης σε σχέση με άλλα τα έντομα ή τα σπληφόρα (Golley et al. 1975a), επειδή έχουν υψηλούς συντελεστές πεπτικότητας (αφομοίωση/κατανάλωση) σε συνδυασμό με την υψηλή αναλογία αναπνοής.

β) ο ρόλος ως θηρευτές: Τα εντομοφάγα μικρά θηλαστικά έχουν σημαντικό αντίκτυπο στους πληθυσμούς των ασπόνδυλων, όπως έχει μελετηθεί για είδη του

γένους *Sorex* και *Blarina* (Holling 1959). Παρ' όλη την αβεβαιότητα ως προς την επίδραση των εντομοφάγων στους πληθυσμούς των θηραμάτων τους, σίγουρα επηρεάζεται έμμεσα η πρωτογενής παραγωγή. Μέσω, δηλαδή, της ρύθμισης των πληθυσμών των ασπονδύλων προκύπτουν έμμεσες συνέπειες στην πρωτογενή παραγωγή. Σε περιπτώσεις κατανάλωσης οποιουδήποτε ασπόνδυλου φυτοφάγου ζώου, μπορεί να επηρεαστεί η πρωτογενής παραγωγή του οικοσυστήματός λόγω της μείωσης των απωλειών των φυτών από τα ασπόνδυλα, όπως συνέβη όταν καταστράφηκε μεγάλο τμήμα του προνυμφικού πληθυσμού του είδους *Pristiphora erichsonii* (Buckner 1964, 1966). Και αντίστροφα, τα μικρά θηλαστικά μπορεί να καταστρέψουν τα ασπόνδυλα που είναι τα ίδια θηρευτές ή παράσιτα φυτοφάγων ασπόνδυλων, με αποτέλεσμα μείωση των φυτικών κοινοτήτων. Ακόμη, η επιλογή και μεταφορά σπόρων από τα μικρά θηλαστικά σε συνδυασμό με τον ρόλο τους ως θηρευτές έχει σημαντική επίδραση στη σύνθεση των ειδών της φυτικής κάλυψης (Ryszkowski 1975).

γ) ο ρόλος ως θηράματα: Ακόμη ένας οικολογικός ρόλος των μικρών θηλαστικών σχετίζεται με βάση την θέση τους στο οικοσύστημα ως θηράματα. Τα μικρά θηλαστικά αποτελούν τροφή για πολλά είδη σε διάφορες ομοταξίες, όπως θηλαστικά, ερπετά και πτηνά. Συχνά οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των μικρών θηλαστικών και των αρπακτικών πτηνών αναφέρονται ως χαρακτηριστικές των κύκλων θηρευτή-θήραμα, καθώς έχει επισημανθεί η επίδραση των μικρών θηλαστικών στην αναπαραγωγική επιτυχία της κουκουβάγιας (*Strix aluco*) (Stoddart 1979).

1.2. Βιοκοινότητες μικρών θηλαστικών

Στοιχεία της οικολογίας και της φυσιολογίας των μικρών θηλαστικών, όπως ο μικρής έκτασης ζωτικός χώρος, οι υψηλοί ρυθμοί αύξησης/αναπαραγωγής και η γρήγορη ανταπόκριση σε περιβαλλοντικές αλλαγές (Ferreira & Avenant 2003, Avenant et al. 2008), προσδίδουν πλεονεκτήματα στην μελέτη των κοινοτήτων τους (Avenant et al. 2011, Bertolini 2015). Σε προηγούμενες εργασίες έχουν μελετηθεί οι κοινωνίες μικρών θηλαστικών ως βιοδείκτες σε διάφορα περιβαλλοντικά πλαίσια, καθώς ακόμη και είδη που προστατεύονται, είναι σημαντικοί δείκτες των περιβαλλοντικών αλλαγών (cSorBa & PecSenye 1997). Μια άλλη έμπρακτη εφαρμογή της μελέτης των βιοκοινοτήτων των μικρών θηλαστικών αποτελεί η χρήση της σύνθεσης αυτής για την εκτίμηση του βαθμού υποβάθμισης αγροτικών περιοχών (Avenant 2011, Massa 2015). Σε αντίστοιχη περίπτωση η μελέτη του πλούτου των ειδών, ο οποίος μειώνεται σε μια διαβαθμισμένη ανθρωπογενής τροποποίηση του περιβάλλοντος, πιθανά λόγω της κυριαρχίας συγκεκριμένων ειδών στις διαταραχές, που είναι συμβατά με τον άνθρωπο (Viteri & Hadly 2022). Με την βιοπαρακολούθηση των βιοκοινοτήτων των μικρών θηλαστικών σε μεγάλες χωροχρονικές κλίμακες, διαφοροποιήσεις στον αριθμό, την ποικιλότητα και στην σύνθεση των ειδών

παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τις επιπτώσεις περιβαλλοντικών αλλαγών στους πληθυσμούς μικρών θηλαστικών (Heisler 2016).

Έτσι, η μελέτη των βιοκοινοτήτων συνάδει με τη μελέτη της χωρικής και χρονικής δομής της κοινότητας αλλά και τη δυναμική αλληλεπίδραση των οικολογικών κοινοτήτων. Ειδικά, η μελέτη των σχέσεων που προκύπτουν από τις αλληλεπιδράσεις των ειδών με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, αποτελεί βασικό ερώτημα για την κατανόηση της οικολογίας και κατανομής των ειδών γενικά αλλά και για την πρόβλεψη αλλαγών στα διάφορα σενάρια εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής (Tylianakis et al. 2008, Van der Putten et al. 2010, Hagen et al. 2012). Τα υπό μελέτη χαρακτηριστικά που αφορούν την δομή της πανίδας για τις βιοκοινότητες, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στην ταξινομική σύνθεση, την σχετική αφθονία και τέλος την βιομάζα και την πυκνότητα. Η μελέτη της δομής των βιοκοινοτήτων από το πρίσμα της οικολογίας έχει μεγάλη σημασία, καθώς στοιχεία και παράγοντες που επηρεάζουν την δομή και την σύνθεση αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις μοντελοποίησης, είτε ως μεταβλητές οι ίδιοι είτε ως κριτήριο για την επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών (Fleming 1973a).

Όπως και σε άλλες ταξινομικές ομάδες, έτσι και στα μικρά θηλαστικά κάποια είδη εμφανίζονται πολύ συχνά, ενώ άλλα είναι σχετικά σπάνια. Η ποικιλομορφία των βιοκοινοτήτων δίνει έμφαση στα είδη των ζώων που την συνθέτουν αλλά και στο πως κατανέμονται αυτά στο εκάστοτε οικοσύστημα. Οι συγκρίσεις, της ποσοστιαίας σύνθεσης των κοινοτήτων των μικρών θηλαστικών δείχνουν ότι η δομή των εν λόγω κοινοτήτων ποικίλλει και επηρεάζεται από τον τύπο ενδιαιτήματος και την σύνθεση του τοπίου (Torre et al. 2015). Συγκεκριμένοι παράγοντες από το εκάστοτε περιβάλλον επηρεάζουν τα είδη των μικρών θηλαστικών και την αφθονία αυτών. Με την σειρά τους αυτά τα διαφορετικά είδη έχοντας έναν συγκεκριμένο οικολογικό ρόλο στο οικοσύστημα έχουν και τον αντίστοιχο αντίκτυπο. Προκύπτουν, έτσι, ερωτήματα για το αν ο οικολογικός ρόλος των μικρών θηλαστικών είναι μοναδικό αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεων των ειδών μεταξύ τους αλλά και με το περιβάλλον για το κάθε οικοσύστημα ή αν υπάρχει μια συγκεκριμένη δομή, τέτοια ώστε να μπορούν να προσδιοριστούν γενικές αρχές σχετικά με τον οικολογικό ρόλο των μικρών θηλαστικών στα οικοσυστήματα.

Τα τρωκτικά και τα εντομοφάγα είναι από τις πιο σημαντικές τάξεις των θηλαστικών, όσον αφορά τον αριθμό των ειδών. Για παράδειγμα, τα τρωκτικά αντιπροσωπεύουν από μόνα τους πάνω από το 40% των ειδών θηλαστικών στον κόσμο (Barthelmess 2016). Στις μεσοευρωπαϊκές χώρες, είδη της οικογένειας Arvicolinae είναι τα πιο άφθονα, ενώ στις μεσογειακές χώρες είδη της οικογένειας Muridae είναι πιο άφθονα (*βασισμένα από τη διατροφή της κουκουβάγιας) (Taylor 1994). Παρ' όλα αυτά η κατανομή τους στην περιοχή των Βαλκανίων είναι λιγότερα μελετημένα σε σχέση με την Ευρώπη, ενώ στις μεσογειακές χώρες χρειάζεται

περαιτέρω διερεύνηση, ειδικά μέσω της ανάλυσης εμεσμάτων καθώς οι τροφικές σχέσεις στις περιοχές αυτές είναι αρκετά πολυπλοκότερες (Goutner & Alivizatos 2003). Αντίστοιχα, για τον ελλαδικό χώρο οι τάξεις που εκπροσωπούνται είναι αυτή των τρωκτικών με 30 είδη και η τάξη των εντομοφάγων με 11 είδη. Διαφοροποίηση εμφανίζεται μεταξύ της ηπειρωτικής χώρας και των νησιών. Στην ηπειρωτική χώρα οι κύριες οικογένειες που αντιπροσωπεύονται είναι οι Muridae, Arvicolidae, Soricidae, Spalacidae, Talpidae, Cricetidae, και Gliridae, με πιο μελετημένο το γένος *Microtus* (Vohralik & Sofianidou 1991, Σαραντίδη 2004, Alivizatos et al. 2005, Bontzorlos et al. 2005, Kiamos et al. 2019). Αντίθετα, στα νησιά τα κύρια είδη ανήκουν στα γένη *Mus*, *Rattus*, *Apodemus*, *Crocidura* και *Suncus* (Σαραντίδη 2004, Alivizatos et al. 2005, Obuch & Benda 2009, Cheke & Ashcroft 2017). Για την περιοχή της Κρήτης, συγκεκριμένα, καταγράφονται 7 είδη τρωκτικών και 3 είδη εντομοφάγων, όπως φαίνονται στους πίνακες 1, 2. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι στην Κρήτη εμφανίζεται το μοναδικό ενδημικό θηλαστικό της Ελλάδας, η κρητική μυγαλή (*Crocidura zimmermanni*) καθώς και ο ακανθοποντικός (*Acomys cahirinus*).

Πίνακας 1: Τα είδη των εντομοφάγων της Κρήτης

ΕΝΤΟΜΟΦΑΓΑ		
Soricidae	<i>Suncus etruscus</i> (Savi, 1822)	Ετρουσκομυγαλή
	<i>Crocidura gueldenstaedti</i> (Pallas, 1811)	Κηπομυγαλή
	<i>Crocidura zimmermanni</i> (Wettstein, 1953)	Κρητική μυγαλή

Πίνακας 2: Τα είδη των τρωκτικών της Κρήτης

ΤΡΩΚΤΙΚΑ		
Gliridae	<i>Glis glis</i> (Linnaeus, 1766)	Μυωξός
Muridae	<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)	Μαυροποντικός
	<i>Rattus norvegicus</i> (Berkenhout, 1769)	Δεκατιστής
	<i>Mus domesticus</i> (Rutty, 1772)	Σταχτοποντικός
	<i>Acomys cahirinus</i> (Geoffroy, 1803)	Ακανθοποντικός
	<i>Apodemus sylvaticus</i> (Linnaeus, 1758)	Δασοποντικός
	<i>Apodemus mystacinus</i> (Danford & Alston, 1877)	Ανατολικός βραχοποντικός

1.3. Βιοπαρακολούθηση - Μελέτη μικροθηλαστικών μέσω ανάλυσης εμεσμάτων

Στα πλαίσια εργασιών που σχετίζονται με την μελέτη των οικολογικών βιοκοινοτήτων πολλά πληθυσμιακά χαρακτηριστικά των μικρών θηλαστικών και χαρακτηριστικά των δομών των κοινοτήτων αυτών μπορούν να χαρακτηριστούν με την συλλογή και την επεξεργασία κατάλληλων δεδομένων. Επειδή όμως, τα μικρά θηλαστικά είναι κρυπτικά είδη και δραστηριοποιούνται κυρίως τη νύχτα η συλλογή τέτοιων δεδομένων καθίσταται δύσκολη. Για το λόγο αυτό για τα μικρά χερσαία θηλαστικά έχει αναπτυχθεί μια ποικιλία διαφορετικών μεθόδων δειγματοληψιών, με πιο γνωστές την παγίδευση (live-trapping) και την ανάλυση της δίαιτας αρπακτικών πτηνών που τρέφονται με μικρά θηλαστικά και κυρίως της *Tyto alba*. Ακόμα υπάρχουν πολλές παραλλαγές της απλής παγίδευσης, που προσαρμόζονται στο εκάστοτε βιότοπο και στις ιδιαιτερότητες των προς μελέτη ειδών, όπως παγίδες παρεμβολής (pitfall traps) για αρκετά μικρόσωμα θηλαστικά (Hoffmann 2010), η χρήση παγίδων που βασίζονται στην λειτουργία ελατηρίων, η χρήση παγίδων ειδικά για είδη που ζουν υπόγεια (Bateman 2003) αλλά και άλλες τεχνικές όπως δεδομένα από άμεσες παρατηρήσεις, απογραφές από βιοδηλωτικά ίχνη, αυτόματες παγίδες κάμερας (φωτοπαγίδες) (De Bondi et al. 2010).

Η δειγματοληψία με παγίδες έχει, μεταξύ άλλων, βρεθεί ότι επηρεάζεται από διαφορές στη δομή των ηλικιακών ομάδων και τη διαθεσιμότητα της φυσικής τροφής (Avenant 2005), γεγονός που επηρεάζει την μεροληψία της μεθόδου αυτής. Ακόμα, επειδή τα δεδομένα που μπορούν να συλλεχθούν από την απλή παγίδευση είναι περιορισμένα, καθώς η δειγματοληψία πραγματοποιείται σε συγκεκριμένο χρόνο και χώρο (Williams & Braun 1983, Hanser et al. 2011), αλλά και ο αριθμός των παγίδων που μπορούν να τοποθετηθούν είναι περιορισμένος, μέσω της ανάλυσης εμεσμάτων προκύπτει μια πιο αντιπροσωπευτική εικόνα για τις κοινότητες των μικροθηλαστικών και την σύνθεση αυτών. Η ανάλυση εμεσμάτων αποτελεί μια έμμεση μέθοδο παρακολούθησης για την άντληση πληροφοριών για κοινότητες και κατανομές (Bonvicino & Bezerra 2003, Torre et al. 2004, Avenant 2005) μικρών θηλαστικών, που ήδη από το παρελθόν έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς της ζωολογίας σχετικούς με την διατήρηση της άγριας πανίδας, αφού δίνει πληροφορίες τόσο για την διατροφή και την θηρευτική συμπεριφορά των αρπακτικών πτηνών, όσο και για την οικολογία, την γεωγραφική κατανομή των πληθυσμών των μικρών θηλαστικών, στοιχεία που αφορούν τα οστά, το παλαιοπεριβάλλον και την ταφονομία (Avenant 2005).

