



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Ανθικές παροχές για ανθικούς επισκέπτες σε Μεσογειακά συστήματα

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σοφίας Κ. Μερκούρη

Επιβλέπουσα: Πετανίδου Θεοδώρα

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής: Δημητρακόπουλος Παναγιώτης

Tscheulin Thomas

ΜΥΤΙΛΗΝΗ
Οκτώβριος 2018

Στην αδελφή μου, Μαρία

και στην Αφροδίτη

Φτάνοντας λοιπόν στο τέλος αυτού του όμορφου ταξιδιού στον κόσμο των φυτών, νοιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους ήταν δίπλα μου και με στήριξαν με οποιονδήποτε τρόπο.

Αρχικά θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην καθηγήτριά μου κ Θεοδώρα Πετανίδου η οποία αποτέλεσε συνδετικό κρίκο, για την καλύτερη και σε βάθος γνωριμία μου με την φύση.

Η Αφροδίτη ήταν ο άνθρωπος με τον οποίο ερχόμουν σχεδόν σε καθημερινή επαφή μαζί του, λόγω των μετρήσεων στο πεδίο. Τα ταξίδια μας από και προς αυτό ήταν κάθε φορά ιδιαίτερα αφού συνέχεια, μέσω των συζητήσεων που είχαμε αποκτούσα όλο και περισσότερες γνώσεις για τις λειτουργίες των φυτών αλλά και των σχέσεων μεταξύ τους και μεταξύ των επισκεπτών τους. Όλες αυτές οι γνώσεις αποτελούν κληρονομιά για εμένα. Η εμπειρία αυτή θα μείνει χαραγμένη για πάντα στο μυαλό και την καρδιά μου. Την ευχαριστώ από καρδιάς για όλα όσα έμαθα από εκείνη.

Το εργαστήριο βιογεωγραφίας και οικολογίας με φιλοξένησε για αρκετό διάστημα, αφού εκεί έλαβαν χώρο οι αναλύσεις της γύρης. Πέρασα αρκετές ώρες μέσα σε αυτό και πολλές φορές μπορώ να πω, πως ένιωθα σαν το σπίτι μου. Η όμορφη αυτή διάθεση δεν θα μπορούσε να υπάρχει χωρίς τους ανθρώπους του, τον κ. Γιώργο Νάκα, την Αιμιλία και την Νίκη, χωρίς την βοήθεια της τελευταίας ίσως να μην είχα καταφέρει να τελειώσω την δουλειά του εργαστηρίου εύκολα. Επιπλέον η παρουσία της Κωνσταντίνας τόσο στο πεδίο όσο και στο εργαστήριο ήταν ιδιαίτερα σημαντική αλλά και ευχάριστη.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου Ιόλη, Ίριδα, Έλενα, Χάρη, Παναγιώτη, Ραφαέλα, Εύη, Ειρήνη, Νατάσα και Στράτο που μου έδιναν κουράγιο όλες αυτές τις στιγμές που ένιωθα πως δεν θα τα καταφέρω.

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
1. Εισαγωγή	5
1.1 Μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα	5
1.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	5
1.1.2 Μεσογειακό κλίμα.....	6
1.1.3 Μεσογειακή βλάστηση.....	6
1.1.4 Φρυγανικά συστήματα και ανθικές παροχές.....	9
1.2 Η αξία της επικονίασης για τον άνθρωπο	13
1.3 Στόχος της εργασίας.....	15
2 Υλικά και Μέθοδοι.....	16
2.1 Περιοχή μελέτης.....	16
2.2 Δειγματοληψία ανθικών παροχών.....	16
2.2.1 Νέκταρ.....	16
2.2.2 Γύρη.....	18
2.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων	20
3 Αποτελέσματα & Συζήτηση	22
3.1 Ανθικές παροχές και φυτική ποικιλότητα.....	22
3.2 Οι ανθικές παροχές στον χώρο και τον χρόνο	29
4 Βιβλιογραφία	33

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση και η αξιολόγηση των ανθικών παροχών, δηλ. του νέκταρος και της γύρης, σε μια φυσική φρυγανική βιοκοινότητα στο νησί της Λέσβου. Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες σε 40 είδη εντομόφιλων φυτών, τα οποία ανθίζουν την άνοιξη και νωρίς το καλοκαίρι στην περιοχή μελέτης. Τα αποτελέσματα της εργασίας (α) καταδεικνύουν τα κυριότερα είδη για την παραγωγή νέκταρος ή γύρης, (β) αποκαλύπτουν μία θετική συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας γύρης και νέκταρος στα φυτά της βιοκοινότητας, και (γ) επιβεβαιώνουν ότι τα φυλογενετικά συγγενή είδη παρουσιάζουν παρόμοια επίπεδα παραγωγής ανθικών παροχών. Τέλος, αποκαλύπτεται το πρότυπο χρονικής και χωρικής κατανομής του νέκταρος και της γύρης σε αυτόν τον τύπο βλάστησης. Δεδομένων των απειλών που δέχεται η βιοποικιλότητα στα μεσογειακά οικοσυστήματα, η εκτίμηση των ανθικών παροχών σε επίπεδο οικοσυστήματος μας αποκαλύπτει το υπάρχον δυναμικό της βλάστησης για την υποστήριξη των άγριων επικονιαστών, όπως και του μελισσοκομικού δυναμικού της περιοχής. Τέλος, η παραχθείσα γνώση μπορεί να αποτελέσει βάση για μελλοντική συστηματική παρακολούθηση των ανθικών παροχών σε επίπεδο τοπίου.

1. Εισαγωγή

1.1 Μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα

1.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Η Μεσογειακή Λεκάνη, η Καλιφόρνια, η Νότια Αφρική, η Χιλή και η Νότια και Νοτιοδυτική Αυστραλία είναι οι μοναδικές πέντε περιοχές στις οποίες επικρατεί μεσογειακού τύπου κλίμα, δηλαδή, κλίμα το οποίο χαρακτηρίζεται από υγρούς και ήπιους χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια. Οι περιοχές αυτές απαντούν μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 30° και 40° νοτίως και 30° και 40° βορείως του ισημερινού (Rundel et al. 2016, Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Οι περιοχές της Γης με μεσογειακό κλίμα, στις οποίες εμφανίζεται η μεσογειακού τύπου βλάστηση. Πηγή: Rundel et al. (2016).

Οι παραπάνω περιοχές, εκτός από κοινό κλίμα, έχουν και λειτουργικά παρόμοια βλάστηση. Ο χαρακτηριστικότερος τύπος βλάστησης είναι οι σχηματισμοί με αείφυλλα σκληρόφυλλα φανερόφυτα, (θάμνοι ή δέντρα). Επιπρόσθετα, στις περιοχές αυτές, κατά τη διάρκεια του χειμώνα οι εποχιακές διακυμάνσεις είναι έντονες, το διαθέσιμο νερό άφθονο, ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχει έντονη έλλειψη νερού, επηρεάζοντας, έτσι, σχεδόν όλους τους αυτόχθονες φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Επιπλέον, η διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, που έτσι κι αλλιώς είναι χαμηλή, διαφέρει εποχιακά (Blondel & Aronson, 2010).

1.1.2 Μεσογειακό κλίμα

Το βασικό χαρακτηριστικό του Μεσογειακού κλίματος, που το διακρίνει από τους άλλους τύπους κλίματος, είναι η εποχικότητα, δηλαδή η εναλλαγή ήπιων υγρών χειμώνων με ζεστά, ξηρά καλοκαίρια (Rundel et al., 2016).

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα το ετήσιο ύψος βροχής αυξάνει από τον νότο προς τον βορρά και από τα ανατολικά προς τα δυτικά, καθώς και με το υψόμετρο (Εικόνα 2). Τις λιγότερες βροχοπτώσεις δέχεται η νοτιοανατολική Ελλάδα και τα νησιά του νότιου Αιγαίου, ενώ τις περισσότερες τα όρη της δυτικής Κρήτης, οι οροσειρές της κεντρικής και της βόρειας Πίνδου και οι οροσειρές της βόρειας Ελλάδας. Ενώ η διάρκεια της ξηρής περιόδου ελαττώνεται από το νότο προς το βορρά και από τα παράλια προς το εσωτερικό της χώρας σύμφωνα με το υψόμετρο (Ντάφης, 1986).

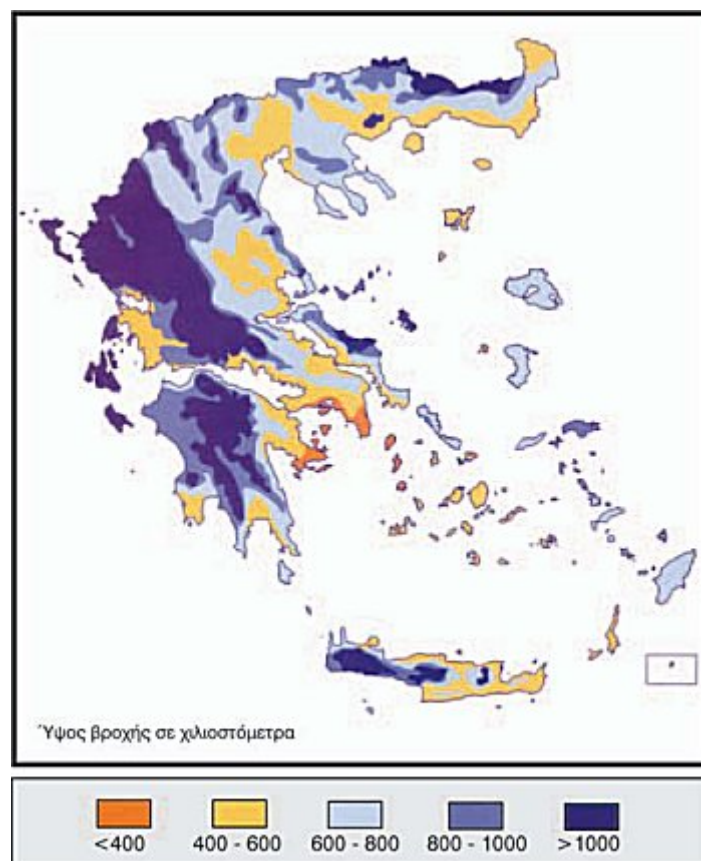
1.1.3 Μεσογειακή βλάστηση

Η χλωρίδα στις Μεσογειακές περιοχές είναι ιδιαίτερα πλούσια. Σύμφωνα με τους Blondel & Aronson (2010), κατά μήκος της μεσογειακής λεκάνης συναντώνται περίπου 25.000 είδη αγγειοσπέρμων και γυμνόσπερμων, ενώ περισσότερα από τα μισά μεσογειακά είδη είναι ενδημικά.