Η ανάλυση εμεσμάτων έχει μια ποικιλία πλεονεκτημάτων και η αποτελεσματικότητά της έχει αποτελέσει σημείο αναφοράς για πολλές εργασίες (Happold & Happold 1986, Denys et al. 1999, Granjon et al. 2002). Σε σχέση με άλλες μεθόδους έχει μικρότερη μεροληψία στην εκπροσώπηση των ειδών, γιατί καταγράφεται μεγαλύτερο πλήθος ειδών ακόμα και σε μεγάλη δειγματοληπτική προσπάθεια (Heisler et al. 2016, Avenant 2005), καθώς θηρεύονται ακόμα και σπάνια είδη ή είδη που φοβούνται τις παγίδες (Heisler et al. 2016, Volodymyr et al. 2020).

Παράλληλα είναι μη επεμβατική μέθοδος για τους πληθυσμούς των μικρών θηλαστικών. Επιπλέον, όντας πιο αποδοτική και εύκολη στη συλλογή των δεδομένων σε σύγκριση με τη συμβατική παγίδευση, καθίσταται πιο ελκυστική από πλευράς υλικοτεχνικής υποστήριξης (Torre et al. 2004, Avenant 2005, MacDonald 2013, Heisler et al. 2016). Η συγκεκριμένη τεχνική δίνει την ευκαιρία για τη διερεύνηση κοινοτήτων μικρών θηλαστικών σε ολόκληρες βιογεωγραφικές περιοχές, λόγω της εξάπλωσης της *T. alba* (Miller et al. 2014). Η *T. alba* παρουσιάζει παγκόσμια κατανομή, καθιστώντας την ανάλυση εμεσμάτων κουκουβάγιας εφαρμόσιμη στις περισσότερες ηπείρους (Mikkola 2014), δίνοντας την δυνατότητα για συγκριτικές μελέτες. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου στο οποίο εστιάζουμε στην παρούσα εργασία είναι οι δυνατότητα μελέτης των πληθυσμών. Από την ανάλυση εμεσμάτων για μια συγκεκριμένη περιοχή μπορεί να προκύψουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τις πληθυσμιακές τάσεις των μικρών θηλαστικών, όταν η συλλογή αυτών συμβαίνει σε μια σειρά ετών (McDonald et al. 2013, Stefke & Landler 2020), καθώς η σύνθεση των ειδών που προκύπτει από τα εμέσματα μπορεί να αντικατοπτρίζει το σύνολο των θηραμάτων που σχετίζονται με το ενδιαίτημα (Roulin 2002). Μπορεί επομένως να προκύψουν συμπεράσματα από την συσχέτιση των διαφορετικών ενδιαιτημάτων που υπάρχουν εντός της ακτίνας δράσης της *T. alba* με τους πληθυσμούς των μικρών θηλαστικών. Επιπλέον, μπορεί να σχηματιστεί καλύτερη εικόνα για την κατάσταση των πληθυσμών των ειδών, ιδιαίτερα εκείνων που είναι πιο σπάνια, καθώς είναι δυνατή η εύρεση ειδών σε νέες θέσεις διευρύνοντας έτσι την γνωστή κατανομή των μικροθηλαστικών (Nedyalkov 2013, Baglan & Catzeflis 2016).

Ακόμη από την συγκεκριμένη μέθοδο μπορεί να συλλεχθούν πληροφορίες σχετικά με τις συσχετίσεις ειδών-ενδιαιτημάτων και αλλαγή ενδιαιτημάτων (Pena et al. 2003, Heisler et al. 2013), τις αλλαγές κατανομής ειδών, καθώς και την παρακολούθηση της κατανομής απειλούμενων ή εξωτικών ειδών (Clark & Bunck 1991). Μπορούν, επίσης, να πραγματοποιηθούν μελέτες τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και σε μεγάλης κλίμακας περιοχές αναδεικνύοντας έτσι διαφορετικούς παράγοντες που επηρεάζουν την σύνθεση των βιοκοινοτήτων των μικρών θηλαστικών (Heisler et al. 2013).

1.4. *Tyto alba*

Η *Tyto alba* είναι ένα νυχτόβιο αρπακτικό πτηνό που ανήκει στην τάξη Strigiformes και την οικογένεια Tytonidae. Έχει ευρεία κατανομή και εμφανίζεται σε όλες τις ηπείρους εκτός της Ανταρκτικής. Απαντάται συνήθως σε υψόμετρο μέχρι τα 2000 μέτρα, με το μέγιστο υψόμετρο στα 4000 μέτρα. Είναι είδος το οποίο εντοπίζεται σε πληθώρα ενδιαιτημάτων, παρ' όλα αυτά δείχνει προτίμηση στα ανοικτά οικοσυστήματα, όπως λιβάδια, καλλιέργειες και υγροτόπους. Λείπει από κλειστά δασικά οικοσυστήματα, ερήμους και ορεινές περιοχές με δριμύ χειμώνα

(Taylor 2004). Οι θέσεις φωλιάσματος, οι οποίες είναι μόνιμες (Taylor 2004, Bruce et al. 2014), είναι συνήθως απόκρημνα βράχια, κουφάλες δέντρων, σπηλαία αλλά και εγκαταλειμμένα κτήρια. Η περιοχή δράσης της *Tyto alba* εκτείνεται γύρω από θέσεις φωλιάσματος με ακτίνα μέσης εμβέλειας από 2 μέχρι 7 (Bonde et al. 2005, Torre 2015). Οι κουκουβάγιες ως ευκαιριακοί θηρευτές επηρεάζονται από τις κυμαινόμενες αφθονίες των θηραμάτων (Jaksic & Simonetti 1987). Έτσι, και η ακτίνα της περιοχής δράσης της *Tyto alba* επηρεάζεται από την αφθονία και την διαθεσιμότητα της τροφής, με αυτήν να περιορίζεται σε μεγάλες αφθονίες θηραμάτων (Roulin 2020). Η πλειονότητα των θηραμάτων θηρεύονται κοντά στην θέση φωλαιοποίησης, εντός ενός χιλιομέτρου (Taylor 2004).

Η *T. alba* είναι ένας ευκαιριακός θηρευτής και τρέφεται κυρίως με μικρά θηλαστικά (Taylor 2004), άλλα η διαίτα της περιλαμβάνει και πτηνά, χειρόπτερα, ερπετά, αμφίβια και αρθρόποδα (Goutner & Alevizatos 2003, Obuch & Benda 2009, Hodara & Roggio 2016). Γνωρίζουμε πως η *T. alba* εμφανίζει προτίμηση προς τα είδη των τρωκτικών και συγκεκριμένα στα μικρόσωμα και νεαρά άτομα (Leonardia & Dell'Arte 2005). Η *T. alba* έχει αναπτύξει εξειδικεύσεις/προσαρμογές για τον εντοπισμό και την σύλληψη μικρών θηλαστικών, όπως η δραστηριοποίηση της κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν τα περισσότερα είδη μικρών θηλαστικών είναι ενεργά, η ικανότητα της να βλέπει την κίνηση σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού και να βασίζεται στον ήχο για την ανίχνευση και τον εντοπισμό της λείας (Konishi 1973, Heisler 2016). Η επιλογή της τροφής της βασίζεται κυρίως στην διαθεσιμότητα των ειδών (Jaksic & Simonetti 1987, Bellocq 2000, Taylor 2004, Andrade et al. 2016), προτιμώντας είδη με υψηλότερη θερμιδική αξία, ενώ εύκολα μπορεί να αλλάξει το είδος που προτιμά να θηρεύει με την όποια αλλαγή στη αφθονία αυτού (Taylor 2004, Marti 2010, Roulin 2020), αφού ακολουθεί στην διατροφή της το μοτίβο διακύμανσης πυκνοτήτων των μικρών θηλαστικών (Avenant 2005). Η προτίμηση για συγκεκριμένα είδη μπορεί να επηρεαστεί, επίσης, από το προτιμώμενο ενδιαίτημα, το μέσο μέγεθος και τη μορφολογία του θηράματος, την συμπεριφορά και την ικανότητα άμυνας του θηράματος (Bellocq & Krevatz 1994, Martinez & Jaksic 1997, Bellocq 1998, Capizzi, Caroli & Varuzza 1998, Trejo & Guthman 2003, Bueno & Motta 2008, Andrade, Nabte & Kun 2010). Το ποσοστό συμμετοχής των μικροθηλαστικών στη διαίτα της *T. alba* διαφέρει εποχικά, ανά περιοχή ανάλογα με τις επιδράσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Massa et al. 2015) και τη διαφορετική χρήση των τοπίων (Szűcs et al. 2014), ενώ μειώνεται σε νησιά ανάλογα με την έκταση αυτών με ανάλογη αύξηση της θήρευσης πτηνών και ερπετών (Janzekoviz & Klenovsek 2020).

2. Ανάλυση αντιστοιχιών - ordination methods

Οι αναλύσεις αντιστοιχιών αποτελούν μεθόδους, οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως στην υπολογιστική οικολογία των βιοκοινοτήτων, γιατί στις αναλύσεις αντιστοιχιών γίνεται διάταξη των ειδών/δειγμάτων κατά μήκος κλίσεων/gradients, το οποίο είναι συνώνυμο των πολυμεταβλητών αναλύσεων. Θέλοντας κανείς να μελετήσει τα πρότυπα στη σύνθεση των ειδών ή την εξάπλωση ενός είδους πρέπει στατιστικά να χρησιμοποιήσει πολλές μεταβλητές αντίστοιχες των παραγόντων που επηρεάζουν τα είδη. Η ανάλυση αντιστοιχιών προσπαθεί πρωτίστως να αναπαραστήσει όσο το δυνατόν πιο πιστά τις σχέσεις δειγμάτων και ειδών σε ένα χώρο χαμηλών διαστάσεων (Gauch 1982). Βρίσκουν, δηλαδή, μια διαμόρφωση σημείων σε χαμηλές διαστάσεις στον (Ευκλείδειο) χώρο έτσι ώστε οι ομοιότητες μεταξύ των μονάδων να αντικατοπτρίζονται σε κάποιο βαθμό από το αποστάσεις μεταξύ των σημείων (Anderson 1971). Η ανάλυση των αντιστοιχιών εφαρμόζεται με εξαιρετική επιτυχία και σε ποσοτικές μεταβλητές οι οποίες μετρούν μόνο πληθυσμούς (αφθονία) ειδών σε ένα πλήθος δειγμάτων (Hill 1973, Ludwig & Reynolds 1988).

2.1 Ανάλυση αντιστοιχιών: περιορισμένη (constrained) και μη (unconstrained) ανάλυση

Οι αναλύσεις αντιστοιχιών διακρίνονται σε περιορισμένη (constrained) και μη περιορισμένη ανάλυση (unconstrained analysis) (Gauch 1982, ter Braak & Prentice 1988, Anderson & Willis 2003). Οι μη περιορισμένες αναλύσεις χρησιμοποιούν μόνο τα είδη ανά μήτρα δείγματος και οι σχέσεις των ειδών ερευνώνται χωρίς την άμεση συνεισφορά των περιβαλλοντικών δεδομένων. Όταν αυτά υπάρχουν, χρησιμοποιούνται μετέπειτα ως ένα ερμηνευτικό εργαλείο. Όταν εκτελούμε μια μη περιορισμένη ανάλυση, ουσιαστικά ρωτάμε το είδος ποιες είναι οι πιο σημαντικές κλίσεις. Διαδεδομένες τεχνικές μη περιορισμένων αναλύσεων αντιστοιχιών είναι η ανάλυση κύριων συνιστωσών (Principal Components Analysis, PCA), η ανάλυση κύριων αντιστοιχιών (Principal Correspondence Analysis PCoA,) και η μη-μετρική πολυδιάστατη κλιμακοποίηση (non-metric multidimensional scaling, NMDS) (Legendre & Legendre 2012).

Αντίθετα, η περιορισμένη ανάλυση (constrained) χρησιμοποιεί εξωτερικά περιβαλλοντικά δεδομένα εκτός από τα δεδομένα των ειδών. Τα είδη σχετίζονται κατευθείαν/άμεσα με τις μετρήσεις των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Η περιορισμένη ανάλυση μας λέει αν η σύνθεση των ειδών σχετίζεται με τις μεταβλητές που μετρήσαμε. Ιδανικά, θα είναι σε θέση να το κάνει αυτό ακόμη και αν δεν έχουν μετρηθεί οι πιο σημαντικές κλίσεις/μεταβλητές (Palmer 1993). Αναλύσεις αυτού του τύπου μας επιτρέπουν να ελέγξουμε τη μηδενική υπόθεση ότι η σύνθεση των ειδών δεν σχετίζεται με τις μετρούμενες μεταβλητές. Στην απλούστερη μορφή της, η περιορισμένη ανάλυση μπορεί να είναι μια τεχνική παλινδρόμησης ή ένα διάγραμμα διασποράς της αφθονίας των ειδών ως συνάρτηση της θέσης κατά μήκος μιας μετρούμενης κλίσης. Επειδή, όμως, οι βιοκοινότητες είναι πολύ διαφορετικές και τα

δεδομένα περιλαμβάνουν συνήθως πολλά είδη και πολλαπλές μεταβλητές η περιορισμένη ανάλυση αποτελεί την καλύτερη τεχνική, καθώς μειώνει τις διαστάσεις.

Οι δυο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνικές της περιορισμένης ανάλυσης είναι η ανάλυση του πλεονασμού (Redundancy Analysis-RDA) και η ανάλυση κανονιστικών αντιστοιχιών (Canonical Correspondence Analysis-CCA) (Palmer 2008). Και οι δύο αυτές αναλύσεις ερμηνεύουν την μεταβλητότητα μιας ομάδας εξαρτημένων μεταβλητών από μια ομάδα ανεξάρτητων (επεξηγηματικών) μεταβλητών. Η ανάλυση πλεονασμού RDA περιγράφει τους άριστους γραμμικούς συνδυασμούς μεταξύ συνιστωσών των εξαρτημένων μεταβλητών που «πλεονάζουν», δηλαδή που επεξηγούνται από την ομάδα των ανεξάρτητων μεταβλητών. Αντίθετα με την RDA, η CCA αποσκοπεί στην ανάδειξη των μέγιστων αποκρίσεων των εξαρτημένων μεταβλητών (πληθυσμοί των ειδών) ως αποτέλεσμα της δράσης των ανεξάρτητων μεταβλητών (περιβαλλοντικές παράμετροι), με τη μορφή καμπύλης.

2.2 Ανάλυση αντιστοιχιών: Distance-based και Eigenanalysis-based τεχνικές

Μια δεύτερη ομαδοποίηση των αναλύσεων αντιστοιχιών είναι σε Distance-based methods, τεχνικές που βασίζονται σε απόσταση (που προέρχονται από πίνακες απόστασης) και Eigenanalysis-based approaches, τεχνικές που βασίζονται στην ιδιοανάλυση. Οι μέθοδοι που βασίζονται στην ιδιοανάλυση υποδιαιρούνται περαιτέρω σε γραμμικά μοντέλα και μονοτροπικά μοντέλα (ter Braak & Prentice 1988).

Γνωστές Distance-based τεχνικές είναι η Polar ordination PO, η Principal Coordinates Analysis (Ανάλυση Κύριων Συντεταγμένων) και η Nonmetric Multidimensional Scaling NMDS (Μη Μετρική Πολυδιάστατη Κλιμάκωση), οι οποίες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ως προς τους αλγορίθμους και τις ιδιότητές τους, ωστόσο όλες βασίζονται σε έναν πίνακα αποστάσεων ως είσοδο. Συνεπώς, όλες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στην επιλογή της μετρικής απόστασης και όλες "κρύβουν πληροφορίες".

Όσον αφορά τις τεχνικές αναλύσεων αντιστοιχιών που βασίζονται στην ιδιοανάλυση (eigenanalysis), για κάθε άξονα διαφοροποίησης δίνονται ιδιοτιμές (eigenvalues) και ιδιοδιανύσματα (eigenvectors). Στην ιδιοανάλυση μεγιστοποιούνται οι γραμμικές συσχετίσεις των αποστάσεων μεταξύ σημείων παρουσίας με βάση τους κύριους άξονες διαφοροποίησης (Ovaskainen & Abrego 2020).

Από τις αναλύσεις ιδιοτιμών (Eigenanalysis-based indirect gradient analysis) η πιο απλή και παλιά τεχνική είναι η ανάλυση των κύριων συνιστωσών/Principal Components Analysis (PCA). Η PCA ανάλυση είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την

διερεύνηση και την οπτικοποίηση πολυμεταβλητών δεδομένων. Επιτρέπει να γίνει πιο κατανοητή και οπτικά διακριτή η διακύμανση σε ένα σύνολο δεδομένων, όταν υπάρχουν πολλές διαστάσεις/μεταβλητές που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Το μεγάλο πλεονέκτημά της είναι η δυνατότητα, μέσω της ανάλυσης, να εξηγεί πολύ μεγάλο ποσοστό της ολικής μεταβλητότητας που αναπτύσσεται μεταξύ των μεταβλητών, το οποίο τελικά κατανέμεται σε μερικές μόνο νέες μεταβλητές, γνωστών και ως κύριων συνιστωσών, οι οποίες αποτελούν γραμμικούς συνδυασμούς των αρχικών μεταβλητών. Οι κύριες συνιστώσες δεν συσχετίζονται μεταξύ τους και έχουν ισχυρή πληροφόρηση σχετική με τα χαρακτηριστικά των αρχικών μεταβλητών. Για να μπορέσει να λειτουργήσει η PCA τα δεδομένα πρέπει να συσχετίζονται μερικώς και όχι απόλυτα, γιατί όταν δύο μεταβλητές είναι πλήρως συσχετισμένες, τα μαθηματικά που διέπουν την PCA δεν λειτουργούν, διότι δημιουργείται ένας μονόπλευρος πίνακας (Duthie 2022).

Γεωμετρικά, η PCA απεικονίζει την υψηλών διαστάσεων διακύμανση δεδομένων σε μειωμένο αριθμό διαστάσεων, γεγονός που επιτυγχάνεται με την περιστροφή του αρχικού πίνακα δεδομένων, τα οποία προβάλλονται στο νέο σύνολο αξόνων, με τη μέγιστη διακύμανση να προβάλλεται κατά μήκος του προηγούμενου άξονα. Δηλαδή, οι νέες συσχετίσεις προκύπτουν συνυπολογίζοντας την επίδραση των υπόλοιπων μεταβλητών για να βγουν οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων. Το μέρος της διακύμανσης που δεν εξηγείται από την πρώτη κύρια συνιστώσα προβάλλεται στον επόμενο άξονα (Palmer 2008), διαδικασία που συνεχίζεται για όλες τις συνιστώσες ώσπου να εξηγηθεί όλη η μεταβλητότητα. Τα δεδομένα περιστρέφονται ορθογώνια γύρω από κάθε πρόσθετη κύρια συνιστώσα, έτσι ώστε το ποσό της διακύμανσης που εξηγείται με κάθε μία γίνεται προοδευτικά μικρότερη. Έτσι, όσες οι μεταβλητές τόσες και οι κύριες συνιστώσες PC.

3. Στόχος

Η σύνθεση των ειδών που προκύπτει από τα εμέσματα μπορεί να αντανakλά τη σύνθεση των θηραμάτων που σχετίζεται με το ενδιαίτημα (Roulin 2002). Ενώ μπορούμε να αντλήσουμε ποσοτικά στοιχεία για τη διατροφή της *Tyto alba*, τα δεδομένα για τις κοινότητες των μικρών θηλαστικών είναι κυρίως ποιοτικά (Taylor 1994). Χρησιμοποιώντας, λοιπόν, την ανάλυση εμεσμάτων της *Tyto alba* θέλουμε να μελετήσουμε την σύνθεση και την κατανομή των μικρών χερσαίων θηλαστικών στην περιοχή της Κρήτης, μια περιοχή για την οποία ελάχιστες σχετικές εργασίες έχουν δημοσιευτεί (Pieper 1977, Cheylan 1976, Παραγκαμιάν & Zivanovic 1989, Obuch & Benda 2009).

Έτσι, για την παρούσα εργασία τα ερωτήματα που τίθενται να απαντηθούν είναι:

- Υπολογισμός ποσοστιαίας συμμετοχής των τάξεων και των ειδών των μικρών θηλαστικών στην διατροφή της *Tyto alba* στην Κρήτη
- Διερεύνηση πιθανών συσχετίσεων των ειδών μεταξύ τους και των ειδών με περιβαλλοντικούς παράγοντες
- Διερεύνηση αν οι συσχετίσεις των ειδών συνδυάζονται με ομαδοποιήσεις των δειγμάτων
- Σύγκριση αποτελεσμάτων με άλλες περιοχές

Γ. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

1.1 Ανάλυση εμεσμάτων

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας αρχικά αναλύθηκαν 5 δείγματα εμεσμάτων, με σκοπό τον εμπλουτισμό της βάσης δεδομένων με στοιχεία για τα μικρά θηλαστικά του νησιού με δείγματα συνολικά από 72 δειγματοληπτικές περιοχές της Κρήτης. Τα εμέσματα είναι συμπυκνωμένα άπεπτα υλικά που εξεμεί η *T. alba*, η οποία καταπίνει ολόκληρα τα θηράματα και αδυνατεί να χωνέψει τα οστέινα στοιχεία αυτών (Glue 2009) (Εικόνα 2). Τα οστά στα εμέσματα της *T. alba* συνήθως παραμένουν αλώβητα, αφού έχει λιγότερο όξινο στομάχι σε σχέση με αλλά αρπακτικά (Smith & Richmond 1972), με αποτέλεσμα την πιο εύκολη αναγνώριση των ειδών. Σε μια δεύτερη φάση έγινε ανάλυση και στατιστική επεξεργασία όλων των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί κατά καιρούς από τις συλλογές του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, προκειμένου να προσδιοριστούν οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές μεταβλητές εντός της κυνηγετικής επικράτειας της κουκουβάγιας, οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τη σύνθεση και την αφθονία των κατηγοριών θηραμάτων (Milchev et al. 2015).



Εικόνα 1: Έμεσμα *Tyto alba*

Η ανάλυση των εμεσμάτων γίνεται με την χρήση της ξηρής τεχνικής, κατά την οποία αυτά αποσυναρμολογούνται με το χέρι και τα είδη αναγνωρίζονται στο κατώτερο δυνατό ταξινομικό επίπεδο (Ferri et al. 2021). Τα δείγματα των εμεσμάτων, τα οποία έχουν έναν μοναδικό κωδικό FC με στοιχεία για την θέση δειγματοληψίας, την ημερομηνία αυτής και τον συλλέκτη, περιλαμβάνουν τόσο τα ακέραια πέλλετ όσο και το υπόλοιπο μη ακέραιο υλικό (pellet 0). Από τα πέλλετ απομονώνονται τα οστά, τα οποία διαχωρίζονται σε κρανία, σιαγόνες και λοιπά οστά, όπως φαίνεται στην εικόνα 1. Αφού διαχωριστούν τα οστά, με την βοήθεια της κλείδας αναγνωρίζονται σε ποιο είδος ανήκουν, με κύριους διαγνωστικούς χαρακτήρες να βασίζονται στις κρανιακές διαφορές. Στην διαδικασία της αναγνώρισης χρησιμοποιείται στερεοσκόπιο και ηλεκτρονικό παχύμετρο τύπου Marathon, με ακρίβεια 11 δέκατα του χιλιοστού, για μεγαλύτερη ακρίβεια.



Εικόνα 2: εργαλεία για καθαρισμό εμεσμάτων, απομόνωση οστέινων στοιχείων (πάνω). Για αναγνώριση ειδών εστιάζουμε σε διαγνωστικούς χαρακτήρες του κρανίου και της γνάθου (κάτω).



Τέλος, τα οστά ταξινομούνται κατάλληλα ανά είδος και ανά δείγμα, ενώ υπολογίζεται για το κάθε είδος αναγράφεται ο ελάχιστος αριθμός των ατόμων (MNI) και το FC. Ο MNI υπολογίζεται βασισμένος στα S, PS και RJ, LJ (Milchev et al. 2015) (συγκρίνοντας τον αριθμό των συνολικών γνάθων και τον αριθμό των συνολικών κρανίων, ο μεγαλύτερος αριθμός είναι ο ελάχιστος αριθμός ατόμων). Η αποθήκευση όλων των στοιχείων που προέκυψαν κατά την ανάλυση των εμεσμάτων αποθηκεύονται σε φυσική μορφή στις συλλογές του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης (εικόνα 3), ενώ παράλληλα, συμπληρώνεται το πρωτόκολλο και η ηλεκτρονική βάση με αναλυτικά στοιχεία για τα είδη.



Εικόνα 1: Οργάνωση αναλυμένων εμεσμάτων για αποθήκευση στην συλλογή του ΜΦΙΚ

Η κλείδα με βάση της οποίας έγινε η αναγνώριση των ειδών για τα είδη του ελλαδικού χώρου είναι μέρος της εργασίας “The Skulls of Greek Mammals: The Micromammals” Kargopoulos et al. 2023.

Στην παρούσα εργασία τα δείγματα που επεξεργάστηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 3, όπου οι πληροφορίες FC (κωδικός δείγματος), Date (ημερομηνία συλλογής), Locality (θέση δειγματοληψίας), Leg (συλλέκτης εμεσμάτων), Det (επεξεργαστής εμεσμάτων).

Πίνακας 3: Δείγματα που αναλύθηκαν

FC	Date	Locality	Leg	Det
26495	26/II/2023	ΓΕΦΥΡΑ ΑΙ ΤΑΝΙΑ	ΚΙΑΜΟΣ	ΟΡΦΑΝΟΥ
27006	1/VI/2023	ΒΑΣΙΛΕΙΕΣ, Ν.ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΔΡΕΤΑΚΗΣ	ΟΡΦΑΝΟΥ
27076	16/VII/2023	ΜΥΡΣΙΝΗ ΣΗΤΕΙΑΣ, ΠΥΡΓΟΣ ΚΟΡΝΑΡΟΥ	ΧΑΤΖΑΚΗ	ΟΡΦΑΝΟΥ ΚΥΡΚΟΥ
27544	28/IX/2023	ΧΑΝΔΡΑ ΣΗΤΕΙΑΣ, ΠΥΡΓΟΣ ΒΟΙΛΑ	ΚΟΛΕΝΔΡΙΑΝΟΥ	ΨΑΡΡΟΥ
27017-27048		ΛΕΥΚΑ ΚΤΗΡΙΑ	ΚΙΑΜΟΣ	ΟΡΦΑΝΟΥ

1.2 Στατιστική επεξεργασία-Ποικιλότητα και ομοιότητα της διαίτας

Στη αρχική στατιστική επεξεργασία υπολογίστηκαν οι σχετικές αφθονίες κάθε είδους για κάθε FC και οι ποσοστιαίες συμμετοχές τόσο των τάξεων, εντομοφάγα και τρωκτικά, όσο και των ειδών που βρέθηκαν στην διαίτα της *T. alba* για την περιοχή της Κρήτης συνολικά. Στην συνέχεια, για να βρεθεί το διατροφικού εύρους της *T. alba* υπολογίστηκε ο δείκτης του Levin’s (1968) (FNB), με τις τιμές αυτού του δείκτη να κυμαίνονται από 1 έως N (αριθμός κατηγοριών θηραμάτων σε ένα δείγμα διατροφής)

(όπως και στις εργασίες Leonardia & Dell'Arte 2005, Bontzorlos et al. 2005, Szűcs et al. 2014) και ο δείκτης Shannon & Wiener (1963), (όπως σε Goutner & Alivizatos 2003, Alivizatos 2006, Volodymyr 2020, Ferri et al. 2021).

Ο δείκτης του Levin's (1968) (FNB) υπολογίστηκε συνολικά για την Κρήτη αλλά και για κάθε νομό αυτής ξεχωριστά, μέσω της παρακάτω εξίσωσης:

$FNB = 1/\sum p_i^2$, όπου p_i είναι το ποσοστό της κατηγορίας i στην δίαιτα.

Ο δείκτης Shannon-Wiener (H') υπολογίστηκε από την εξής εξίσωση:

$H' = -\sum p_i \ln p_i$, όπου p_i είναι το ποσοστό της κατηγορίας i στην δίαιτα.

Ακόμη υπολογίστηκε ο δείκτης Pianka (1973) για τον έλεγχο της ομοιότητας της δίαιτας σε ζεύγη περιοχών (όπως και στις εργασίες Bontzorlos et al. 2005, Szűcs et al. 2014, Volodymyr 2020). Ο δείκτης αυτός κυμαίνεται από 0 (που σημαίνει καμία επικάλυψη) έως 1 (που σημαίνει πλήρη επικάλυψη). Συγκεκριμένα ελέγχθηκε η ομοιότητα μεταξύ των νομών της Κρήτης. Η εξίσωση που περιγράφει τον δείκτη Pianka (1973) είναι η εξής:

$O = \sum p_i q_i / (\sum p_i^2 * \sum q_i^2)$, όπου p_i το ποσοστό της κατηγορίας i στην δίαιτα της περιοχής p και q_i το ποσοστό της κατηγορίας i στην περιοχή q .

Όλοι οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν στο Excel.