Η θερινή ξηρασία είναι το κυριότερο πρόβλημα που καλούνται να αντιμετωπίσουν τα φυτικά είδη. Όπως είναι φυσικό, σε αυτά τα οικοσυστήματα η βλάστηση έχει αναπτύξει μηχανισμούς που τη βοηθούν να προσαρμοστεί. Για να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν την θερινή ξηρασία τα φυτά ελαχιστοποιούν την δραστηριότητά τους. Επιπλέον έχουν αναπτύξει μηχανισμούς με τους οποίους μπορούν να αντιμετωπίσουν κινδύνους όπως είναι οι πυρκαγιές και η βόσκηση (Blondel & Aronson, 2010).

Η Λέσβος αποτελεί το μεγαλύτερο νησί του Βορειοανατολικού Αιγαίου και τρίτο σε έκταση Ελληνικό νησί. Στη Λέσβο παρουσιάζεται ιδιαίτερα πλούσια χλωρίδα, για την οποία έχουν καταγραφεί 1.516 φυτικά είδη και υποείδη (Μπαζός, 2005). Οι παράγοντες οι οποίοι οδηγούν στον υψηλό χλωριδικό πλούτο είναι η γεωλογία του νησιού, η ιδιαιτερότητα των πετρωμάτων, αλλά και η ποικιλία των βιοτόπων. Θα πρέπει να αναφέρουμε πως τα τελευταία χρόνια πολλοί είναι οι κίνδυνοι οι οποίοι απειλούν την χλωρίδα του νησιού. Πρόσφατες έρευνες σημειώνουν ότι πολλά από τα απειλούμενα είδη δεν προστατεύονται από τη νομοθεσία. Συγκεκριμένα, τα είδη αυτά αποτελούν

ται από αγροτικά ζιζάνια (*Leontice leontopetalum* subsp. *leontopetalum*), από φυτά τα οποία συναντώνται σε αμμώδεις παραλίες (π.χ. *Calystegia soldanella*), αλλά και φυτά υγροτόπων. Στις περιπτώσεις αυτές, η χρήση σύγχρονων γεωργικών μεθόδων, η τουριστική δραστηριότητα αλλά και η ακραία εκμετάλλευση των ενδιαιτημάτων μπορούν να οδηγήσουν σταδιακά στη συρρίκνωση των πληθυσμών των φυτικών ειδών (Bazos, 2004).



Εικόνα 2. Ύψος βροχής σε χιλιοστόμετρα στην περιοχή της Ελλάδας, Πηγή: Ντάφης (1986).

Όπως αναφέρθηκε, το διαφορετικό ανάγλυφο (οροσειρές, βουνά, οροπέδια, πεδιάδες κ.λπ.) διαμορφώνει ειδικές τοπικές συνθήκες, οι οποίες καθορίζουν το είδος της βλάστησης που μπορεί να αναπτυχθεί σε μια περιοχή. Σε συνδυασμό με τους προσαρμοστικούς μηχανισμούς που έχουν αναπτύξει τα φυτά, τα Μεσογειακά οικοσυστήματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τη μακία βλάστηση και τα φρύγανα.

Η μακία βλάστηση αποτελείται από αείφυλλους, υψηλούς θάμνους με ύψος έως και δύο μέτρα, με σκληρούς ξυλώδεις κλάδους και μικρά, παχιά και δερματώδη φύλλα.

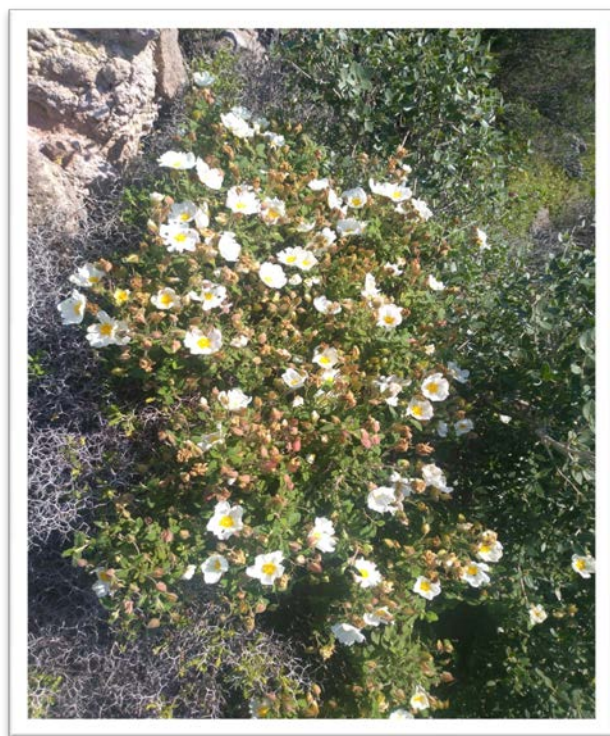
Αυτού του είδους η βλάστηση εμφανίζεται στις υγρότερες περιοχές του μεσογειακού κλίματος. Τα φυτά έχουν βαθιές ρίζες για να αντλούν τις απαραίτητες ποσότητες νερού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Σε αυτήν την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται φυτά όπως το πουρνάρι (*Quercus coccifera*), η χαρουπιά (*Ceratonia siliqua*), η αγριελιά (*Olea europaea* var. *sylvestris*) κ.ά.



Εικόνα 3. Φρύγανα την άνοιξη (αριστερά) και στις αρχές του καλοκαιριού (δεξιά). Πηγή: Βώκου και συν. (1986).

Τα φρυγανικά οικοσυστήματα (Εικόνα 3) κάνουν την εμφάνισή τους σε ξηρότερα εδάφη. Στην Ελλάδα, τα φρύγανα καταλαμβάνουν το 13% της συνολικής επιφάνειας (Διαμαντόπουλος, 1983). Τα φρύγανα αποτελούνται από χαμηλούς θάμνους, οι οποίοι συνήθως είναι αρωματικοί και αρκετοί από αυτούς γνωστοί για τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες. Κάποια από τα είδη γνωστών φρύγανων είναι ο ασπάλαθος (*Calicotome villosa*), η λαδανιά (*Cistus* spp., Εικόνα 4), και ο ασφόδελος (*Asphodelus ramosus*).

Τέλος, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι σε ολόκληρη την περιοχή της Μεσογείου, και συγκεκριμένα στον ελλαδικό χώρο, οι φρυγανικές περιοχές υποφέρουν από συνεχή υποβάθμιση εξαιτίας των πυρκαγιών, της υπερβόσκησης, της αλλαγής των χρήσεων γης, και της γενικής εγκατάλειψης (Petanidou, 1995).



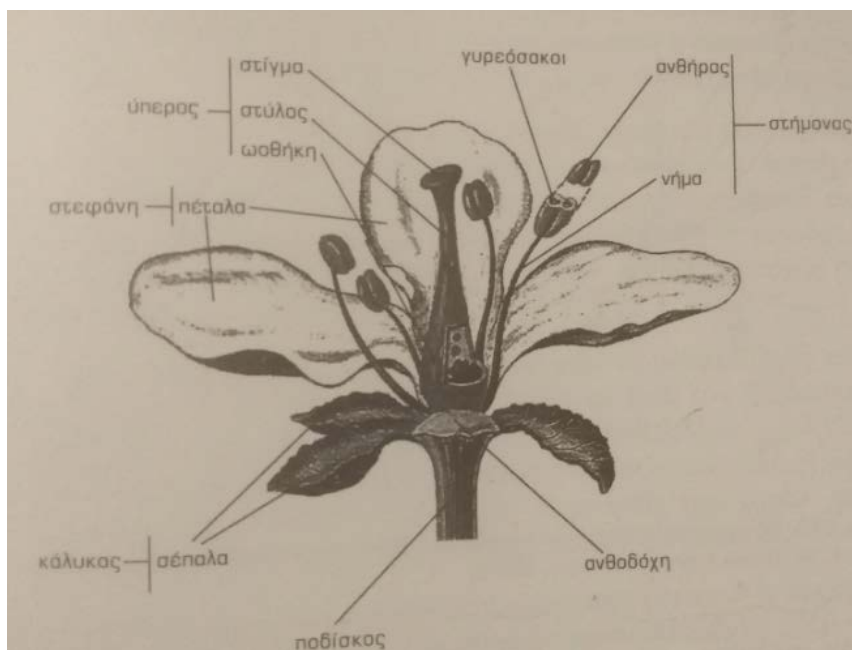
*Εικόνα 4. Λαδανιά του είδους Cistus salviifolius στην περιοχή του Αγ. Στεφάνου στη Λέσβο.
Φωτογραφία: Μερκούρη Σοφία.*

1.1.4 Φρυγανικά συστήματα και ανθικές παροχές

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, τα φρυγανικά συστήματα αποτελούνται από πολλά φυτά, τα οποία στην προσπάθειά τους να διαφημίσουν τις παροχές τους, με απώτερο σκοπό την αναπαραγωγή τους, χρησιμοποιούν διάφορους τρόπους για να προσελκύσουν τους επικονιαστές. Επειδή δεν μπορούν να μετακινηθούν για να καταφέρουν να γονιμοποιηθούν, έχουν εξελίξει μηχανισμούς που εξυπηρετούν τη συγκεκριμένη ανάγκη. Σύμφωνα με τους Kantsa et al. (2017), το χρώμα και το άρωμα είναι δύο πολύ σημαντικά ανθικά χαρακτηριστικά, απαραίτητα για την επικοινωνία φυτών και επικονιαστών, και μπορούν να αποτελούν δείκτες παρουσίας ή απουσίας νέκταρος στις φρυγανικές βιοκοινότητες. Άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά προσέλκυσης επισκεπτών είναι το μέγεθος του άνθους, το περίγραμμά του, η υφή της επιφάνειας και η θερμοκρασία του (Kantsa et al. 2018, Dyer et al. 2006). Αντίθετα, τα φυτά τα οποία δεν εξαρτώνται από ανθικούς επισκέπτες για την αναπαραγωγή τους, συνήθως δεν έχουν έντονα αρωματικά ή χρωματιστά άνθη, όπως για παράδειγμα, τα άνθη των αγρωστωδών φυτών (π.χ. δημητριακά).

Στο σημείο αυτό, θα παραθέσουμε κάποια βασικά στοιχεία της μορφολογίας του άνθους των αγγειόσπερμων. Τα άνθη είναι χαρακτηριστικά όργανα των αγγειόσπερμων φυτών, μέσα στα οποία περιέχονται τα αναπαραγωγικά μέρη, αρσενικά ή/και θηλυκά. Τα άνθη παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία όσον αφορά το μέγεθος, το χρώμα, τον αριθμό αλλά και την διευθέτηση των μερών τους (Καραμπέτσος, 2005). Συνοπτικά, τα μέρη του άνθους είναι τα εξής (Εικόνα 5).