2. Αναλύσεις αντιστοιχιών

Τα δείγματα των εμεσμάτων της κουκουβάγιας είναι ουσιαστικά δείγματα από μια ευρέα περιοχή γύρω από τη θέση φωλιάσματος (έως ακτίνα 7 χλμ.), η οποία περιλαμβάνει ποικιλία διαφορετικών ενδιαιτημάτων. Η συνύπαρξη ειδών στο ίδιο δείγμα δεν σημαίνει απαραίτητα ότι τα ποντίκια εμφανίζονται στο ίδιο μικροενδιαιτήματα (Stefke & Landler 2020). Για την διερεύνηση των συσχετίσεων μέσα στα δείγματα χρησιμοποιήθηκαν οι αναλύσεις αντιστοιχιών, που πραγματοποιήθηκαν στην προγραμματιστική γλώσσα R με χρήση του στατιστικού πακέτου *vegan*. Για τις συγκεκριμένες αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα δείγματα με $MNI > 30$ και τα δεδομένα ήταν οι σχετικές αφθονίες των ειδών, όπως προέκυψαν από τις αναλύσεις των εμεσμάτων. Αρχικά έγινε ανάλυση distance based-RDA, η κανονική μορφή της ανάλυσης κύριων συνιστωσών (ter Braak 1995), προκειμένου να βρεθούν συσχετίσεις μεταξύ των ειδών βασισμένες στις σχετικές αφθονίες αυτών, αλλά και η μη-μετρική πολυδιάστατη κλιμακοποίηση (non-metric multidimensional scaling, NMDS). Για την δημιουργία του αρχικού matrix χρησιμοποιήθηκε η απόσταση Bray-Curtis (1957).

Σε δεύτερη φάση προκειμένου να βρεθούν συσχετίσεις μεταξύ των ειδών με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες εντός της περιοχής δράσης της *Tyto alba*, πραγματοποιήθηκε ανάλυση CCA. Οι περιβαλλοντικές μεταβλητές που επιλέχθηκαν ήταν ο ανθρώπινος πληθυσμός και οι χρήσεις γης. Στοιχεία για τον ανθρώπινο

πληθυσμό πάρθηκαν από το Eurostat. Όσον αφορά τις χρήσεις γης η κατηγοριοποίηση έγινε με βάση την κατηγοριοποίηση Corine Land Cover του Copernicus (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>) σε αστικό περιβάλλον, φυσική βλάστηση, μόνιμες καλλιέργειες (ελιές, σταφύλια, σπυροφόρα δένδρα) και ετερογενείς γεωργικές περιοχές (σύνθετα πρότυπα καλλιέργειας, όχι μόνιμες καλλιέργειες ανάμεσα σε στοιχεία φυσικής βλάστησης), όπως φαίνονται στον πίνακα 4..

Πίνακας 4: Μεταβλητές χρήσεων γης και αντιστοίχιση αυτών με βάση την κατηγοριοποίηση Corine LandCover.

Κατηγορίες Χρήσης Γης – Περιβαλλοντικές μεταβλητές	Κατηγορίες CorineLandCover		Κωδικό όνομα
Αστικό περιβάλλον	Τεχνητές επιφάνειες (1.1, 1.2, 1.3)	Αστικός ιστός, βιομηχανικές περιοχές	URB
Μόνιμες καλλιέργειες	Γεωργικές περιοχές (2.2)	ελιές, σταφύλια, σπυροφόρα δένδρα	ΜΚ
Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	Γεωργικές περιοχές (2.4)	όχι μόνιμες καλλιέργειες ανάμεσα σε στοιχεία φυσικής βλάστησης	ΣΠΚ
Φυσική βλάστηση	Δάση & ημι-δασικές περιοχές (3.1, 3.2)	Περιοχές με δασική κάλυψη και περιοχές με θαμνώδη και ποώδη βλάστηση (φρυγανικά οικοσυστήματα)	Natural Cover
Ανθρώπινος πληθυσμός			HPC

Τα αρχεία των περιβαλλοντικών παραγόντων τροποποιήθηκαν κατάλληλα στο λογισμικό ArcGIS Pro. Αρχικά, επιλέχθηκε κλίμακα, τέτοια ώστε να ταιριάζει στην ακτίνα δράσης της *Tyto alba*. Όσον αφορά την κλίμακα για χωρικά δεδομένα, προκειμένου να γίνουν σωστές τροποποιήσεις, λαμβάνεται υπόψη α) η έκταση της περιοχής μελέτης καθώς και το σύνολο των οικολογικών παραμέτρων που εμφανίζονται στην περιοχή και β) το μέγεθος κόκκου (grain size), δηλαδή η ελάχιστη έκταση τετραγώνου (pixel) στην οποία προβάλλονται τα γεωγραφικά δεδομένα. Τα δεδομένα χρήσεων γης από το Corine Land cover έχουν ανάλυση (?) στα 100 * 100 m και τα τελικά αρχεία έχουν ποσοστό κάλυψης το 1 χιλιόμετρο με μέγεθος κόκκου/σε ανάλυση 100m. Τα δεδομένα προβλήθηκαν στο Ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ'87. Στην συνέχεια, για τα δεδομένα χρήσεως γης, υπολογίστηκε το ποσοστό κάλυψης της κάθε κατηγορίας σε ακτίνα ενός χιλιομέτρου, ώστε να μετατραπούν τα κατηγορικά δεδομένα σε συνεχή δεδομένα.

Επιπλέον, για την σωστή επιλογή των παραγόντων, έγινε έλεγχος για πολυσυγγραμμικότητα των μεταβλητών με τον παράγοντα πληθωρισμού διακύμανσης (VIF). Η συγγραμμικότητα δηλώνει την συσχέτιση ανεξάρτητων μεταβλητών, κάτι που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Γι' αυτό και μεταβλητές που συσχετίζονται απομακρύνθηκαν, με όριο της συγγραμμικότητας να είναι το 65%.

Δ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. Ανάλυση εμεσμάτων

Στο σύνολο των εμεσμάτων που αναλύθηκαν τα είδη που βρέθηκαν να εκπροσωπούνται στην διατροφή την *Tyto alba* αναγράφονται στους παρακάτω πίνακες 4 και 5, με τα είδη με τιμές σχετικής συχνότητας άνω του 1% να θεωρούνται ως χαρακτηριστικά είδη (Szűcs et al. 2014).

Πίνακας 5: Είδη εντομοφάγων (οικογένεια Soricidae) Κρήτης που βρέθηκαν στα δείγματα εμεσμάτων.

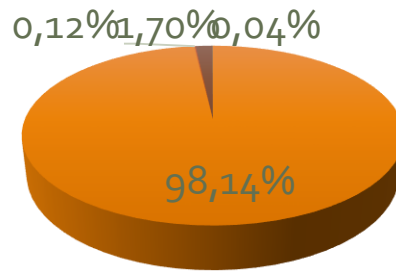
ΕΝΤΟΜΟΦΑΓΑ		
Soricidae	<i>Suncus etruscus</i> (Savi, 1822)	Ετρουσκομυγαλή
	<i>Crocidura gueldenstaedti</i> (Pallas, 1811)	Κηπομυγαλή

Πίνακας 6: Είδη τρωκτικών (οικογένεια Muridae) Κρήτης που βρέθηκαν στα δείγματα εμεσμάτων.

ΤΡΩΚΤΙΚΑ		
Muridae	<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)	Μαυροποντικός
	<i>Mus domesticus</i> (Rutty, 1772)	Σταχτοποντικός
	<i>Acomys cahirinus</i> (Geoffroy, 1803)	Ακανθοποντικός
	<i>Apodemus sylvaticus</i> (Linnaeus, 1758)	Δασοποντικός

Από την στατιστική επεξεργασία του συνόλου των δεδομένων από τις αναλύσεις των εμεσμάτων προκύπτουν στοιχεία για την συμμετοχή των μικρών θηλαστικών και των άλλων σπονδυλωτών (Γράφημα 1), την συμμετοχή των τρωκτικών και των εντομοφάγων (Γράφημα 2) και αναλυτικά των ειδών (Γράφημα 3), που βρέθηκαν στην Κρήτη, στην δίαιτα της *Tyto alba*. Αναλυτικά τα δείγματα, που χρησιμοποιήθηκαν, προέρχονται από 72 θέσεις (εκ των οποίων 4 δείγματα αναλύθηκαν σε αυτήν την εργασία).

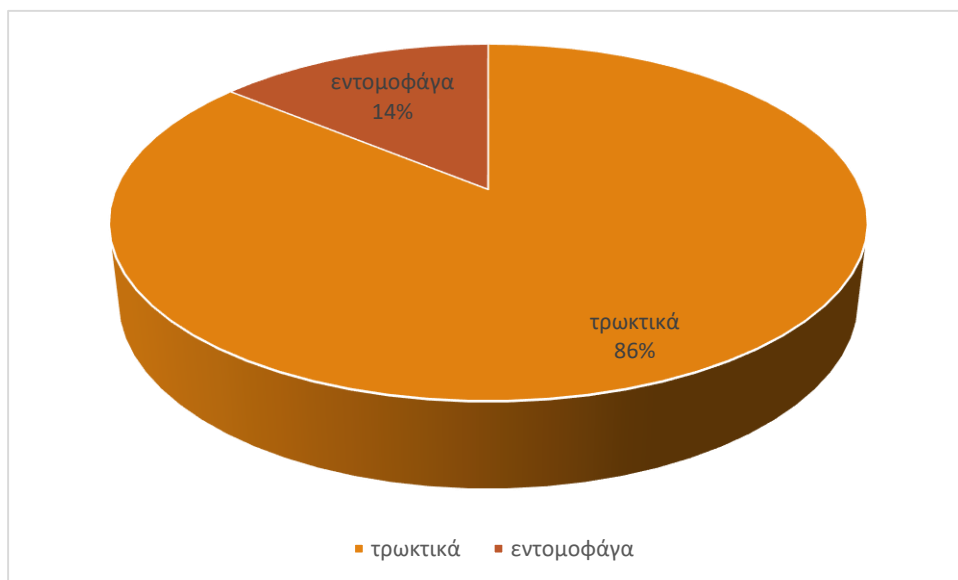
Στο 1^ο γράφημα φαίνεται με 98% να αντιπροσωπεύονται τα μικρά θηλαστικά, ενώ το υπόλοιπο 2% μοιράζεται μεταξύ των χειρόπτερων (1,7%), των πτηνών (0,12%) και των ερπετών, πιο συγκεκριμένα των σαυρών (0,04%).



■ small mammals

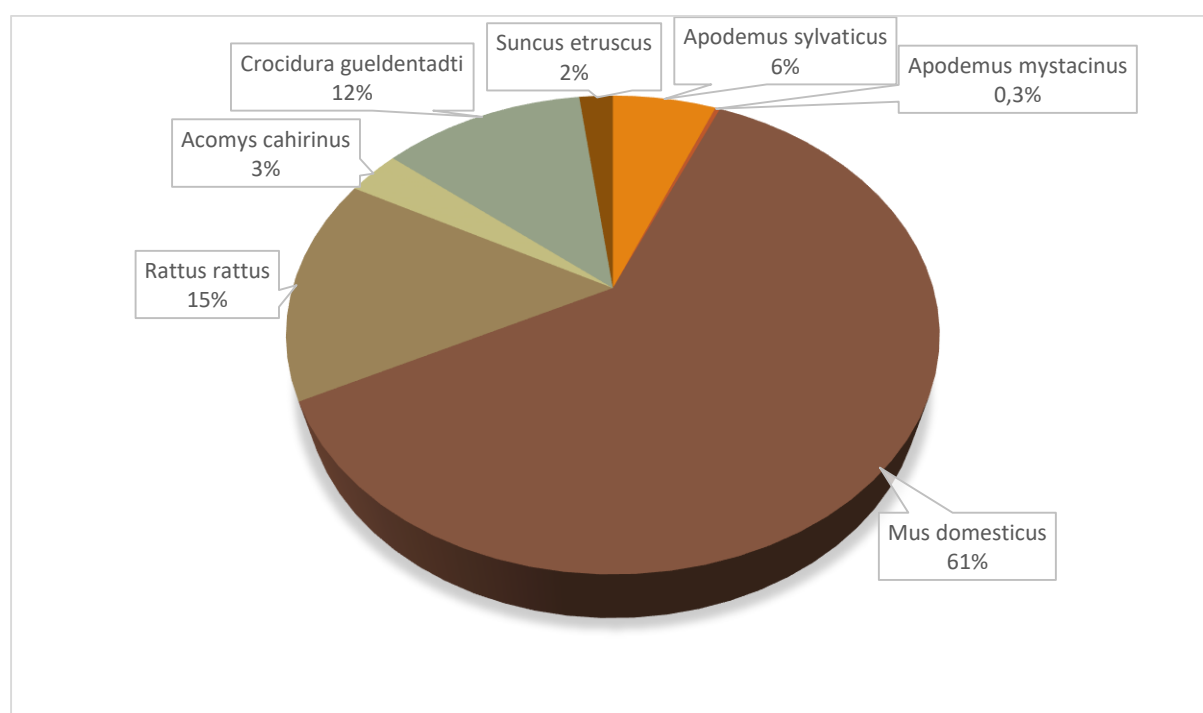
Γράφημα 1: Συμμετοχή μικρών θηλαστικών και άλλων σπονδυλωτών στο διαιτολόγιο της *Tyto alba*. Μικρά θηλαστικά 98%, Χειρόπτερα 1,7%, Πτηνά 0,12% και Σαύρες 0,04%.

Από τα δείγματα προέκυψαν 5090 άτομα θηραμάτων μικρών θηλαστικών. Συγκεκριμένα τα είδη που βρέθηκαν είναι τα εξής: *Mus domesticus* (3111 MNI), *Rattus rattus* (776 MNI), *Apodemus sylvaticus* (315 MNI), *Apodemus mystacinus* (14 MNI), *Acomys cahirinus* (158 MNI), *Crocidura gueldenstaedti* (614 MNI), *Suncus etruscus* (102 MNI), με βάση των οποίων προέκυψαν οι σχετικές αφθονίες. Το 2^ο γράφημα αντιπροσωπεύει τις τάξεις, τρωκτικά και εντομοφάγα στην διαίτα. Τα τρωκτικά αποτελούν το 86% και εκπροσωπούνται από την υποοικογένεια Murinae, ενώ το 14% έχουν τα εντομοφάγα με την οικογένεια Soricidea. Η αναλογία τρωκτικών/εντομοφάγα παίρνει τιμές από μηδέν (όπου μηδέν είναι η σχ. αφθονία των εντομοφάγων) μέχρι 0.46 και η μέση τιμή είναι 0.13 ± 0.016 .



Γράφημα 2: Συμμετοχή τρωκτικών και εντομοφάγων στο διαιτολόγιο της *Tyto alba*. Τα τρωκτικά αντιπροσωπεύουν το 86% και τα εντομοφάγα το 14%.

Στο 3^ο γράφημα φαίνεται η συμμετοχή όλων των ειδών των μικρών θηλαστικών στο διαιτολόγιο της κουκουβάγιας *Tyto alba*. Το μεγαλύτερο ποσοστό έχει το *Mus domesticus* με 61,88% και ακολουθεί το *Rattus rattus* με 15,25%. Στην συνέχεια με 12,1% βρίσκεται η κηπομουγαλή *Crocidura gueldentadeti* από τα εντομοφάγα. Σε μικρότερα ποσοστά απαντώνται τα *Apodemus sylvaticus* 6,2%, *Acomys cahirinus* 3,1%, *Suncus etruscus* 2% και *Apodemus mystacinus* 0,3%. Το *Apodemus mystacinus* βρέθηκε μόνο σε 4 δείγματα (1 δείγμα στον νομό Ηρακλείου, 1 στα Χανιά και 2 στον νομό Λασιθίου), ενώ το *Mus domesticus* δεν υπήρχε μόνο σε 6 δείγματα.



Γράφημα 3: Συμμετοχή μικρών θηλαστικών στο διαιτολόγιο της *Tyto alba*.

Στην συνέχεια, υπολογίστηκε ο δείκτης του Levin' s (1968) (FNB) και ο δείκτης Shannon (H), για να βρεθεί το διατροφικό εύρος της *T. alba* για κάθε νομό της Κρήτη, όπως φαίνεται στον πίνακα 6. Σύμφωνα με τον δείκτη του Levin' s το μεγαλύτερο εύρος σημειώνεται για τον νομό των Χανίων με 2.8 και το μικρότερο για τον νομό του Λασιθίου (1.99), ενώ σύμφωνα με τον δείκτη Shannon μέγιστο εύρος έχει για τον νομό των Χανίων (1.29) και μικρότερο για τον νομό του Ηρακλείου (1.05).

Πίνακας 7: FNB, δείκτης του Levin' s (1968) που υπολογίζει το διατροφικό εύρος της *T. alba*

	Χανιά	Ρέθυμνο	Ηράκλειο	Λασιθί	Κρήτη
FNB	2.83265926	2.345185	2.052746	1.997868702	2.0768724
Shannon (H)	1.28975948	1.05992	1.05103067	1.11363	-

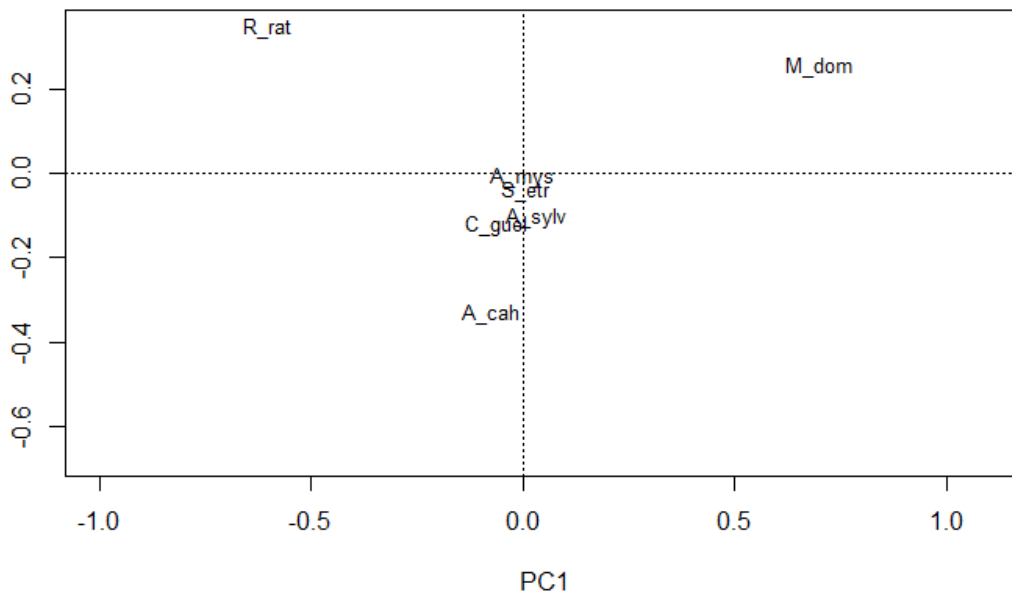
Από τον πίνακα 8, όπου καταγράφεται ο δείκτης Ρianka για τον έλεγχο της ομοιότητας της δίαιτας σε ζεύγη περιοχών, φαίνεται πως όλοι οι νομοί εμφανίζουν υψηλή ομοιότητα μεταξύ τους με τον δείκτη να έχει πάντα τιμές μεγαλύτερες του 90%. Πιο συγκεκριμένα την μέγιστη ομοιότητα εμφανίζουν τα Χανιά με το Ρέθυμνο (99.5%), ενώ ακολουθεί το Ηράκλειο με το Λασιίθι (99.1%).

Πίνακας 8: Δείκτης Ρianka για τον έλεγχο της ομοιότητας της δίαιτας σε ζεύγη περιοχών, συγκεκριμένα την ομοιότητα των νομών της Κρήτης.

Δείκτης Ρianka	Χανιά	Ρέθυμνο	Ηράκλειο	Λασιίθι
Χανιά	0	0.995479937	0.976553	0.94985292
Ρέθυμνο	0.995479937	0	0.972979	0.937867
Ηράκλειο	0.976553	0.972979	0	0.991024531
Λασιίθι	0.94985292	0.937867	0.991024531	0

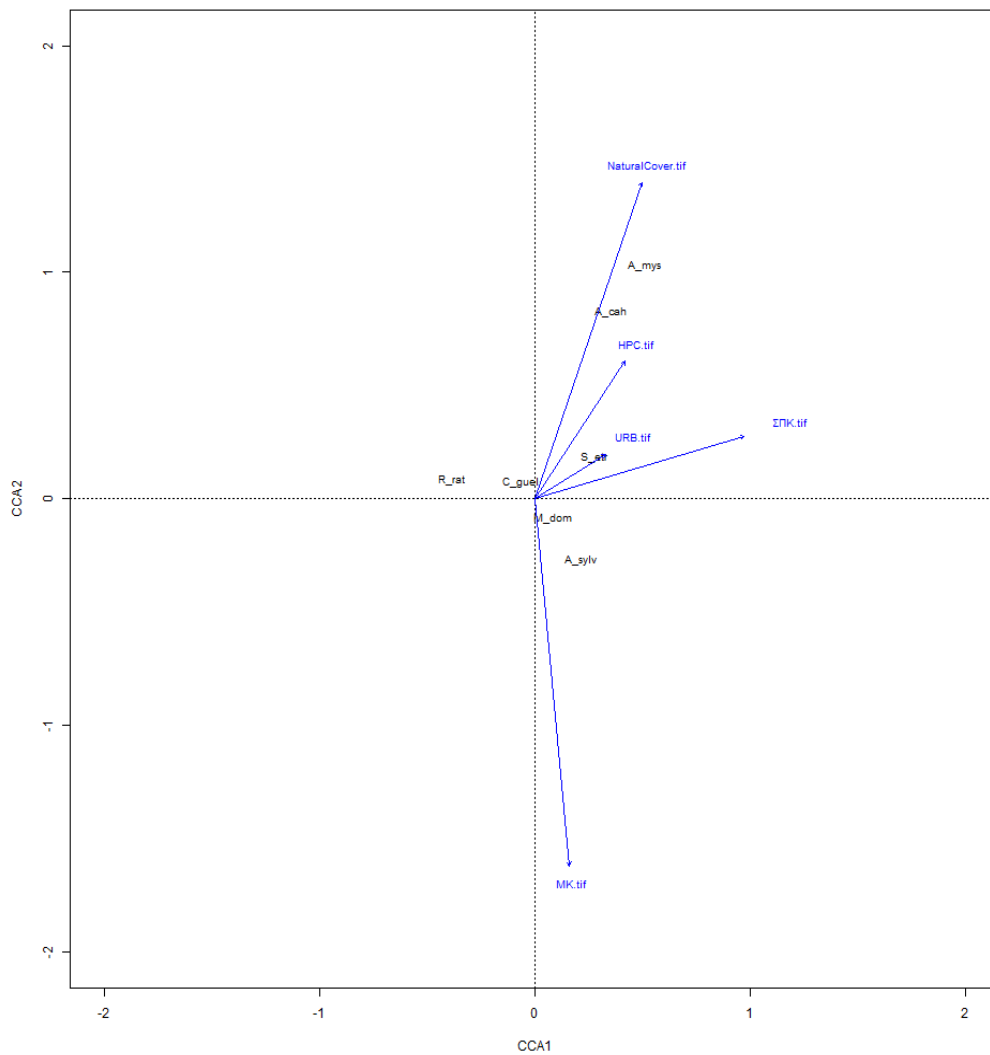
2. Αναλύσεις αντιστοιχιών

Από τις αναλύσεις αντιστοιχιών προκύπτει μια γραφική απεικόνιση των δειγμάτων με βάση την αφθονία των ειδών. Από την ανάλυση distance based-RDA (Γράφημα 4) που προέκυψε η PC1 εξηγεί το 36.04% της μεταβλητότητας και η PC2 το 1.4% αυτής. Τα είδη που διαφοροποιούνται είναι τα *Rattus rattus*, *Mus domesticus* και *Acomys cahirinus*, ενώ τα υπόλοιπα ομαδοποιούνται αποτελώντας ένα cluster. Πιο αναλυτικά τα *R. rattus* και *M. domesticus* διαφοροποιούνται έντονα μόνο ως προς την PC1, ενώ το *R. rattus* με το *A. cahirinus* και αντίστοιχα το *M. domesticus* με το *A. cahirinus* διαφοροποιούνται και στην PC1 και την PC2, με την PC1 να ναι πάντα πιο σημαντική καθώς εξηγεί μεγαλύτερο ποσοστό της μεταβλητότητας.



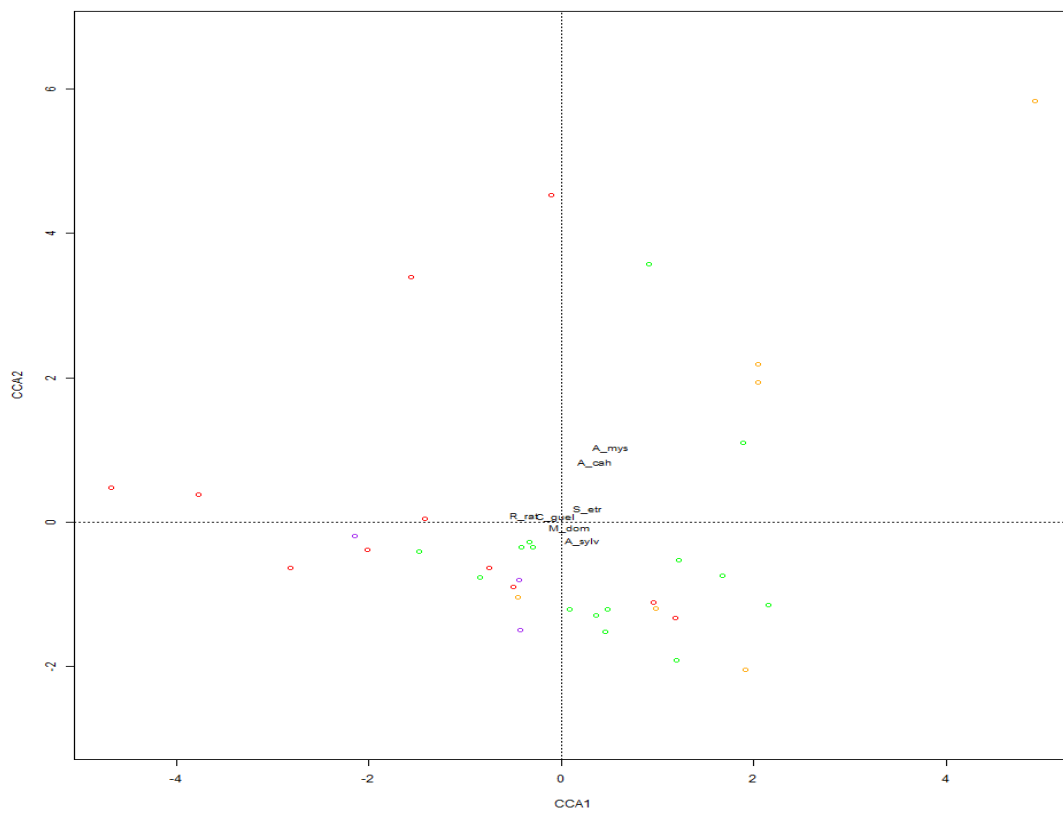
Γράφημα 4: distance-based RDA. Η PC1 εξηγεί το 36.04% της μεταβλητότητας, ενώ η PC2 το 1.4%. Διαφοροποίηση των *R. rattus*, *M. domesticus* και *Acomys cahirinus*.

Στις αναλύσεις CCA οι περιβαλλοντικές μεταβλητές που επιλέχθηκαν ήταν ο ανθρώπινος πληθυσμός, υψόμετρο, φυσική βλάστηση (NaturalCover), αστικό περιβάλλον (URB), μόνιμες καλλιέργειες: ελαιώνες, αμπελώνες, σπυροφόρα δένδρα/δένδρα με σαρκώδεις καρπούς (MK) και ετερογενείς γεωργικές περιοχές: ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες, σύνθετες καλλιέργειες, χωρικά τμήματα κυρίως για γεωργία συνδυασμένα με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης, γεωργο-δασικές περιοχές (ΣΠΚ) και στο γράφημα αντιπροσωπεύονται με μπλε βέλη. Οι γωνίες μεταξύ των βελών είναι μια προσέγγιση των συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών (ter Braak 1995). Στο γράφημα 5 υπάρχει έντονη διαφοροποίηση των μόνιμων καλλιεργειών, ενώ οι υπόλοιπες περιβαλλοντικές μεταβλητές φαίνεται να συσχετίζονται μεταξύ του χωρίς κάποιο διακριτό πρότυπο. Επιπλέον από το γράφημα 5 βλέπει κανείς πως τα είδη *Apodemus mystacinus* και *Acomys cahirinus* σχετίζονται κυρίως με την φυσική βλάστηση, ενώ το *Rattus rattus* δείχνει να μην δέχεται κάποια επίδραση από τους παράγοντες που εξετάζονται.