1. ποδίσκος: ο μίσχος που συνδέει το άνθος με τον βλαστό.
2. ανθοδόχη: η τροποποιημένη κορυφή του ποδίσκου.
3. κάλυκας: αποτελείται από τα σέπαλα.
4. στεφάνη: αποτελείται από τα πέταλα.
5. ύπερος: αποτελείται από την ωοθήκη, τον στύλο και το στίγμα (θηλυκό μέρος του άνθους).
6. στήμονας: αποτελείται από το νήμα και τον ανθήρα, όπου στο εσωτερικό του τελευταίου βρίσκεται η γύρη (αρσενικό μέρος του άνθους).



Εικόνα 5. Τα μέρη του άνθους. Πηγή: Καραμπέτσος (2005)

Επιπλέον, ο μεγαλύτερος αριθμός ανθέων διαθέτει εξειδικευμένους αδένες (νεκτάρια) που είναι υπεύθυνοι για την έκκριση του νέκταρος, ενός σακχαρούχου υγρού που προσελκύει τους επικονιαστές. Η μορφή και η φύση των αδένων αυτών ποικίλει, α-

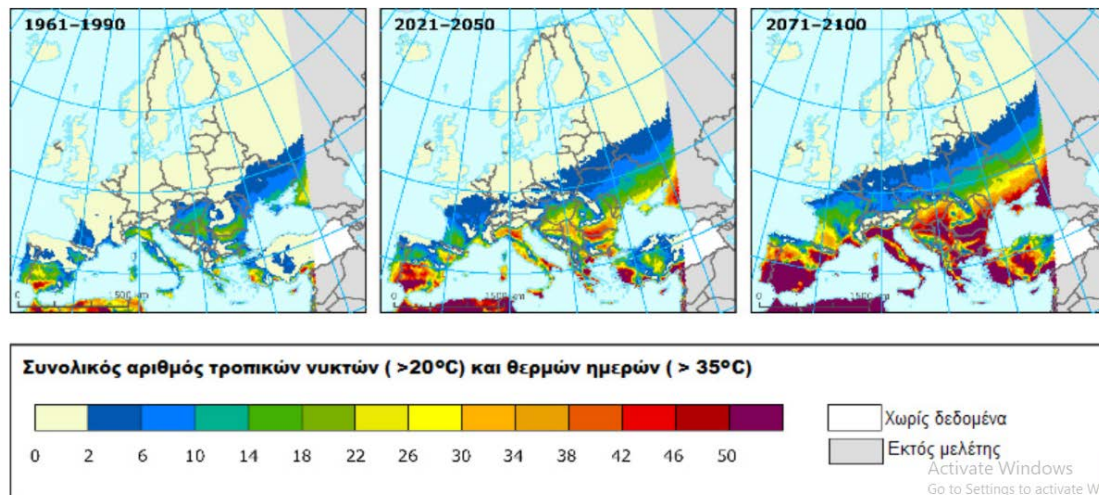
φού σε ορισμένα άνθη τα νεκτάρια βρίσκονται στην βάση των πετάλων, ενώ σε άλλα είναι μεταμορφωμένοι στήμονες ή μεταμορφωμένα τμήματα της ωοθήκης.

1.1.4.1 Νέκταρ

Το νέκταρ και η αμβροσία, κατά την ελληνική μυθολογία, αποτελούσαν την τροφή των θεών του Ολύμπου, υπονοώντας πως με αυτά αποκτούν αθανασία και δύναμη. Εν μέρει το ίδιο μπορούμε να ισχυριστούμε και για τους επικονιαστές. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι το νέκταρ αποτελεί την κυριότερη μορφή ενέργειας, αφού παρέχει στους καταναλωτές του σάκχαρα, αμινοξέα και ενδεχομένως μέταλλα. Επιπρόσθετα, το νέκταρ αποτελεί μοναδική πηγή νερού για τους ανθικούς επισκέπτες και η σύσταση και η υφή του διαφέρουν αναλόγως του φυτού, ακόμη και με τον τύπο επικονιαστή (Petanidou, 2007).

Ένας παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά την έκκριση του νέκταρος είναι η διαθεσιμότητα ύδατος. Αυτό σημαίνει πως σε περιοχές με ξηρό κλίμα, τα φυτά ενδέχεται να αντιμετωπίσουν σημαντικό κόστος έκκρισης νέκταρος (Petanidou, 2007). Η περιοχή της Μεσογείου αποτελεί ένα τέτοιο παράδειγμα, αφού χαρακτηρίζεται από έντονη εκτεταμένη καλοκαιρινή ξηρασία, όπως έχει ήδη προαναφερθεί, και ως εκ τούτου, αναμένεται πως τα φυτά θα αντιμετωπίσουν έντονη υδατική καταπόνηση κατά την περίοδο της ανθοφορίας τους. Αυτό, με τη σειρά του, επηρεάζει την έκκριση του νέκταρος (Herrera, 1985, Petanidou & Vokou, 1990).

Δεδομένων των παραπάνω, λαμβάνοντας υπόψιν την παγκόσμια κλιματική αλλαγή (Εικόνα 6), η οποία συνοδεύεται από επεισόδια αύξησης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, η παραγωγή νέκταρος στα μεσογειακά οικοσυστήματα ενδέχεται να επηρεαστεί αρνητικά στο άμεσο μέλλον. Πρόσφατες έρευνες σε μεσογειακά είδη φυτών καταδεικνύουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στην φυσιολογία των φυτών, της ποσότητας και της ποιότητας του νέκταρος συμπεριλαμβανομένων (Takkis et al., 2015, 2018).



Εικόνα 6. Αριθμός των ημερών που χαρακτηρίζονται ως ‘τροπικές’, δηλαδή έχουν θερμοκρασία ημέρας και νύκτας άνω των 35 και 20 βαθμών κελσίου αντίστοιχα για τα διαστήματα 1961-1990, 2021-2050 και 2071-2100. Πηγή: EEA (2012), με τροποποιήσεις.

Συνεπώς, η καταγραφή και η παρακολούθηση της παραγωγής νέκταρος στα μεσογειακά οικοσυστήματα είναι υψίστης σημασίας, προκειμένου να διαπιστώσουμε τυχόν αλλαγές, αλλά και για να έχουμε τη δυνατότητα να κατασκευάσουμε συστήματα/μοντέλα πρόβλεψης διαθεσιμότητας νέκταρος υπό διαφορετικά σενάρια αλλαγών.

1.1.4.2 Γύρη

Η γύρη αποτελεί τα αρσενικά αναπαραγωγικά κύτταρα των φυτών. Το πάχος των γυρεοκόκκων κυμαίνεται από 2,5 έως 250 mm (Καραμπέτσος, 2005). Το χρώμα των γυρεοκόκκων διαφέρει από είδος σε είδος, για παράδειγμα οι γυρεοκόκκοι της παπαρούνας έχουν μαύρο χρώμα ενώ της λαδανιάς κίτρινο. Η δομή των γυρεοκόκκων ποικίλλει επίσης, αποτελώντας σημαντικό διακριτικό γνώρισμα των διάφορων φυτικών taxa, χρήσιμο για την ταξινομική τους αναγνώριση.

Η γύρη, τουλάχιστον στα μεσογειακά οικοσυστήματα, θεωρείται η κύρια ανθική ανταμοιβή για τους επικονιαστές, καθώς το νέκταρ είναι λιγότερο άφθονο λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας νερού (Petanidou & Vokou 1990, Petanidou & Smets, 1995). Τα κύρια συστατικά από τα οποία αποτελείται η γύρη είναι τα λιπίδια, τα σάκχαρα, οι πρωτεΐνες, οι βιταμίνες, τα καροτενοειδή, τα αμινοξέα και οι υδατάνθρακες.

Σύμφωνα με μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Δαφνί της Αττικής (Petanidou, 1990), παρατηρήθηκε πως το ενεργειακό περιεχόμενο της γύρης διαφέρει μεταξύ των φυτών που γονιμοποιούνται μέσω εντόμων, σε σχέση με φυτά που γονι-

μποιούνται μέσω του ανέμου, με τα πρώτα να έχουν μεγαλύτερη θερμιδική αξία. Αυτό είναι αναμενόμενο, γιατί τα εντομοεπικονιαζόμενα φυτά πρέπει να διαφημίσουν την γύρη τους με το καλύτερο δυνατό τρόπο, αφού τα έντομα αποτελούν τον μοναδικό δρόμο για την αναπαραγωγή τους.

1.2 Η αξία της επικονίασης για τον άνθρωπο

Με τον όρο επικονίαση, αναφερόμαστε στην απόσπαση της γύρης από τους στήμονες και στη μεταφορά της, με οποιονδήποτε τρόπο, στο στίγμα ενός άλλου άνθους. Η επικονίαση έχει ύψιστη σημασία για την αναπαραγωγή, την επιβίωση και την εξέλιξη των φυτικών ειδών. Ωστόσο, μέσω της επικονίασης προκύπτουν άμεσα οφέλη για την επιβίωση του ανθρώπινου πληθυσμού στη Γη, όπως είναι η πρωτογενής παραγωγή, αλλά και η βελτίωση της ποιότητας των καρπών και των σπόρων, η διατήρηση της βιολογικής ισορροπίας, η ποικιλότητα της αυτοφυούς βλάστησης κ.ά. (Χατζήνα, 2007).

Σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, η οικονομική αξία των μελισσών στην επικονίαση των καλλιεργειών ήταν μεγαλύτερη κατά πολύ σε σχέση με αυτή του παραγόμενου μελιού και κεριού μαζί. Στις ΗΠΑ, για το έτος 1989, το οικονομικό όφελος από την προσφορά της μέλισσας στην επικονίαση των φυτών ήταν κατά 60 φορές μεγαλύτερο από την συνολική αξία των προϊόντων της (Χατζήνα, 2007).

Οι Borneck & Bricout (1984) και οι Borneck & Merle (1989) θεωρούν πως οι μέλισσες είναι υπεύθυνες για το 80% της επικονίασης των καλλιεργειών με έντομα (π.χ. Πίνακας 1). Ειδικότερα, οι κοινές μέλισσες (*Apis mellifera*) είναι σημαντικοί επικονιαστές λόγο:

- Της συμπεριφοράς τους, αφού συλλέγουν μεγάλα ποσά γύρης και νέκταρος, επισκέπτονται μεγάλο αριθμό ανθέων και δείχνουν μεγάλη αφοσίωση στα είδη των φυτών που επισκέπτονται (Free, 1963).
- Της έντονης κοινωνικής ύπαρξής τους.
- Της ικανότητάς τους να θυμούνται τις ώρες της ημέρας όπου τα άνθη κάθε είδους απελευθερώνουν την γύρη τους και εκκρίνουν νέκταρ (Moore et al, 1989).