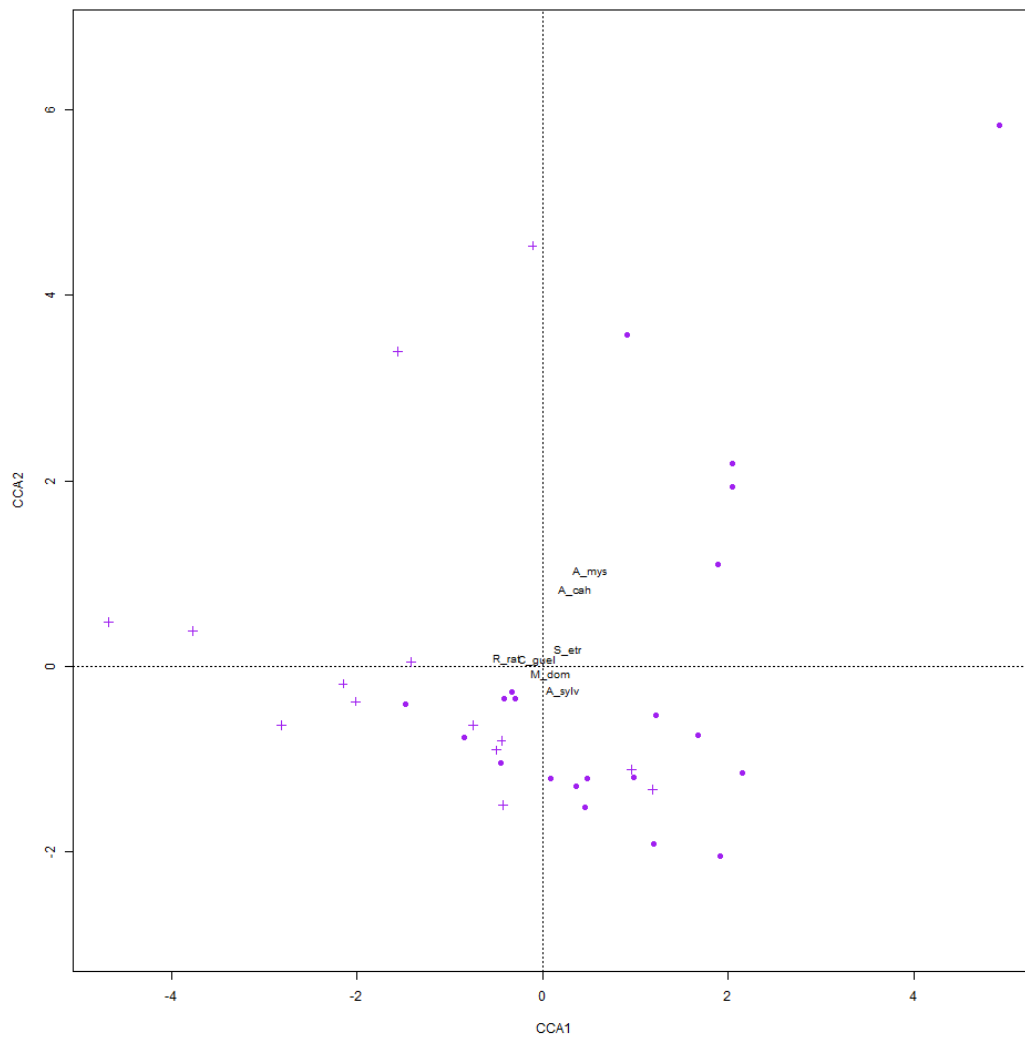


Γράφημα 5: CCA. Η συνολική μεταβλητότητα που εξηγείται είναι 47.1%.

Στο γράφημα 6 παρουσιάζεται η ίδια CCA με την διαφορά ότι έχει γίνει ομαδοποίηση των δειγμάτων ανά νομό και στο γράφημα 7 ομαδοποίηση σε ανατολική και δυτική Κρήτη. Παρ' όλο που δεν υπάρχει κάποιο ξεκάθαρο πόρισμα στο γράφημα 7 στο 1^ο τεταρτημόριο υπάρχουν μόνο δείγματα από της δυτικής Κρήτης και στο 2^ο μόνο από την ανατολική.

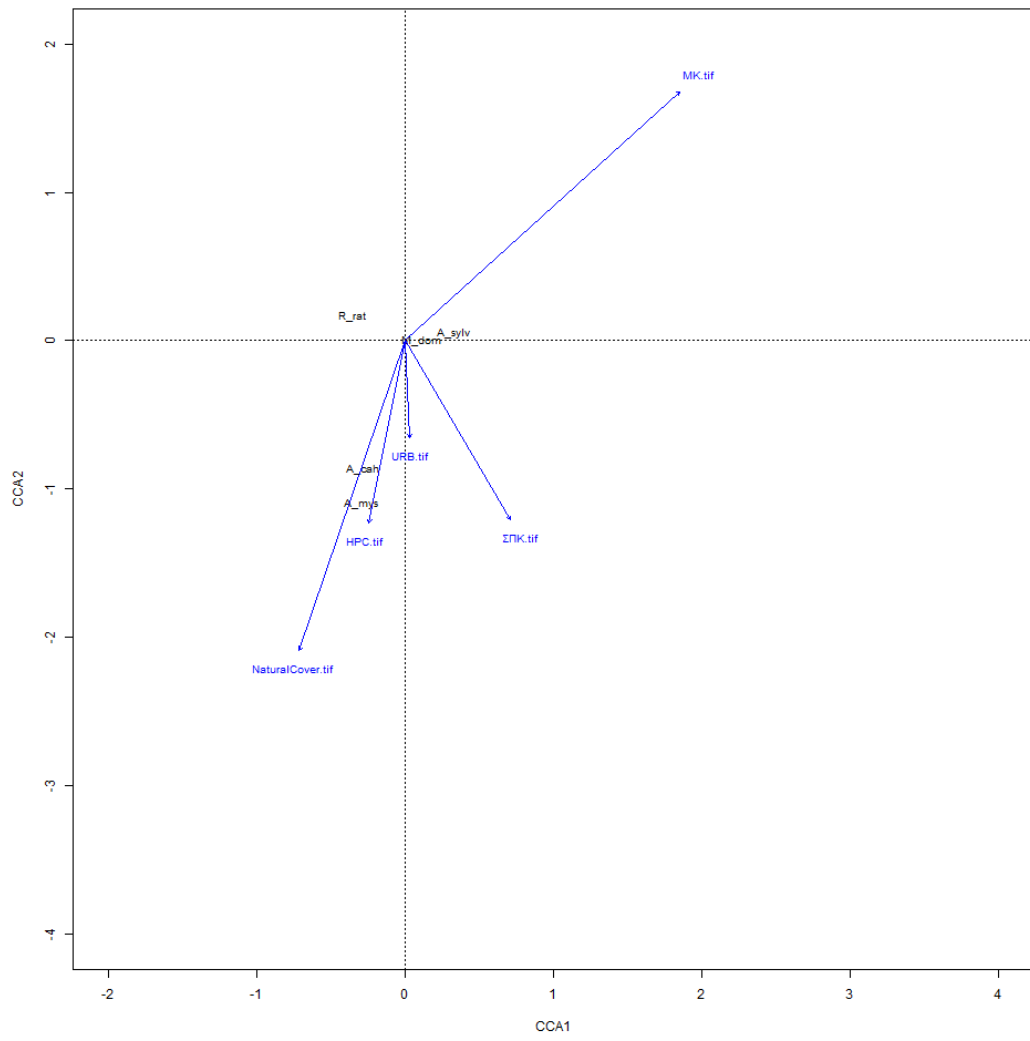


Γράφημα 6: CCA, με ομαδοποιήσεις των δειγμάτων ανά τους νομούς της Κρήτης. Χανιά --> κόκκινο, Ηράκλειο --> πράσινο, Ρέθυμνο --> πορτοκαλί, Λασιθί --> μωβ



Γράφημα 7: CCA με ομαδοποιήσεις των δειγμάτων σε Δυτική (Χανιά Ρέθυμνο) και Ανατολική (Ηράκλειο Λασιθί) Κρήτη. Η δυτική Κρήτη αναπαρίσταται με τους πράσινους κύκλους και η ανατολική με τους κόκκινους.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε CCA ανάλυση μόνο για την οικογένεια Muridae, η οποία εξηγεί το 41% της μεταβλητότητας. Στο γράφημα 8 απεικονίζονται τα αποτελέσματα αυτής. Φαίνεται να υπάρχει ομαδοποίηση των ειδών *Rattus rattus*, *Mus domesticus* και *Arodemus sylvaticus*, που τοποθετούνται κοντά στην αρχή των αξόνων, γεγονός που δηλώνει πως δεν υπάρχει συσχέτιση με τις περιβαλλοντικές μεταβλητές. Μαζί ομαδοποιούνται και τα *Arodemus mystacinus* και *Acomys cahirinus*, τα οποία συσχετίζονται έντονα με την φυσική βλάστηση.



Γράφημα 8: CCA για τα είδη της υποοικογένειας *Murinae*.

E. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1.1 Περιγραφή της περιοχής της Κρήτης

Συνολικά προκύπτει και επιβεβαιώνεται πως τα μικρά χερσαία θηλαστικά αποτελούν το κύριο θήραμα για την κουκουβάγια *Tyto alba* (Goutner & Alivizatos 2003, Alivizatos et al. 2005, Obuch & Benda 2009, Szép et al. 2019, Ferri et al. 2021). Ειδικά για ανοιχτά ενδιαιτήματα με ξηροφυτική βλάστηση, η κουκουβάγια κυνηγά σχεδόν μόνο μικρά θηλαστικά, κυρίως τρωκτικά, και περιστασιακά έντομα, αμφίβια, ερπετά και πουλιά (Taylor 1994, Roulin 2002), γεγονός που υποστηρίζεται και από την παρούσα εργασία για την περιοχή της Κρήτης. Οι κουκουβάγιες, όντας κύριοι θηρευτές των μικρών θηλαστικών, φαίνεται να εκμεταλλεύονται τα πιο άφθονα ή τοπικά διαθέσιμα είδη, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες (Alivizatos et al. 2005). Για τον λόγο αυτό ο αριθμός των μικρών θηλαστικών που βρέθηκαν θεωρείται ότι σχετίζεται άμεσα με την αφθονία στην περιοχή (Stefke & Landler 2020) και τα είδη με τιμές σχετικής αφθονίας άνω του 1% θεωρούνται ως χαρακτηριστικά είδη της περιοχής (Szűcs et al. 2014).

Σύμφωνα με τα παραπάνω από την μελέτη της διατροφής προκύπτει πως στην Κρήτη κυριαρχούν τα τρωκτικά (περίπου τα 9/10 της διατροφής), ενώ τα εντομοφάγα είναι περίπου το 1/10. Στην Κρήτη κυριαρχούν είδη που ανήκουν στην οικογένεια Muridae. Πιο αναλυτικά τα είδη σταχτοποντικός (*Mus domesticus*) και μαυροποντικός (*Rattus rattus*) είναι τα πιο άφθονα είδη των τρωκτικών και αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 76% στην διατροφή της *T. alba*. Στη συνέχεια ακολουθεί η κηπομυγαλή *Crocidura gueldenstaedti*, ένα είδος από την οικογένεια Soricidae των εντομοφάγων. Η αναλογία εντομοφάγα/τρωκτικά κυμαίνεται από 0-0.46 με μέση τιμή 0.132 ± 0.02 . Συνολικά τα είδη που καταγράφηκαν για το νησί της Κρήτης από την ανάλυση των εμεσμάτων είναι για τα τρωκτικά τα *M.domesticus*, *R.rattus*, *Apodemus sylvaticus*, *Acomys cahirinus*, *Apodemus mystacinus* και για τα εντομοφάγα τα *C. gueldenstaedti* και *Suncus etruscus*, με μόνο τα είδη *Rattus norvegicus* και *Crosidura zimmermanni* να εξαιρούνται από την δίαιτα της *Tyto alba*. Όσον αφορά το *Rattus norvegicus* η απουσία του από τα εμέσματα μπορεί να βασιστεί στον περιορισμό λόγω μεγέθους (Roulin 2002), ενώ για την Κρητική μυγαλή η απουσία της μπορεί κυρίως να βασιστεί στα μεγάλα υψόμετρα όπου δραστηριοποιείται το συγκεκριμένο είδους, όπου και δεν κυνηγά η *Tyto alba*.

Τέλος, όπως αναφέρεται και σε άλλες εργασίες που έχουν μελετήσει την δίαιτα της *Tyto alba* σε νησιά της Μεσογείου (νησί των Αντικυθήρων Alivizatos et al. 2005, Αμοργός Cheke & Ashcroft 2017, 18 νησιά της Μεσογείου Janzekovic & Klenovsek 2020), η χαμηλή ποικιλότητα θηλαστικών στη δίαιτα της κουκουβάγιας αντανακλά τη φτωχή θηλαστική πανίδα των νησιών, γεγονός που επιβεβαιώνεται και για την Κρήτη. Παρ' όλα αυτά η ποικιλία της διατροφής της κουκουβάγιας, όσον

αφορά τα νησιά, αυξάνεται με την αυξανόμενη έκταση του νησιού, αλλά δεν επηρεάζεται από την απόσταση από την από την ηπειρωτική χώρα (Janzekovic & Klenovsek 2020). Τα μικρά θηλαστικά αποτελούν, γενικά, κύρια θηράματα, αλλά στα μικρότερα νησιά, η κατανάλωση πτηνών και ερπετών είναι υψηλότερη. Για τον λόγο αυτό και η Κρήτη, σε σχέση με άλλα μικρότερα σε έκταση νησιά, εμφανίζει μεγαλύτερη ποικιλία ειδών μικρών θηλαστικών.

Παρ' όλο που τα είδη *M. domesticus*, *R. rattus* και *C. gueldenstaedti* αντιπροσωπεύονται στην πλειονότητα των δειγμάτων και επομένως στο μεγαλύτερο μέρος του νησιού, η σύνθεση των κοινωνιών των μικρών θηλαστικών διαφέρει σημαντικά, καθώς οι τιμές των συχνοτήτων των ειδών αυτών διαφοροποιούνται έντονα (Szűcs et al. 2014). Ακόμη σε μικρότερη γεωγραφική κλίμακα, σε συγκεκριμένες δηλαδή θέσεις δειγμάτων μεταξύ των περιοχών που μελετήθηκαν, υπάρχουν σημαντικές διαφορές στη διατροφή της κουκουβάγιας (Alivizatos et al. 2005). Στην Κρήτη υπάρχει μικρή διαφοροποίηση στην διατροφή της *Tyto alba*, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τον δείκτη Pianka. Παρ' όλα αυτά εντοπίζονται ορισμένες θέσεις όπου καταγράφονται σπάνια είδη, όπως το *Apodemus mystacinus*, αλλά και θέσεις όπου η αναλογία εντομοφάγων/τροφικών διαφοροποιείται έντονα από τον μέσο όρο. Οι γεωγραφικές διαφοροποιήσεις στη θήρευση της λείας της κουκουβάγιας και επομένως στις διαφορετικές βιοκοινότητες των μικρών θηλαστικών έχουν αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες ανάλογα τις τοπικές συνθήκες (Goutner & Alivizatos 2003) που επηρεάζουν τα θηράματα, όπως ο βióτοπος (Torre et al. 2015) (συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών που προκαλούνται από τον άνθρωπο), οι διαφορές των ενδιαιτημάτων (Alivizatos et al. 2005), η γεωγραφική θέση, η βροχόπτωση και η θερμοκρασία (Stefke & Landler 2020) και το υψόμετρο (Torre et al. 1996).