- Των μορφολογικών τους προσαρμογών που τους επιτρέπουν να συλλέγουν και να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες γύρης και νέκταρος (Winston,1987).

Η μεγαλύτερη ίσως προσφορά των μελισσών και της επικονίασης (Πίνακας 1), είναι η διατήρηση του οικοσυστήματος από όλες τις απόψεις, αφού υπάρχει συνεχής αναπαραγωγή των φυτών που έχει ως αποτέλεσμα την αποφυγή διάβρωσης του εδάφους και τη διατήρηση της άγριας πανίδας (Χατζήνα, 2007).

Πίνακας 1. Οι σημαντικότερες καλλιέργειες και η ανάγκη τους για επικονίαση από μέλισσες (K = κοινή μέλισσα, B = βομβίνος, M = μοναχικό είδος). Πηγή: Χατζήνα (2007).

Καλλιέργεια	Ανάγκη για μέλισσες	Είδος Μέλισσας	Καλλιέργεια	Ανάγκη για μέλισσες	Είδος Μέλισσας
Αβοκάντο	***	K M	Κουκκί	**	K B M
Αγγουριά	***	K M	Λεμονιά	*	K B M
Ακτινίδιο	***	K B	Μελιτζανιά	*	K B
Αμπέλι	*	K M	Μηδική	***	K B M
Αμυγδαλιά	*	K	Μηλιά	***	K B M
Αχλαδιά	***	K B	Μουριά	*	K B
Βαμβάκι	*	K B M	Ντομάτα	*	K B M
Βερυκοκκιά	**	K	Πεπονιά	***	K
Γογγύλι	*	K B M	Πιπεριά	*	K B
Δαμασκηλιά	**	K B	Πορτοκαλιά	*	K B M
Ελιά	*	K	Ροδακινιά	**	K
Ηλιανθος	***	K B M	Σινάπι	**	K
Καρπουζιά	**	K M	Σόγια	*	K M
Καρδιά	*	K	Τριφύλια	**	K B M
Κερασιά	***	K B	Φασολιά	*	K M
Κολοκυθιά	***	K M	Φραουλιά	**	K M

Ωστόσο, εκτός από τις κοινές μέλισσες, οι άγριοι επικονιαστές γενικά συνεισφέρουν τα μέγιστα στην οικονομία του πλανήτη. Υπολογίζεται ότι περισσότερα από 1500 καλλιεργούμενα είδη φυτών, παγκοσμίως, επικονιάζονται κυρίως από έντομα (Klein et al., 2007). Στις εύκρατες περιοχές του πλανήτη, οι άγριοι επικονιαστές υποστηρίζουν το μεγαλύτερο μέρος των επικονιαστικών υπηρεσιών, σε σχέση με τις ημέρες μέλισσες (Garibaldi et al., 2013). Μόνο κατά το 2005, η οικονομική αξία των υπηρεσιών επικονίασης αποτιμήθηκε στα 153 δισεκατομμύρια ευρώ, αντιπροσωπεύοντας το 9,5% της αγροτικής παραγωγής (Gallai et al., 2009).

1.3 Στόχος της εργασίας

Δεδομένων, λοιπόν (α) της τεράστιας αξίας των εντόμων-επικονιαστών, η οποία μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, αλλά στην ουσία είναι ανεκτίμητη, και (β) των απειλών που δέχεται η βιοποικιλότητα στα μεσογειακά οικοσυστήματα, οι προσπάθειες για την εκτίμηση των ανθικών παροχών σε επίπεδο οικοσυστήματος, πρόκειται να μας αποκαλύψουν το υπάρχον δυναμικό της βλάστησης για την υποστήριξη των άγριων επικονιαστών αλλά και της μελισσοκομικής δραστηριότητας. Οι πληροφορίες αυτές, μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τη μελλοντική συστηματική παρακολούθηση των ανθικών παροχών σε επίπεδο τοπίου.

Συνεπώς, η παρούσα πτυχιακή εργασία είχε ως στόχο την καταγραφή και τη συγκριτική ανάλυση των ανθικών παροχών των εντομοεπικονιαζόμενων φυτών μίας καλά μελετημένης (όσον αφορά στην επικονίαση) φρυγανικής βιοκοινότητας στο νησί της Λέσβου. Συγκεκριμένα, τέθηκαν τα εξής ερωτήματα:

1. Ποια είναι η παραγωγή νέκταρος και γύρης, ανά άνθος, για κάθε είδος φυτού;
2. Εξαρτώνται οι ποσότητες νέκταρος και γύρης από τη συγγένεια μεταξύ των ειδών;
3. Υπάρχει συσχέτιση ανά άνθος, ανάμεσα στα είδη της βιοκοινότητας ως προς τη παραγωγή νέκταρος και τη παραγωγή γύρης;
4. Πώς κατανέμεται η ποσότητα νέκταρος και γύρης στον χρόνο, κατά την ανοιξιάτικη περίοδο ανθοφορίας;
5. Πώς κατανέμεται η ποσότητα νέκταρος και γύρης στον χώρο της φρυγανικής βιοκοινότητας;

2 Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Περιοχή μελέτης

Νέктar και γύρη συλλέχθηκαν από 40 είδη αυτοφυών εντομοεπικονιαζόμενων φυτών, τα οποία φύονται σε μία παράκτια φρυγανική βιοκοινότητα, στην περιοχή του Αγίου Στεφάνου, στη ΒΑ Λέσβο (39°18'.00'N, 26°23'.40'E). Η συγκεκριμένη βιοκοινότητα αποτελεί αντικείμενο μελέτης του Εργαστηρίου Βιογεωγραφίας και Οικολογίας κατά την τελευταία δεκαετία (Kantsa et al., 2017, 2018). Το κλίμα της περιοχής είναι μεσογειακό, με ζεστά ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες.

2.2 Δειγματοληψία ανθικών παροχών

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν για τρεις μήνες, κατά την ανοιξιάτικη περίοδο ανθοφορίας, και συγκεκριμένα από τις 15/03/2018 έως τις 13/06/2018. Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν 22 επισκέψεις στην περιοχή μελέτης. Νέκταρ συλλέχθηκε από 31 νεκταροφόρα είδη, ενώ γύρη από 40 είδη.

Νωρίς το πρωί (6.00), πριν από τις δειγματοληψίες και πριν από την έναρξη της δραστηριότητας των επικονιαστών, τα άνθη των ειδών προς μελέτη καλύπτονταν με ειδικά τούλινα σακουλάκια (**Error! Reference source not found.**), με σκοπό την αποφυγή επισκέψεων από έντομα. Κατά την έναρξη των μετρήσεων, αλλά και ανά τακτά χρονικά διαστήματα, λαμβάνονταν μετρήσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα με χρήση φορητού δειγματολήπτη περιβαλλοντικών συνθηκών (Kestrel meter; Nielsen Kellerman, Boothwyn, Pennsylvania). Η μέση θερμοκρασία κατά την ώρα έναρξης των δειγματοληψιών ήταν $19,8 \pm 3,9$ °C και η μέση υγρασία $68,5 \pm 13,1\%$, ενώ κατά τη λήξη, ήταν $21,3 \pm 4,6$ °C και $67,0 \pm 14,8$ %, αντίστοιχα.

2.2.1 Νέκταρ

Πριν από κάθε δειγματοληψία, για κάθε είδος φυτού, επιλέγονταν τουλάχιστον δέκα άτομα (εφόσον υπήρχαν σε αφθονία) με ικανοποιητικό αριθμό ανθών που ήταν έτοιμα να ανοίξουν εκείνη την ημέρα. Για τη μέτρηση του όγκου του νέκταρος που περιέχεται ανά άνθος (μL/άνθος), το νέκταρ συλλεγόταν με ειδικές μικροπιπέτες (Microcaps, Drummond Scientific, Broomall, Pennsylvania) χωρητικότητας από 0,2

μL έως 2 μL, ανάλογα με το μέγεθος του άνθους και την ποσότητα νέκταρος που αυτό παρήγε. Σε περίπτωση που γέμιζε η πρώτη μικροπιπέτα χρησιμοποιούνταν και δεύτερη κ.ο.κ., ωσότου εξαντληθεί το διαθέσιμο νέκταρ του άνθους. Στη συνέχεια, σημειωνόταν το μήκος της στήλης όπου είχε φτάσει το νέκταρ στη μικροπιπέτα με τη βοήθεια βαθμονομημένου χαρτιού, προκειμένου να υπολογιστεί ο όγκος του. Το νέκταρ από κάθε άτομο αποθηκεύτηκε σε γυάλινα φιαλίδια χωρητικότητας 2 mL που περιείχαν 100 μL υδατικού διαλύματος αιθανόλης 70% (Merck, Hohenbrunn, Germany), τα οποία τοποθετήθηκαν σε καταψύκτη (-20 °C) για περαιτέρω αναλύσεις στο μέλλον. Για την αποφυγή της απώλειας τυχόν υπολειμμάτων νέκταρος, κατά τη μεταφορά του από τη μικροπιπέτα στο φιαλίδιο, μετά το άδειασμα, το κάτω μέρος της μικροπιπέτας κοβόταν με καθαρή λαβίδα και προσετίθετο στο φιαλίδιο. Ταυτόχρονα, γινόταν καταγραφή του αριθμού των ανθέων που χρησιμοποιήθηκαν από κάθε άτομο του κάθε είδους. Σε αυτό τον αριθμό δεν συμπεριλαμβάνονται τα άνθη που μετρήθηκαν αλλά δεν έδωσαν νέκταρ.



Εικόνα 7. Κάλυψη των ανθέων του ασφόδελου (*Asphodelus ramosus*) με τούλινο σακουλάκι, προκειμένου να αποφευχθεί η επαφή τους με έντομα-επισκέπτες. Φωτογραφία: Αφροδίτη Καντσή.



Εικόνα 8. Λήψη νέκταρος στο πεδίο από τη λεβάντα (*Lavandula stoechas*). Φωτογραφία: Μερκούρη Σοφία

2.2.2 Γύρη

Στην παρούσα εργασία, το βάρος των ανθών, χρησιμοποιείται ως μέτρο υπολογισμού της ποσότητας της γύρης που παράγουν τα φυτά της βιοκοινότητας. Σημειώνεται ότι ανθήρες ελήφθησαν και από τα φυτά τα οποία, αν και επικονιάζονται από έντομα, δεν προσφέρουν τη γύρη τους στους ανθικούς επισκέπτες για κατανάλωση, δηλαδή από τις ορχιδέες *Serapias cordigera* και *S. vomeracea*.

Για τον υπολογισμό του βάρους των ανθών ανά άνθος κάθε είδους (mg/άνθος), η συλλογή πραγματοποιήθηκε με δύο μεθόδους. Η πρώτη μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν η επιτόπου συλλογή των στημόνων με λαβίδα, η οποία έχει καθαριστεί με ακετόνη. Για τα είδη σε αφθονία, έγινε συλλογή γύρης από πολλαπλά άνθη πολλών διαφορετικών ατόμων, ενώ για τα σπάνια είδη, συλλογή έγινε μόνο από τα άτομα που ήταν διαθέσιμα. Οι στήμονες τοποθετήθηκαν είτε σε πλαστικά τρυβλία Petri είτε σε (προζυγισμένα) σωληνάρια Eppendorf, ανάλογα με τον όγκο τους (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Σωληνάρια Eppendorf και τρυβλία Petri με τους αποξηραμένους ανθήρες. Φωτογραφία: Μερκούρη Σοφία.

Μετά από τη συλλογή, τα δοχεία με τη γύρη (σωληνάρια ή τρυβλία) τοποθετήθηκαν σε απαγωγό ανοιχτά για δύο εικοσιτετράωρα, με σκοπό την ξήρανση του υλικού τους. Κατόπιν, έγινε διαχωρισμός των νημάτων από τους ανθήρες, κρατώντας μόνο τους τελευταίους, ώστε να ζυγισθούν σε πενταψήφιο ζυγό ακριβείας. Μετά από τη ζύγιση των ανθέρων, έγινε αφαίρεση του βάρους του δοχείου, προκειμένου να υπολογισθεί το καθαρό τους βάρος. Τέλος, το υλικό αποθηκεύτηκε σε σκιερό και ξηρό μέρος.

Η δεύτερη μέθοδος αφορούσε στη συλλογή πολλών ανθέων ή ταξιανθιών, με πολύ μικρά άνθη, των οποίων οι στήμονες ήταν εξαιρετικά δύσκολο να συλλεχθούν με γυμνό μάτι και να τοποθετηθούν σε τρυβλία (συγκεκριμένα, για τα είδη: *Trifolium angustifolium*, *T. arvense*, *T. campestre*, *T. glanduliferum*, *Anthemis auriculata*, *Anthyllis hermanniae*, *Heliotropium lasiocarpum*, *Lagoecia cuminoides*, *Linum trigynum*, και *Cuscuta epithymum*). Τα τρυβλία κατόπιν τοποθετούνταν στην κατάψυξη (-20 °C), προκειμένου να διατηρηθεί το άνθος ακέραιο μέχρι την αφαίρεση των ανθέρων. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ο διαχωρισμός των άθικτων ανθέρων από

τα άνθη, κάτω από στερεοσκόπιο (Εικόνα). Η διαδικασία ξήρανσης και ζυγίσματος ήταν όμοια με αυτήν της πρώτης μεθόδου.



Εικόνα 10. Στερεοσκόπιο, με χρήση του οποίου έγινε η εξαγωγή ανθήρων από τα νήματα των στημόνων. Φωτογραφία: Μερκούρη Σοφία.

2.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Η ποσότητες γύρης και νέκταρος εκφράζονται είτε ανά άνθος, είτε ανά ανθική μονάδα. Ως ανθικές μονάδες ορίστηκαν (1) οι ταξιανθίες οι οποίες έχουν τόσο πυκνά τοποθετημένα άνθη (π.χ. κεφάλια, πυκνά σκιαδία), ώστε τα μικρά έντομα δεν χρειάζεται να πετάξουν για να μετακινηθούν από άνθος σε άνθος (Carvalheiro et al., 2008) και (2) τα μεμονωμένα άνθη ή αυτά που βρίσκονται σε αραιές ταξιανθίες και δεν εμπίπτουν στην πρώτη κατηγορία. Σημειώνεται ότι για τα είδη της οικογένειας Asteraceae, τα κεφάλια υπολογίστηκαν ακέραια (δηλ. ως ένα άνθος ή ανθική μονάδα) και στη μία και στην άλλη περίπτωση, χωρίς να καταμετρηθούν τα επιμέρους ανθίδια. Η πυκνότητα ανθικών μονάδων καθώς και ο χρόνος της ανθοφορίας κάθε είδους, ελήφθησαν από τους Kantsa et al. (2018), οι οποίοι πραγματοποίησαν επανειλημμένες

επισκέψεις κατά τις ανοιξιάτικες περιόδους ανθοφορίες των ετών 2011-2012 και μέτρησαν την ανθική πυκνότητα σε επτά δειγματοληπτικές επιφάνειες έκτασης 75 m² η καθεμία (συνολική επιφάνεια: 250 m²).

Για να υπολογίσουμε τη χωρική πυκνότητα των ανθικών παροχών κατά μήκος της περιόδου ανθοφορίας σύμφωνα με τα δεδομένα των Kantsa et al. (2018), πολλαπλασιάσαμε την πυκνότητα ανθικών μονάδων (ανθικές μονάδες / m²) επί του μέσου όγκου νέκταρος ή της μέσης μάζας γύρης ανά ανθική μονάδα κάθε είδους.

Προκειμένου να ελέγξουμε τη σχέση μεταξύ της ποσότητας γύρης και της ποσότητας νέκταρος ανά άνθος στα είδη που παράγουν και τις δύο ανθικές παροχές, χρησιμοποιήσαμε τον συντελεστή συσχέτισης Pearson's r , αφού λογαριθμήσαμε τις τιμές των δύο μεταβλητών (δηλ. όγκο νέκταρος και ξηρή μάζα γύρης). Η μετατροπή των μεταβλητών έγινε για να ικανοποιηθεί η προϋπόθεση της κανονικότητας των συνεχών μεταβλητών που εξετάζονται από τον συντελεστή του Pearson. Ο υπολογισμός του συντελεστή έγινε με τη λειτουργία *cor.test* της R.

Προκειμένου να ελέγξουμε την υπόθεση ότι τα περισσότερα συγγενικά είδη παράγουν παρόμοιες ποσότητες νέκταρος και γύρης, σε σχέση με τα περισσότερα απομακρυσμένα στο φυλογενετικό δέντρο, μετρήσαμε το «φυλογενετικό σήμα» για τις λογαριθμημένες τιμές της ποσότητας νέκταρος ανά άνθος και της ποσότητας γύρης ανά άνθος. Το φυλογενετικό σήμα αποτελεί έναν δείκτη, ο οποίος υπολογίζει τη φυλογενετική συσχέτιση μίας μεταβλητής σε ένα σύνολο δεδομένων που αποτελείται από πολλά είδη. Στην περίπτωσή μας, χρησιμοποιήθηκε η μετρική Pagel's λ (Pagel, 1999), η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για συνεχείς μεταβλητές. Για τον υπολογισμό του λ του Pagel, χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία *phyloSignal* του πακέτου *phyloSignal* (v. 1.2) της R. Το φυλογενετικό δέντρο της φυτοκοινότητας ελήφθη από τους Kantsa et al. (2017). Η χαρτογράφηση των δύο παραπάνω μεταβλητών στο φυλόγραμμα των φυτών πραγματοποιήθηκε με χρήση της λειτουργίας *contMap* του πακέτου *phytools* (v. 0.6-44) της R.

Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στην πλατφόρμα R (version 3.5.1), χρησιμοποιώντας τα στατιστικά πακέτα που αναφέρονται παραπάνω.

3 Αποτελέσματα & Συζήτηση

3.1 Ανθικές παροχές και φυτική ποικιλότητα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, νέктar συλλέχθηκε από 31 φυτικά είδη (Πίνακας 2) και γύρη, από 40 είδη (Πίνακας 3). Για τη συλλογή νέκταρος, χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 890 ανθικές μονάδες από 268 άτομα, ενώ για τη συλλογή γύρης, χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 1500 ανθικές μονάδες από τη βιοκοινότητα του Αγίου Στεφάνου Λέσβου. Ο όγκος νέκταρος ανά ανθική μονάδα κυμαίνεται από 1,55 μL (*Prasium majus*, Lamiaceae) έως 0,003 μL (*Lagoecia cuminoides*, Apiaceae) (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Τα 31 είδη της βιοκοινότητας του Αγ. Στεφάνου που παράγουν νέκταρ, και η μέση ποσότητα παροχής ανά ανθική μονάδα (\pm τυπικό σφάλμα). Επιπρόσθετα, αναφέρεται ο αριθμός ατόμων φυτών από τα οποία προήλθε το δείγμα.

Οικογένεια	Είδος	Ποσότητα νέκταρος (μL /ανθική μονάδα)	Αριθμός ατόμων/ φυτό
Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i>	0,013 \pm 0,004	7
Asteraceae	<i>Anthemis auriculata</i>	0,056 \pm 0,007	10
Fabaceae	<i>Anthyllis hermanniae</i>	0,013	1
Xanthorrhoeaceae	<i>Asphodelus ramosus</i>	1,115 \pm 0,606	10
Asteraceae	<i>Centaurea solstitialis</i>	0,063 \pm 0,013	7
Cistaceae	<i>Cistus creticus</i>	0,020 \pm 0,002	10
Cistaceae	<i>Cistus salvifolius</i>	0,010 \pm 0,002	10
Asteraceae	<i>Crepis neglecta</i>	0,044 \pm 0,007	10
Convolvulaceae	<i>Cuscuta epithymum</i>	0,011 \pm 0,001	10
Boraginaceae	<i>Echium plantagineum</i>	0,079 \pm 0,018	10
Fabaceae	<i>Genista acanthoclada</i>	0,012 \pm 0,004	6
Geraniaceae	<i>Geranium robertianum</i>	0,016 \pm 0,001	10
Asteraceae	<i>Hedypnois cretica</i>	0,049 \pm 0,012	8
Boraginaceae	<i>Heliotropium lasiocarpum</i>	0,007 \pm 0,001	11
Apiaceae	<i>Lagoecia cuminoides</i>	0,003 \pm 0,000	10
Lamiaceae	<i>Lavandula stoechas</i>	0,534 \pm 0,089	10
Caryophyllaceae	<i>Moenchia mantica</i>	0,024 \pm 0,004	10
Asteraceae	<i>Onopordum tauricum</i>	1,317 \pm 0,201	6
Orchidaceae	<i>Orchis sancta</i>	0,078 \pm 0,024	10
Asparagaceae	<i>Ornithogalum</i> sp.	0,061 \pm 0,011	10
Lamiaceae	<i>Prasium majus</i>	1,551 \pm 0,230	5
Ranunculaceae	<i>Ranunculus paludosus</i>	0,015 \pm 0,003	6
Apiaceae	<i>Scandix</i> sp.	0,041 \pm 0,011	5
Crassulaceae	<i>Sedum confertiflorum</i>	0,036 \pm 0,007	10