Τα δείγματα των εμεσμάτων της κουκουβάγιας είναι ουσιαστικά δείγματα από μια ευρέα και δύσκολα προσδιορίσιμη περιοχή γύρω από τη θέση δειγματοληψίας (που ταυτίζεται με την θέση φωλιάσματος), η οποία περιλαμβάνει ποικιλία διαφορετικών ενδιαιτημάτων. Η συνύπαρξη ειδών στο ίδιο δείγμα δεν σημαίνει απαραίτητα ότι τα ποντίκια εμφανίζονται στο ίδιο μικροενδιαιτήματα (Stefke & Landler 2020). Από τις αναλύσεις αντιστοιχιών μπορούν τα δεδομένων των εμεσμάτων να συνδυαστούν με τους διαφορετικούς τύπους ενδιαιτημάτων που υπάρχουν μέσα στην περιοχή δράσης της κουκουβάγιας. Συγκεκριμένα από την CCA φάνηκε πως τα είδη *Apodemus mystacinus* και *Acomys cahirinus* συσχετίζονται με την φυσική βλάστηση. Ακόμα σε περιοχές της Ιταλίας είδη όπως *Microtus savii*, *Apodemus sylvaticus* και είδη της οικογένειας Soricidae συνδέονται αυστηρά με καλλιεργήσιμες εκτάσεις και μωσαϊκά αυτών (Ferri et al. 2021), γεγονός που δεν επιβεβαιώνεται από την παρούσα εργασία. Φαίνεται να υπάρχει μια μικρή συσχέτιση του *Apodemus sylvaticus* με τις μόνιμες καλλιέργειες, αλλά χωρίς αυτό να είναι αρκετά ξεκάθαρο. Για τα είδη της οικογένειας Soricidae στην περιοχή της Κρήτης δεν

υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο όσον αφορά τις χρήσεις γης, παρ' όλο που στοιχεία που αφορούν την βλάστηση (είτε καλλιέργειες είτε φυσική βλάστηση) ευνοούν το είδος *C. gueldenstaedti*, με τις μυγαλές να προτιμούν κυρίως ενδιαιτήματα όπως οι ανοιχτές εκτάσεις με γρασίδι και θάμνους (Popov & Sedefchev 2003), αλλά και στην εργασία του Bontzorlos 2023 τα είδη *C. gueldenstaedti* και *S. etruscus* συσχετίζονται με εδάφη αργιλώδη, ενώ το *S. etruscus* συσχετίζεται επίσης με μη αρδευόμενες εκτάσεις και μη εντατικά καλλιεργούμενες περιοχές.

1.2 Σύγκριση με άλλες περιοχές

Συγκρίνοντας την διατροφή της *Tyto alba* τόσο με περιοχές εντός όσο και με περιοχές εκτός του ελλαδικού χώρου εντοπίζονται ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις και διαφοροποιήσεις. Ήδη αναφέρθηκε πως τα νησιά έχουν συνήθως πιο φτωχή ποικιλότητα μικρών θηλαστικών, αλλά ακόμα και σε αυτά υπάρχει διαφοροποίηση με τα πιο μεγάλα σε έκταση νησιά να τείνουν να έχουν μεγαλύτερη ποικιλομορφία. Για παράδειγμα στο νησί της Αμοργού εντοπίστηκαν μόνο ένα είδος *Rattus*, ένα *Mus* και δύο είδη *Apodemus* για τα τρωκτικά και μόνο το είδος *Crocidura suaveolens* για τα εντομοφάγα (Cheke & Ashcroft 2017), ενώ στην Κρήτη τα είδη μικρών θηλαστικών που εντοπίζονται ανέρχονται στα εννιά.

Μεγαλύτερη διαφοροποίηση στην διατροφή της κουκουβάγιας ωστόσο, παρατηρείται κυρίως με την ηπειρωτική Ελλάδα. Αρχικά σε πολλές περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας μεγάλο ποσοστό στην διατροφή της *Tyto alba* έχουν είδη από το γένος *Microtus*, το οποίο στην Κρήτη εκλείπει εντελώς. Πιο συγκεκριμένα, για την περιοχή της Πελοποννήσου, η δυτική πλευρά χαρακτηρίζεται από την κυριαρχία του είδους *Microtus thomasi* (Obuch & Benda 2009, Σαραντίδη 2004), ενώ στην ανατολική Πελοπόννησο τα μεγαλύτερα ποσοστά αφθονίας έχουν τα είδη του γένους *Mus* (Niethammer 1974, Obuch & Benda 2009). Το ενδιαφέρον είναι πως το κυρίαρχο είδος σε ελάχιστες περιπτώσεις ξεπερνά το 50% συμμετοχής στη διαίτα της κουκουβάγιας. Συγκεκριμένα εκτός της Κρήτη, όπου το *M. domesticus* φτάνει το 62%, μόνο στην Ήπειρο το γένος *Microtus* υπολογίζεται στο 51% (Kiamos Phd Thesis). Πιθανά αυτό να εξηγείται λόγω της περιορισμένης ποικιλίας των μικρών θηλαστικών και έτσι λιγότερα θηράματα αποτελούν έναν ιδανικό συνδυασμό αφθονίας, διατροφικής αξίας και κατάλληλης συμπεριφοράς.

Στην ήπειρο από την εργασία των Vohralik & Sofianidou 1991 με δεδομένα από παγιδεύσεις, τόσο είδη *Microtus epiroticus* όσο και το *Mus macedonicus*, κυριαρχούν στην περιοχή και υπάρχουν κυρίως σε λιβάδια συμπεριλαμβανομένου και γεωργικών εκτάσεων. Αντίθετα στην Κρήτη δεν υπάρχει κάποιο σαφές πρότυπο που να συσχετίζει την σύνθεση της βιοκοινότητας με τις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Τέλος, για την περιοχή της Θράκης αναφέρονται δύο εργασίες με τη μια να έχει στοιχεία από τα δέλτα του Έβρου (Alivizatos et al. 2005) και η άλλη από την ευρύτερη περιοχή (Kiamos et al. 2019). Στα δέλτα του ποταμού κυριαρχεί το είδος *Microtus*

rossiaemeridionalis και η κοινή μυγαλή, *C. suaveolens* έχει σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις, ενώ αντίθετα στην άλλη θέση τα είδη *Crocidura sp.* μαζί με τα *Mus sp.* είναι τα πιο άφθονα. Αφενός μεταξύ τους υπάρχει μια έντονη διαφοροποίηση αφετέρου σημαντική διαφορά με την Κρήτη είναι τα υψηλά ποσοστά των εντομοφάγων που κυμαίνονται από 20% μέχρι 39% για την περιοχή του Έβρου και για την περιοχή της Κρήτης είναι περίπου στο 11%.

Συγκρίνοντας την διαίτα της *T. alba* και επομένως την σύνθεση των βιοκοινοτήτων των μικρών θηλαστικών με περιοχές εκτός του ελληνικού χώρου υπάρχουν εξίσου έντονες διαφοροποιήσεις. Από μελέτη που έγινε από τους *Obuch & Benda 2009* σε περιοχές της ανατολικής Μεσογείου τα μικρά θηλαστικά αποτελούν κυρίαρχη λεία για την κουκουβάγια, ενώ σημαντικό αλλά μικρό ποσοστό είχαν και τα πτηνά. Στην νότια Ιταλία κυριαρχούν το δασόβιο *Arodemus flavicollis* και το ενδημικό *Microtus savii* και τα εντομοφάγα *Sorex minutus* και *Talpa romana*, ενώ από την εργασία του *Ferri et al. 2021* σε άλλη θέση της Ιταλίας κυρίαρχο είδος είναι το *Arodemus sylvaticus*, ενώ εξίσου σημαντικό είναι και το *Microtus savii*. Σε αντίθεση με την Ιταλία στην Ελλάδα τα εντομοφάγα που συμμετέχουν κυρίως στην διαίτα της *Tyto alba* είναι τα είδη *Crocidura sp.* και *Suncus etruscus*, ενώ κανένα από τα είδη που κυριαρχούν στην περιοχές αυτές της Ιταλίας δεν απαντώνται στην Κρήτη.

Εργασίες που αναφέρονται σε διάφορες περιοχές βορειότερα της Ελλάδας εξετάζουν την σύνθεση των βιοκοινοτήτων των μικρών θηλαστικών με διάφορους παράγοντες είτε κλιματικούς είτε τοπογραφικούς, όπως είναι και οι χρήσεις γης. Πιο συγκεκριμένα για την Ουγγαρία σε μεγάλους αριθμούς εντοπίζονται οι οικογένειες Cricetidae και Muridae με πιο κοινά είδη τα *Rattus norvegicus* και *Mus musculus*, γεγονός που για κάποιες συγκεκριμένες θέσεις αιτιολογείται λόγω της ύπαρξης αρκετών κτηνοτροφικών μονάδων (*Szép et al. 2019*). Ακόμη στην Αυστρία οι πληθυσμιακοί κύκλοι των τρωκτικών και των εντομοφάγων επηρεάζονται κυρίως από τη βροχόπτωση, τη θερμοκρασία και την εποχικότητα (*Stefke & Landler 2020*). Σε ορισμένες περιοχές της Βουλγαρίας τα ανοικτά ενδιαιτήματα είχαν θετικό αντίκτυπο για τα είδη της οικογένειας Arvicolinae, αλλά αυτά δεν φαίνεται να έχουν σημαντική επίδραση στην ποικιλία της σύνθεσης της διαίτας (*Milchev et al. 2015*).

Συγκριτικά, λοιπόν, γίνεται αντιληπτό πως η ανάλυση εμεσμάτων μπορεί να δώσει πολλές πληροφορίες για τη σύνθεση των κοινοτήτων των μικρών θηλαστικών, αλλά και για την συσχέτιση αυτών με περιβαλλοντικούς παράγοντες. Οι πλειονότητα των εργασιών που στηρίζουν την μελέτη των μικρών θηλαστικών στην ανάλυση των εμεσμάτων της *Tyto alba* έχουν πραγματοποιηθεί σε συγκεκριμένες θέσεις, το οποίο δεν μπορεί να δώσει πληροφορία για την ύπαρξη κάποιων προτύπων, παρά μόνο σε τοπικό επίπεδο. Ειδικά, για την περιοχή της Κρήτης, μέσω της παρούσας εργασίας, γίνεται μια πρώτη προσέγγιση για τις βιοκοινότητες των μικρών θηλαστικών, παρ' όλα αυτά χρήζει περαιτέρω αναλύσεων και διερεύνησης προκειμένου να

διευκρινιστούν οι όποιες συσχετίσεις υπάρχουν μεταξύ των μικρών θηλαστικών και των περιβαλλοντικών παραγόντων.

ΣΤ. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, A. J. B. (1971). Ordination methods in ecology. *The Journal of Ecology*, 713-726.
- Alivizatos, H., Goutner, V., & Zogaris, S. (2005). Contribution to the study of the diet of four owl species (Aves, Strigiformes) from mainland and island areas of Greece. *Belgian journal of zoology*, 135(2), 109.
- Alivizatos, H., Poirazidis, K., Goutner, V., & Athanasiadis, A. (2006). Comparative temporal prey use by barn owl (*Tyto alba*) and little owl (*Athene noctua*) in the Evros Delta, northeastern Greece.
- Amori, G., & Gippoliti, S. (2003). A higher–taxon approach to rodent conservation priorities for the 21st century. *Animal Biodiversity and Conservation*, 26(2), 1–18.
- Anderson, M. J., & Willis, T. J. (2003). Canonical Analysis of Principal Coordinates: A Useful Method of Constrained Ordination for Ecology. *Ecology*, 84, 511-525.
- Andrade, A., Nabte, M. J., & Kun, M. E. (2016). Are owl pellets good estimators of prey abundance? *Journal of King Saud University - Science*, 28, 239–244.
- Andrade, A., Nabte, M. J., & Kun, M. E. (2010). Diet of burrowing owl (*Athene cunicularia*) and its seasonal variation in Patagonian steppes: implications for biodiversity assessments in the Somuncur a Plateau Protected Area, Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 45, 101–110.
- Avenant, N. (2005). Barn owl pellets: A useful tool for monitoring small mammal communities. *Belgian Journal of Zoology*, 135(supplement), 39-43.
- Avenant, N. (2011). The potential utility of rodents and other small mammals as indicators of ecosystem ‘integrity’ of South African grasslands. *Wildlife Research*, 38, 626–639.
- Avenant, N. L., Watson, J. P., & Schulze, E. (2008). Correlating small mammal community characteristics and habitat integrity in the Caledon Nature Reserve, South Africa. *Mammalia*, 72, 186-191.
- Baglan, K., & Catzeflis, F. (2016). Barn owl pellets collected in coastal savannas yield two additional species of small mammals for French Guiana. *Mammalia*, 80(1), 91-95.
- Barthelmess, E. (2016). Lagomorphs and Rodents I. Lynx, Barcelona, p. 987.
- Bateman, J. A. (2003). Trapping: A practical guide. COCH Y BONDDU BOOKS.

- Belloq, M. I. (2000). A review of the trophic ecology of the Barn Owl in Argentina. *Journal of Raptor Research*, 34(2), 108-199.
- Belloq, M. I., & Krevatz, F. O. (1994). Feeding strategy and predation of the barn owl (*Tyto alba*) and the burrowing owl (*Speotyto cunicularia*) on rodent species, sex, and size in agrosystems of central Argentina. *Ecología Austral*, 4, 29–34.
- Belloq, M. I., & Krevatz, F. O. (1998). Feeding habits of sympatric long-eared owl *Asio otus* and barn owl *Tyto alba* in a Mediterranean coastal woodland. *Acta Ornithologica*, 33, 85–92.
- Bertolini, S., Colangelo, P., Mori, E., & Capizzi, D. (2015). Good for management, not for conservation: an overview of research, conservation and management of Italian small mammals. *Hystrix the Italian Journal of Mammalogy*, 26(1), 25-35.
- Bonde, G., Burnside, N. G., Metcalfe, D. J., Scott, D. M., & Blamire, J. (2005). The effects of land-use and landscape structure on Barn Owl (*Tyto alba*) breeding success in Southern England, U.K. *Landscape Ecology*, 20, 555–566.
- Bontzorlos, V. (2023). Shrew Communities in Mediterranean Agro-Ecosystems of Central Greece: Associations with Crop Types, Land Uses, and Soil Parameters. *Life*, 13(12), 2248.
- Bontzorlos, V. A., Peris, S. J., Vlachos, C. G., & Bakaloudis, D. E. (2005). The diet of barn owl in the agricultural landscapes of central Greece.
- Bonvicino, C. R., & Bezerra, A. M. R. (2003). Use of regurgitated pellets of barn owl (*Tyto alba*) for inventorying small mammals in the Cerrado of central Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 38, 1-6.
- Bruce, M. D., Dale, J. C., Dolman, K. G., & Davidson, I. (2014). Common Barn-owl (*Tyto alba*). In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. and de Juana, E. (eds), *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions. Barcelona.
- Buckner, C.H. (1964) Metabolism, food capacity and feeding behaviour in four species of shrew. *Canadian Journal of Zoology*, 42, 259-179.
- Buckner, C.H. (1966) The role of vertebrate predators in the biological control of forest insects. *Annual Review of Entomology*, 11, 449-470.
- Bueno, A. A., & Motta, J. C. (2008). Small mammal prey selection by two owl species in southeastern Brazil. *Journal of Raptor Research*, 42, 248–255.
- Capizzi, D., Caroli, L., & Varuzza, P. (1998). Feeding habits of sympatric long-eared owl *Asio otus* and barn owl *Tyto alba* in a Mediterranean coastal woodland. *Acta Ornithologica*, 33, 85–92.

- Cheke, A. S., & Ashcroft, R. E. (2017). Mammals and butterflies new to Amorgos (Kiklades), with notes on reptiles and amphibians. *Parnassiana Archives*, 5, 11-27.
- Cheylan, G. (1976). The feeding habits of the Barn owl (*Tyto alba*) in Mediterranean Europe. *Terre Vie (Rev. Ecol.)*, 4, 565–579.
- Clark, D. R. Jr., & Bunck, C. M. (1991). Trends in North American small mammals found in common barn-owl (*Tyto alba*) dietary studies. *Canadian Journal of Zoology*, 69, 3093–3102.
- Csorba, G., & Pecsénye, K. (1997). A Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer X. Eml" osök És a Genetikai Sokféleség Monitorozása. Available online: <https://scholar.google.com/scholar>.
- De Bondi, N., White, J. G., Stevens, M., & Cooke, R. (2010). A comparison of the effectiveness of camera trapping and live trapping for sampling terrestrial small-mammal communities. *Wildlife research*, 37(6), 456-465.
- Denys, C., Michaux, J. R., Hutterer, R., & Barriere, P. (1999). Les petits mammifères du Cameroun: liste taxonomique, distribution et statut. *Mammalia*, 63, 237-260.
- Duthie, B. (2022). Introduction to ordination (PCA) in R.
- Ferreira, S. M., & Avenant, N. L. (2003). Influences of trap-spacing on descriptors of hypothetical small mammal communities in Free State grasslands. *Navorsinge van die Nasionale Museum Bloemfontein*, 19, 21–30.
- Ferri, V., Crescia, P., Celletti, S., Soccini, C., & Battisti, C. (2021). Small mammals from barn owl *Tyto alba* pellets in a Mediterranean agroforestry landscape of central Italy. *Natural History Sciences*, 8(2), 3-10.
- Fleming, T. H. (1973). The population ecology of two species of Costa Rican heteromyid rodents. *Ecology*, 55(3), 493-510.
- Gauch, H. G. (1982). *Multivariate analysis in community ecology* (No. 1). Cambridge University Press.
- Glue D. E. 1972. Bird prey of British owls. – *Bird Study*, 19:91-95
- Golley, F. B., Medina, E., & Barrios, E. (1975). *Mineral Cycling in a Tropical Moist Forest Ecosystem*. University of Georgia Press. 248 pp.
- Goutner, V., & Alevizatos, H. (2003). Diet of the Barn Owl (*Tyto alba*) and Little Owl (*Athene noctua*) in Wetlands of Northeastern Greece. *Belgian Journal of Zoology*, 133(1), 152–155.

Granjon, L., Bruderer, C., Cosson, J.F., Dia, A.T. & Colas, F. (2002). The small mammal community of a coastal site of south-west Mauritania. *Journal of African Ecology*, 40, 10–17.

Hadly, E. A. (1999). Fidelity of terrestrial vertebrate fossils to a modern ecosystem. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 149(1-4), 389-409.

Hagen, B. (2012). *Public perceptions of climate change: Risk, trust, and policy*. Arizona State University.

Hanser, S. E., Leu, M., Knick, S. T., & Aldridge, C. L. (2011). Sagebrush ecosystem conservation and management: ecoregional assessment tools and models for the Wyoming basins (S. E. Hanser, M. Leu, S. T. Knick, C. L. Aldridge, eds.). Allen Press, Lawrence, Kansas. pp. 337-356.

Happold, D.C.D., & Happold, M. (1986). Small mammals of Zomba Plateau, Malawi, as assessed by their presence in pellets of the grass owl, *Tyto capensis*, and by live-trapping. *African Journal of Ecology*, 24, 77–87.

Heisler, L. M., Somers, C. M., & Poulin, R. G. (2016). Owl pellets: A more effective alternative to conventional trapping for broad-scale studies of small mammal communities. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(1), 96-103.

Heisler, L. M., Wellicome, T. I., Somers, C. M., & Poulin, R. G. (2013). Landscape-scale features affecting small mammal assemblages on the northern Great Plains of North America. *Journal of Mammalogy*, 94, 1059–1067.

Hill, M. O. (1973). Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination. *The Journal of Ecology*, 237-249.

Hodara, K., & Poggio, S. L. (2016). Frogs taste nice when there are few mice: Do dietary shifts in barn owls result from rapid farming intensification? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 230, 42-46.

Hoffmann, A., Decher, J., Rovero, F., Schaer, J., Voigt, C., & Wibbelt, G. (2010). Field methods and techniques for monitoring mammals. Manual on field recording techniques and protocols for all taxa biodiversity inventories, 8(part 2), 482-529.

Hodashova, K.S. (1970) Vozdeistvie pozvonochnykh fitogagov na biologii cheskuyu productivnost' i krugovorot veshchestv v lesostypnykh landshftakh. In *Sredoabrazuyushchaya deyatelnost' zhivotnykh*. ed. Isakov, J.A. pp. 48-52. Izdaniya Moskvoskogo University Moscow (In Russian).

Holling, C.S. (1959). The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. *Canadian Entomologist*, 91, 293-320.

- Jaksic, F. M., & Simonetti, J. A. (1987). Predator/prey relationships among terrestrial vertebrates: An exhaustive review of studies conducted in southern South America. *Revista Chilena de Historia Natural*, 60, 221–224.
- Janzekoviz, N., & Klenovsek, K. (2020). The biogeography of diet diversity of barn owls in the Mediterranean. *Journal of Biogeography*, 47(11), 2353–2361.
- Kargopoulos, N., Nicolaou, H., Mitsainas, G., Lymberakis, P., Kiamos, N., Georgiakakis, P., & Kryštufek, B. (2023). A key to the skulls of the mammals of Cyprus. *Zoology in the Middle East*, 69(4), 324–347.
- Kiamos, N., Lymberakis, P., Rallis, G., & Poulakakis, N. (2019). Barn Owl (*Tyto alba*) prey in Evros (Greece) and the discovery of a new mammal for the Greek fauna. *Journal of Natural History*, 53(27–28), 1691–1705.
- Konishi, M. (1973). How the owl tracks its prey: experiments with trained barn owls reveal how their acute sense of hearing enables them to catch prey in the dark. *American Scientist*, 61, 414–424.
- Korpiimäki, E., Brown, P. R., Jacob, J., & Pech, R. P. (2004). The puzzles of population cycles and outbreaks of small mammals solved? *BioScience*, 54, 1071–1079.
- Krebs, C. J. (2013). *Population fluctuations in rodents*. Univ. of Chicago Press, Chicago, p. 306.
- Kucherenko, V. M., Tovpinets, N. N., Slavinskaya, A. V., Yakunin, S. N., & Kovalenko, I. S. (2020). The winter diet of the rare *Tyto alba* in contrast to *Asio otus* on Crimea Peninsula. *Nature Conservation Research*, 5(3).
- La Peña, M., Butet, A., Delettre, Y., Paillat, G., Morant, P., Le Du, L., & Burel, F. (2003). Response of the small mammal community to changes in western French agricultural landscapes. *Landscape Ecology*, 18, 265–278.
- Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology*. Elsevier.
- Leonardi, G., & Dell'Arte, G. L. (2005). Food habits of the Barn Owl (*Tyto alba*) in a steppe area of Tunisia. *Journal of Arid Environments*, 65(4), 677–681.
- Ludwig, J. A., & Reynolds, J. F. (1988). *Statistical ecology: a primer in methods and computing* (Vol. 1). John Wiley & Sons.
- Lyons, S. K., Smith, F. A., & Brown, J. H. (2004). Of mice, mastodons and men: Human-mediated extinctions on four continents. *Evol. Ecol. Res.*, 6, 339–358.
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (2001). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, p. 203.

- Massa, C., Gabelli, F. M., & Cueto, G. R. (2015). Using GPS tracking to determine movement patterns and foraging habitat selection of the common barn-owl (*Tyto alba*). *Hornero*, 30(1), 7-12.
- MacDonald, K., Burnett, S., & Robinson, W. (2013). Utility of owl pellets for monitoring threatened mammal communities: an Australian case study. *Wildlife Research*, 40, 685-697.
- Marti, C. (2010). Dietary trends of Barn Owls in an agricultural ecosystem in northern Utah. *The Wilson Journal of Ornithology*, 122(1), 60-67.
- Martínez, D. R., & Jaksic, F. M. (1997). Selective predation on scansorial and arboreal mammals by rufous-legged owls (*Strix rufipes*) in southern Chilean rainforest. *Journal of Raptor Research*, 31, 370–375.
- Mikkola, H. (2014). *Owls of the World: A Photographic Guide*, 2nd edn. Firefly Books
- Ter Braak, C. J., & Prentice, I. C. (1988). A theory of gradient analysis. In *Advances in ecological research* (Vol. 18, pp. 271-317). Academic Press.Ltd., Buffalo, New York.
- Milchev, B. (2015). Diet of Barn Owl *Tyto alba* in Central South Bulgaria as influenced by landscape structure. *Turkish Journal of Zoology*, 39(5), 933-940.
- Miller, J. H., Behrensmeyer, A. K., Du, A., Lyons, S. K., Patterson, D., Toth, A., Villasenora, A., Kanga, E., & Reed, D. (2014). Ecological fidelity of functional traits based on species presence-absence in a modern mammalian bone assemblage (Amboseli, Kenya). *Paleobiology*, 40, 560–583.
- Nedyalkov, N. (2013). New records of some rare rodents (Mammalia: Rodentia) from South-East Bulgaria. *ZooNotes*, 39, 1-4.
- Niethanaimer, J. (1974). Zur Verbreitung und Taxonomie griechischer Säugetiere.
- Obuch, J., & Benda, P. (2009). Food of the Barn Owl (*Tyto alba*) in the Eastern Mediterranean. *Slovak Rapt J*, 3, 41–50.
- Ovaskainen, O., & Abrego, N. (2020). *Joint Species Distribution Modeling: with applications in R*. University Printing House, Cambridge, United Kingdom. 372 pp.
- Palmer, M. W. (1993). Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*, 74(8), 2215-2230.
- Palmer, M. W., McGlinn, D. J., Westerberg, L., & Milberg, P. (2008). Indices for detecting differences in species composition: some simplifications of RDA and CCA. *Ecology*, 89(6), 1769-1771.
- Pieper, H. (1977). Fledermäuse aus Schleiereulen-Gewöllen von der Insel Kreta. *Z. Säugetierkd.*, 42, 7–12.

- Popov, V., & Sedefchev, A. (2003). Mammals in Bulgaria. Vitosha Nature Park Directorate, Sofia.
- Roulin, A. (2002). *Tyto alba* barn owl. *BWP Update*, 4(2), 115-138.
- Roulin, A. (2020). Barn Owls: Evolution and Ecology. Cambridge University Press. 297 pp.
- Ryszkowski, L. (1975). The ecosystem role of small mammals. *Ecological Bulletins*, 139-145.
- Smith, J., & Richmond, K. (1972). Factors influencing pellet egestion and gastric pH in the Barn Owl. *The Wilson Bulletin*, 84(2), 179-186.
- Sofianidou, T., & Vohralik, V. (1991). Notes on the distribution of small mammals (Insectivora, Rodentia) in Epeirus, Greece. *Bonn. zool. Beitr*, 42, 125-135.
- Stefke, L., & Landler, L. (2020). Long-term monitoring of rodent and shrew communities in a biodiversity hot-spot in Austria using barn owl (*Tyto alba*) pellets. *Acta Oecologica*, 109, 103660.
- Stoddart, D. M. (1979). Ecology of Small Mammals. Chapman and Hall, Wiley, London, New York.
- Szép, D., Klein, Á., & Purger, J. J. (2019). Investigating the relationship between the prey composition of Barn Owls and the habitat structure of their hunting range in the Marcal Basin (Hungary), based on pellet analysis. *Ornis Hungarica*, 27(1), 32-43.
- Szűcs, D., Horváth, K., & Horváth F, G. (2014). Comparing small mammal faunas based on barn owl (*Tyto alba*) pellets collected in two different lowland landscapes. *Natura Somogyiensis*, (24), 305-320.
- Taylor, I. (1994). Barn Owls: Predator-prey Relationships and Conservation. Cambridge University Press, Cambridge, 273 pp.
- Taylor, I. (2004). Barn Owls: Predator-prey relationships and conservation. Cambridge University Press. 324 pp.
- Ter Braak, C. J. F. (1995). Ordination. *In Data analysis in community and landscape ecology* (pp. 91-274). Cambridge University Press.
- Ter Braak, C. J., & Prentice, I. C. (1988). A theory of gradient analysis. *In Advances in ecological research* (Vol. 18, pp. 271-317). Academic Press.
- Torre, I., Arrizabalaga, A., & Flaquer, C. (2004). Three methods for assessing richness and composition of small mammal communities. *Journal of Mammalogy*, 85(3), 524-530.

Torre, I., Gracia-Quintas, L., Arrizabalaga, A., Baucells, J., & Mario, D. (2015). Are recent changes in the terrestrial small mammal communities related to land use change? A test using pellet analyses. *Ecological Research*, 30(5), 813–819.

Torre, I., & Tella, J. T. (1996). Environmental and geographic factors affecting the distribution of small mammals in an isolated mediterranean mountain. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 61(6), 365-375.

Trejo, A., & Guthman, N. (2003). Owl selection on size and sex classes of rodents: activity and microhabitat use of prey. *Journal of Mammalogy*, 84, 652–658.

Tylianakis, J. M., Didham, R. K., Bascompte, J., & Wardle, D. A. (2008). Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11(12), 135-1363.

Williams, D. F., & Braun, S. E. (1983). Comparison of pitfall and conventional traps for sampling small mammal populations. *The Journal of Wildlife Management*, 47(3), 841-845.

Van der Putten, W. H., Macel, M., & Visser, M. E. (2010). Predicting species distribution and abundance responses to climate change: why it is essential to include biotic interactions across trophic levels. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365(1549), 2025-2034.

Viteri, M. C., & Hadly, E. A. (2022). Spatiotemporal impacts of the Anthropocene on small mammal communities, and the role of small biological preserves in maintaining biodiversity. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 916239.

Παραγκαμιάν, Κ. (1989). Preliminary results of the examination of barn owl (*Tyto alba*) food pellets from two caves in central Crete, Greece= Πρώτα αποτελέσματα της εξετάσεως εμεσμάτων της γλαυκός *Tyto alba* από δύο σπήλαια της κεντρικής Κρήτης, Ελλάδα. *Δελτίον Ελληνικής Σπηλαιολογικής Εταιρείας*, 20(1), 95-97.

Σαραντίδη Αρσινόη (2004). Σύγκριση των διατροφικών συνηθειών της *Tyto alba* (Scopoli, 1796) στην Κρήτη και στην Πελοπόννησο.