Οικογένεια	Είδος	Ποσότητα νέκταρος ($\mu\text{L}/\text{ανθική μονάδα}$)	Αριθμός από- μων/ φυτό
Asteraceae	<i>Taraxacum</i> sp.	0,059 \pm 0,007	10
Lamiaceae	<i>Teucrium divaricatum</i>	0,044 \pm 0,008	10
Asteraceae	<i>Tolpis barbata</i>	0,023 \pm 0,005	10
Fabaceae	<i>Trifolium angustifolium</i>	0,008 \pm 0,001	10
Fabaceae	<i>Trifolium arvense</i>	0,008 \pm 0,002	9
Fabaceae	<i>Trifolium campestre</i>	0,005 \pm 0,001	9
Fabaceae	<i>Trifolium glanduliferum</i>	0,007 \pm 0,001	8

Αντίστοιχα, η ποσότητα γύρης ανά ανθική μονάδα κυμαίνεται από 23,79 mg (*Onopordum tauricum*, Asteraceae) έως 0,005 mg (*Heliotropium lasiocarpum*) (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Τα 38 είδη από τα οποία συλλέχθηκε γύρη στη βιοκοινότητα του Αγίου Στεφάνου. Για κάθε είδος, παρουσιάζεται η μέση ποσότητα γύρης ανά άνθος και ο αριθμός των ανθέων από την οποία προήλθε το δείγμα. Σημειώνεται ότι για τα είδη της οικ. Asteraceae, η ποσότητα αναφέρεται ανά ταξιανθία (κεφάλιο). Σημειώνεται ότι τα δεδομένα γύρης από το φυτό *Anthemis auriculata* (Asteraceae) δεν παρουσιάζονται εδώ για τεχνικούς λόγους, είναι ωστόσο διαθέσιμα προς ανάλυση.

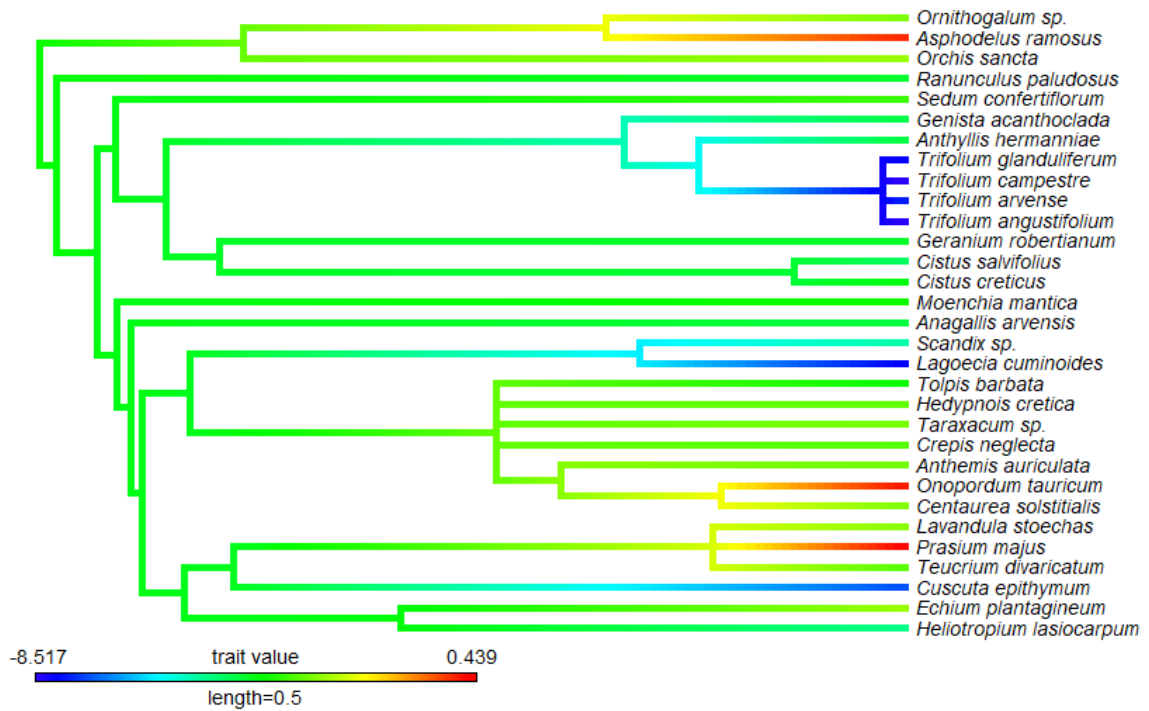
Οικογένεια	Είδος	Ποσότητα γύρης (mg/άνθος)	Αριθμός ανθέων
Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i>	0.095	42
Ranunculaceae	<i>Anemone pavonina</i>	7.994	10
Fabaceae	<i>Anthyllis hermanniae</i>	0.028	410
Xanthorrhoeaceae	<i>Asphodelus ramosus</i>	1.809	10
Gentianaceae	<i>Blackstonia perfoliata</i>	0.251	45
Asteraceae	<i>Centaurea solstitialis</i>	0.533	3
Gentianaceae	<i>Centaurium pulchellum</i>	0.074	80
Cistaceae	<i>Cistus creticus</i>	10.880	5
Cistaceae	<i>Cistus salvifolius</i>	2.200	8
Asteraceae	<i>Crepis neglecta</i>	0.052	21
Convolvulaceae	<i>Cuscuta epithymum</i>	0.079	494
Boraginaceae	<i>Echium plantagineum</i>	0.226	16
Cistaceae	<i>Fumana arabica</i>	0.400	8
Fabaceae	<i>Genista acanthoclada</i>	0.132	22
Geraniaceae	<i>Geranium robertianum</i>	0.113	40
Boraginaceae	<i>Heliotropium lasiocarpum</i>	0.005	150
Apiaceae	<i>Lagoecia cuminoides</i>	0.004	533
Lamiaceae	<i>Lavandula stoechas</i>	0.006	24
Linaceae	<i>Linum trigynum</i>	0.024	169
Caryophyllaceae	<i>Moenchia mantica</i>	0.191	35
Asteraceae	<i>Onopordum tauricum</i>	23.786	7

Οικογένεια	Είδος	Ποσότητα γύρης (mg/άνθος)	Αριθμός ανθέων
Orchidaceae	<i>Orchis sancta</i>	0.326	39
Asparagaceae	<i>Ornithogalum</i> sp.	0.829	21
Papaveraceae	<i>Papaver argemone</i>	0.970	10
Lamiaceae	<i>Prasium majus</i>	0.911	9
Ranunculaceae	<i>Ranunculus paludosus</i>	4.360	10
Apiaceae	<i>Scandix</i> sp.	0.026	50
Crassulaceae	<i>Sedum confertiflorum</i>	0.338	8
Orchidaceae	<i>Serapias cordigera</i>	0.128	25
Orchidaceae	<i>Serapias vomeracea</i>	1.050	10
Asteraceae	<i>Taraxacum</i> sp.	0.060	15
Lamiaceae	<i>Teucrium divaricatum</i>	0.371	49
Asteraceae	<i>Tolpis barbata</i>	0.006	34
Fabaceae	<i>Trifolium angustifolium</i>	0.017	152
Fabaceae	<i>Trifolium arvense</i>	0.025	623
Fabaceae	<i>Trifolium campestre</i>	0.004	707
Fabaceae	<i>Trifolium glanduliferum</i>	0.017	436
Cistaceae	<i>Tuberaria guttata</i>	0.075	8

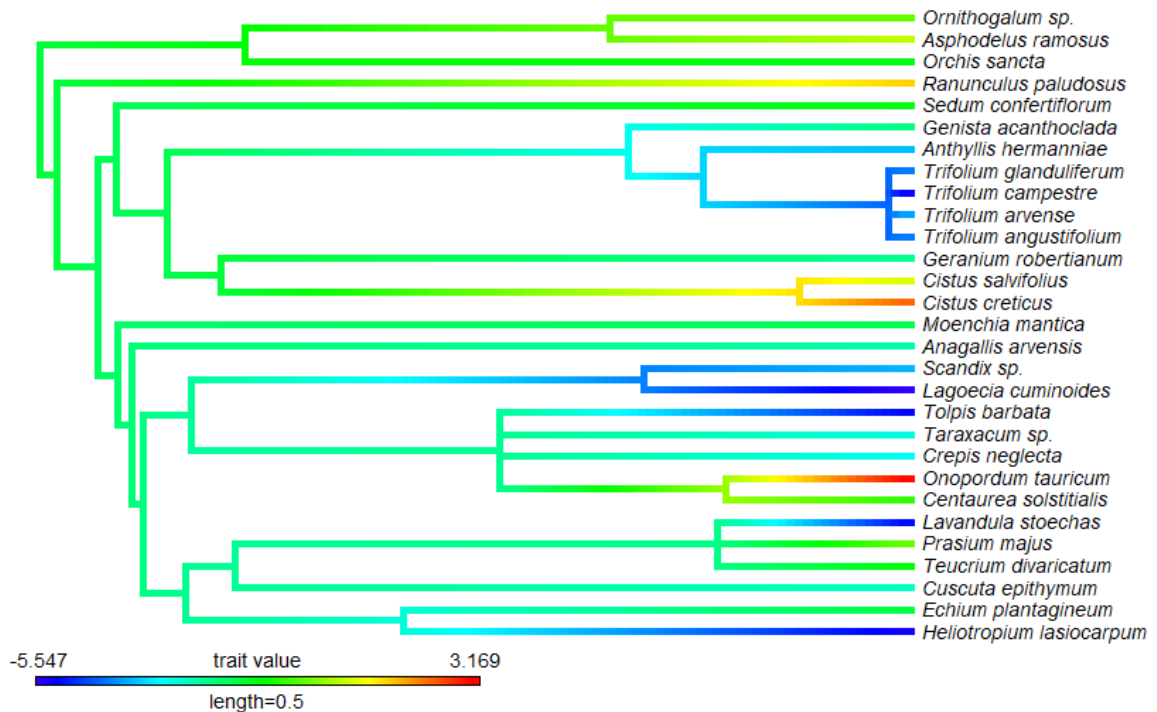
Η ποσότητα νέκταρος ανά άνθος είναι μια μεταβλητή που παρουσιάζει στατιστικά σημαντικό φυλογενετικό σήμα, δηλαδή τα συγγενικά είδη τείνουν να εκκρίνουν παρόμοιες ποσότητες νέκταρος (Pagel's $\lambda = 1,01$, $P = 0,009$) (Εικόνα). Αντίθετα, η ποσότητα της γύρης παρουσιάζει οριακά ασήμαντο φυλογενετικό σήμα (Pagel's $\lambda = 0,71$, $P = 0,058$) (Εικόνα 12).

Στη συνέχεια, παρατηρήθηκε μία θετική στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής νέκταρος ανά άνθος και της παραγωγής γύρης ανά άνθος (Pearson's $r = 0.62$, $P = 0.003$, $N = 29$) (Εικόνα), πράγμα που σημαίνει ότι τα φυτά που παράγουν περισσότερο νέκταρ τείνουν να παράγουν και περισσότερη γύρη. Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ τη ποσότητας γύρης και της ποσότητας νέκταρος που παράγονται ανά ανθική μονάδα

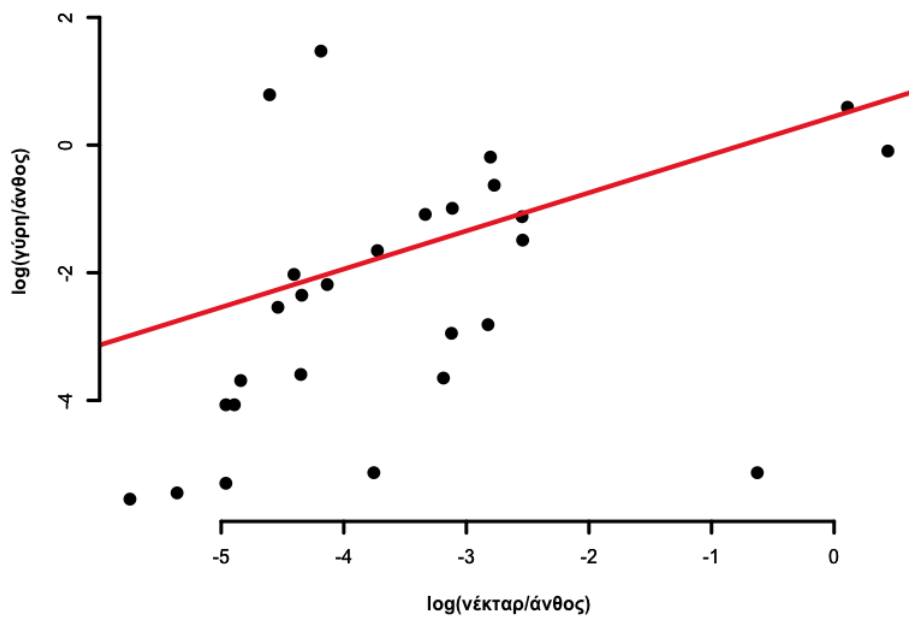
Η οικογένεια με τη μεγαλύτερη μέση παραγωγή νέκταρος ανά ανθική μονάδα είναι η οικ. Xanthorrhoeaceae, που εκπροσωπείται μόνο από ένα είδος, τον ασφόδελο (*Asphodelus ramosus*), ακολουθούμενη από τις οικ. Lamiaceae και Asteraceae (Πίνακας 4).



Εικόνα 11. Η ποσότητα νέκταρος ανά άνθος (λογαριθμημένη μεταβλητή) χαρτογραφημένη στο φυλόγραμμα των φυτών της βιοκοινότητας (μήκος κλάδων: εκατομμύρια χρόνια).



Εικόνα 12. Η ποσότητα γύρης ανά άνθος (λογαριθμημένη μεταβλητή) χαρτογραφημένη στο φυλόγραμμα των φυτών της βιοκοινότητας (μήκος κλάδων: εκατομμύρια χρόνια).



Εικόνα 13. Συσχέτιση της παραγωγής γύρης και της παραγωγής νέκταρος ανά άνθος στη βιοκοινότητα μελέτης. Οι μεταβλητές έχουν λογαριθμηθεί.

Πίνακας 4. Η μέση ποσότητα νέκταρος (\pm τυπικό σφάλμα) ανά οικογένεια στη βιοκοινότητα μελέτης. Επιπρόσθετα, αναφέρεται ο αριθμός ειδών που αντιστοιχεί σε κάθε οικογένεια.

Οικογένεια	Ποσότητα νέκταρος ($\mu\text{L}/\text{ανθική μονάδα}$)	Αριθμός ειδών
Apiaceae	0.022 \pm 0.019	2
Asparagaceae	0.061	1
Asteraceae	0.230 \pm 0.181	7
Boraginaceae	0.043 \pm 0.036	2
Caryophyllaceae	0.024	1
Cistaceae	0.015 \pm 0.005	2
Convolvulaceae	0.011	1
Crassulaceae	0.036	1
Fabaceae	0.009 \pm 0.001	6
Geraniaceae	0.016	1
Lamiaceae	0.710 \pm 0.444	3
Orchidaceae	0.078	1
Primulaceae	0.013	1
Ranunculaceae	0.015	1
Xanthorrhoeaceae	1.115	1

Η οικογένεια με τη μεγαλύτερη μέση παραγωγή γύρης ανά ανθική μονάδα είναι η οικ. Ranunculaceae, ακολουθούμενη από τις οικ. Asteraceae, Cistaceae και Xanthorrhoeaceae (Πίνακας 5). Σημειώνεται ότι στην οικ. Orchidaceae, η γύρη που παράγεται δεν προορίζεται για κατανάλωση από τους επικονιαστές, καθώς οι γυρεόσακοι προσκολλώνται στο κεφάλι των εντόμων (σχεδόν αποκλειστικά μελισσών) και έτσι μεταφέρονται από άνθος σε άνθος προκειμένου να πραγματοποιηθεί η γονιμοποίηση.

Πίνακας 5. Η μέση ποσότητα γύρης (\pm τυπικό σφάλμα) ανά οικογένεια στη βιοκοινότητα μελέτης. Επιπρόσθετα, αναφέρεται ο αριθμός ειδών που αντιστοιχεί σε κάθε οικογένεια.

Οικογένεια	Ποσότητα γύρης (mg/ανθική μονάδα)	Αριθμός ειδών
Apiaceae	0.123 \pm 0.075	2
Asparagaceae	0.829	1
Asteraceae	4.887 \pm 3.994	7
Boraginaceae	0.115 \pm 0.110	2
Caryophyllaceae	0.191	1
Cistaceae	3.389 \pm 2.540	4
Convolvulaceae	1.300	1
Crassulaceae	0.338	1
Fabaceae	0.313 \pm 0.105	6
Gentianaceae	0.162 \pm 0.089	2
Geraniaceae	0.113	1
Lamiaceae	0.443 \pm 0.252	3
Linaceae	0.024	1
Orchidaceae	0.501 \pm 0.280	3
Papaveraceae	0.970	1
Primulaceae	0.095	1
Ranunculaceae	6.177 \pm 1.817	2
Xanthorrhoeaceae	1.809 \pm 0.075	1

Γενικά, όσον αφορά στο νέκταρ, παρατηρούμε πως τα είδη της οικ. Lamiaceae εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες, πολύ μεγαλύτερες συγκριτικά με τα περισσότερα είδη της βιοκοινότητας. Η εν λόγω οικογένεια είναι εξαιρετικά σημαντική για τα φρυγανικά συστήματα σε ολόκληρη τη μεσογειακή λεκάνη. Δεδομένα της Petanidou (1996) μας αποκαλύπτουν ότι τα είδη της οικ. Lamiaceae είναι τα περισσότερο ανταποδοτικά στους επικονιαστές, σε σχέση τα υπόλοιπα φυτά σε μία φρυγανική βιοκοινότητα που μελετήθηκε στην Αττική. Το χαρακτηριστικό αυτό τους καθιστά εξαιρετικά πολύτιμα τόσο για τη διατήρηση των πληθυσμών των άγριων επικονιαστών, όσο και για τη

βόσκηση των ήμερων μελισσών, και συνεπώς για την ανάπτυξη της μελισσοκομίας στην Ελλάδα (Νικολαΐδης, 2014) και γενικά στη Μεσόγειο.

Όσον αφορά στην παραγωγή γύρης, παρατηρούμε ότι η οικογένεια Ranunculaceae είναι αυτή με τη μεγαλύτερη παραγωγή γύρης ανά άνθος. Σημειώνουμε ότι τα φυτά αυτά δεν παράγουν νέκταρ, οπότε θα περίμενε κανείς να αναπληρώνουν την ελκυστικότητα τους στους επικονιαστές με την αυξημένη προσφορά γύρης. Επιπλέον, σημαντικά είναι τα είδη της οικ. Cistaceae, ειδικά γιατί τα φυτά αυτά διατηρούν μεγάλους πληθυσμούς στην περιοχή, καθιστώντας τα απαραίτητα για τους άγριους επικονιαστές (Kantsa et al., 2018). Μάλιστα, οι λαδανιές (γνωστές στη Λέσβο και ως «αξίσταρος») αποτέλεσαν πρόσφατα αντικείμενο μελέτης του προγράμματος «Φυτοχημική Ανάλυση της Βιοποικιλότητας των Νήσων της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου» για την εκμετάλλευση και αξιοποίηση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, συντονιζόμενο από την Περιφέρεια Β. Αιγαίου. Σημειώνουμε ότι το εμπόριο των αρωματικών φυτών σε παγκόσμιο επίπεδο ως πρώτη ύλη ανέρχεται στους 440.000 τόνους από τους οποίους το 25% διακινείται στην Ευρώπη. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση καλλιεργούνται 650.000 στρέμματα ενώ στην Ελλάδα η συνολική καλλιεργούμενη έκταση ανέρχεται στα 40 εκ. στρέμματα από τα οποία το 67% αποτελείται από φυτά στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά (Δόρδας, 2009).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματά μας, παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής νέκταρος ανά άνθος και της παραγωγής γύρης ανά άνθος. Αυτό σημαίνει πως τα είδη που παράγουν περισσότερο νέκταρ, τείνουν να παράγουν και περισσότερη γύρη. Αυτό είναι ένα πολύ ενδιαφέρον αποτέλεσμα, αλλά αφορά σε ένα φαινόμενο που δεν είναι καλά μελετημένο. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειώσουμε ότι παρόμοιες μελέτες στη Μεσόγειο έχουν πραγματοποιηθεί στην Αττική (φρύγανα: Petanidou & Vokou, 1990, Petanidou & Smets 1995) και στην Ισπανία (ξηρά λιβάδια: Bosch et al., 1997), αλλά ποτέ δεν επιχειρήθηκε η δοκιμή της συσχέτισης των δύο ανθικών παροχών. Εκείνο που συμπεραίνουμε είναι ότι, αντίθετα με ό,τι θα περίμενε κάποιος, τα είδη που παράγουν νέκταρ επενδύουν αναλογικά και στους δύο τύπους παροχής, χωρίς να επιχειρούν να εξοικονομήσουν ενέργεια ή υλικά εις βάρος της μίας ή της άλλης. Αυτό το αποτέλεσμα χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, ιδιαίτερα ως προς την ποιοτική σύσταση της γύρης και του νέκταρος σε κάθε είδος.

Τέλος, η φυλογενετική συσχέτιση των δύο ανθικών παροχών ήταν αναμενόμενη, καθώς γνωρίζουμε ότι στη βιοκοινότητα μελέτης η παραγωγή νέκταρος εκφρασμένη ως δυαδική μεταβλητή (παρουσία/απουσία) παρουσιάζει σημαντικό φυλογενετικό σήμα (Kantsa et al., 2017). Επιπλέον, όμως, αποτελεί και απόδειξη ότι η δειγματοληψίες ήταν επιτυχείς, καθώς ένα τέτοιο αποτέλεσμα δεν θα μπορούσε να προκύψει τυχαία.

3.2 Οι ανθικές παροχές στον χώρο και τον χρόνο

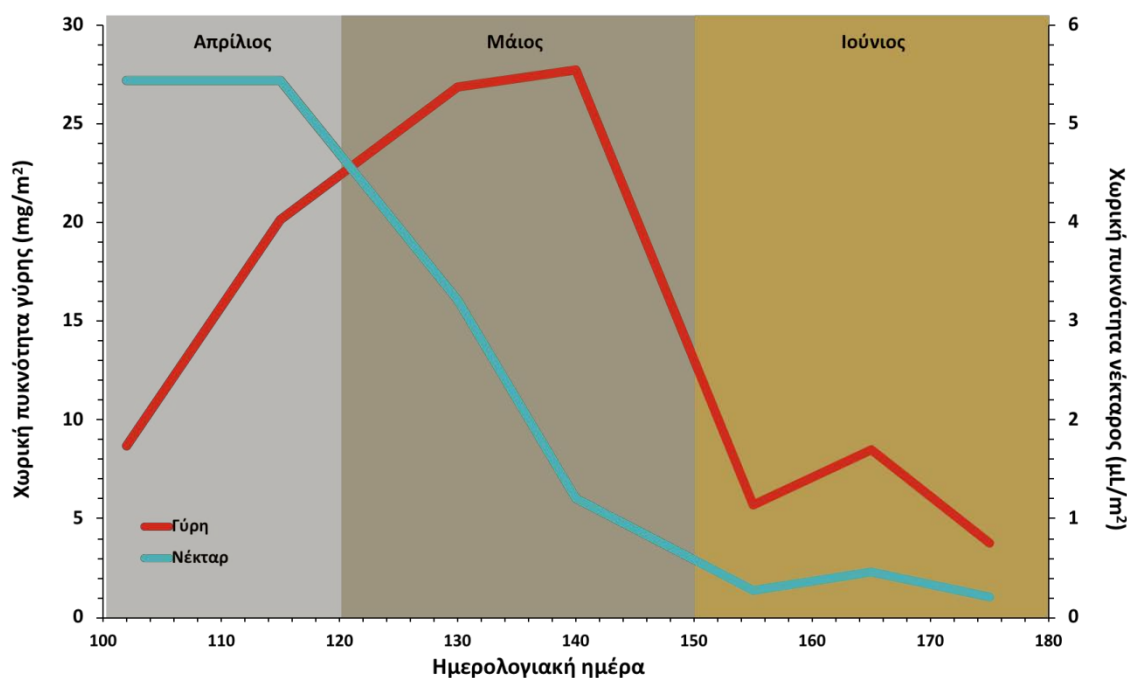
Το είδος με την (κατά πολύ) μεγαλύτερη συνεισφορά σε νέκταρ ανά τετραγωνικό μέτρο βλάστησης καθ' όλη τη διάρκεια ανθοφορίας είναι η λεβάντα (*Lavandula stoechas*, Lamiaceae), ενώ ακολουθούν (αν και με πολύ χαμηλότερες τιμές) ο ασφόδελος και το τεύκριο (*Teucrium divaricatum*, Lamiaceae). Όσον αφορά στη γύρη, η μεγαλύτερη προσφορά ανά τετραγωνικό μέτρο αντιστοιχεί στα δύο είδη λαδανιάς (*Cistus creticus* και *C. salviifolius*, Cistaceae) που ξεπερνούν τα υπόλοιπα κατά πολύ (Πίνακας 6).

Πίνακας 6. Η συνεισφορά κάθε είδους της βιοκοινότητας στην παραγωγή ανθικών παροχών ανά m^2 βλάστησης. ΔΠ: Το είδος δεν παράγει νέκταρ. Σημειώνεται ότι τα δεδομένα γύρης από το φυτό *Anthemis auriculata* (Asteraceae) δεν παρουσιάζονται εδώ για τεχνικούς λόγους, είναι ωστόσο διαθέσιμα προς ανάλυση.

Είδος φυτού	Ποσότητα νέκταρος ($\mu\text{L}/m^2$)	Ποσότητα γύρης (mg/m^2)
<i>Anagallis arvensis</i>	0.042	0.308
<i>Anemone pavonina</i>	ΔΠ	1.814
<i>Anthemis auriculata</i>	0.037	-
<i>Anthyllis hermanniae</i>	0.111	0.236
<i>Asphodelus ramosus</i>	0.792	1.284
<i>Blackstonia perfoliata</i>	ΔΠ	0.274
<i>Centaurea solstitialis</i>	0.0004	0.004
<i>Centaureum pulchellum</i>	ΔΠ	0.001
<i>Cistus creticus</i>	0.165	90.222
<i>Cistus salviifolius</i>	0.067	14.734
<i>Crepis neglecta</i>	0.163	0.193
<i>Cuscuta epithymum</i>	0.016	1.951
<i>Echium plantagineum</i>	0.025	0.072
<i>Fumana arabica</i>	ΔΠ	0.384
<i>Genista acanthoclada</i>	0.009	0.096
<i>Geranium robertianum</i>	0.001	0.009
<i>Hedypnois cretica</i>	0.097	ΔΠ
<i>Heliotropium lasiocarpum</i>	0.001	0.0005

Είδος φυτού	Ποσότητα νέκταρος ($\mu\text{L}/\text{m}^2$)	Ποσότητα γύρης (mg/m^2)
<i>Lagoecia cuminoides</i>	0.004	0.062
<i>Lavandula stoechas</i>	15.493	1.329
<i>Linum trigynum</i>	ΔΠ	0.427
<i>Moenchia mantica</i>	0.081	0.639
<i>Onopordum tauricum</i>	0.531	9.583
<i>Orchis sancta</i>	0.005	0.022
<i>Ornithogalum</i> sp.	0.007	0.102
<i>Papaver argemone</i>	ΔΠ	0.017
<i>Prasium majus</i>	0.062	0.036
<i>Ranunculus paludosus</i>	0.002	0.707
<i>Scandix</i> sp.	0.124	0.595
<i>Sedum confertiflorum</i>	0.019	0.181
<i>Serapias cordigera</i>	ΔΠ	0.238
<i>Serapias vomeracea</i>	ΔΠ	1.501
<i>Taraxacum</i> sp.	0.012	0.012
<i>Teucrium divaricatum</i>	0.347	2.898
<i>Tolpis barbata</i>	0.069	0.017
<i>Trifolium angustifolium</i>	0.015	1.217
<i>Trifolium arvense</i>	0.061	4.310
<i>Trifolium campestre</i>	0.016	0.376
<i>Trifolium glanduliferum</i>	0.046	2.742
<i>Tuberaria guttata</i>	ΔΠ	0.077

Τέλος, στην 14, παρουσιάζεται η διακύμανση της χωρικής πυκνότητας νέκταρος και γύρης κατά τη διάρκεια ανθοφορίας. Αρχικά, παρατηρείται ότι η παραγωγή νέκταρος στη βιοκοινότητα μελέτης είναι μέγιστη στα πρώτα στάδια της περιόδου ανθοφορίας, και φθίνει απότομα από το τέλος Απριλίου μέχρι τα μέσα Μαΐου, οπότε και είναι ίση περίπου με το 1/5 της αρχικής τιμής. Η φθίνουσα πορεία της διαθέσιμης ποσότητας νέκταρος συνεχίζεται μέχρι και τον Ιούνιο, οπότε σχεδόν μηδενίζεται. Αντίθετα, η πορεία της παραγωγής γύρης στην κοινότητα είναι αρχικά χαμηλή και κορυφώνεται μετά από τα μέσα Μαΐου. Η απότομη πτώση καταγράφεται προς το τέλος Μαΐου, ενώ έως το τέλος του Ιουνίου, η διαθέσιμη γύρη στο σύστημα είναι περίπου ίση με το 1/5 της μέγιστης καταγεγραμμένης ποσότητας.



Εικόνα 14. Η διαθέσιμες ποσότητες νέκταρος και γύρης ανά m^2 βλάστησης (χωρική πυκνότητα ανθικών παροχών) κατά τη διάρκεια της ανοιξιότατης περιόδου ανθοφορίας στη φρυγανική βιοκοινότητα του Αγ. Στεφάνου στη Λέσβο. Τα δεδομένα ανθικής πυκνότητας προέρχονται από τους Kantsa et al. (2018).

Είναι γνωστό ότι τα μεσογειακά οικοσυστήματα δεν χαρακτηρίζονται από υψηλή παραγωγή νέκταρος, κυρίως εξαιτίας της χαμηλής διαθεσιμότητας νερού (Petanidou & Smets, 1995). Στο πλαίσιο αυτό, θεωρούμε ότι η διαθεσιμότητα του νέκταρος στη βιοκοινότητα οφείλεται, κυρίως, στο διαθέσιμο νερό που υπάρχει στο έδαφος. Στην αρχή της περιόδου ανθοφορίας, το διαθέσιμο νερό είναι πολύ περισσότερο από ό,τι στο τέλος. Όσο πλησιάζουμε στη θερινή περίοδο, η θερμοκρασία ανεβαίνει και οι βροχοπτώσεις σπανίζουν, έτσι τα φυτά δεν προσλαμβάνουν τις απαραίτητες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα, τα είδη που ανθίζουν τότε, να αδυνατούν να παράγουν μεγάλες ποσότητες νέκταρος. Αντίθετα, η παραγωγή γύρης είναι ακμαία και μετά την ύφεση της νεκταροπαραγωγής, κάτι που συμφωνεί με την υπόθεση εργασίας των Petanidou & Vokou (1991).

Στην Εικόνα 14, φαίνεται στον Ιούνιο μία μικρή αύξηση της διαθέσιμης γύρης και του νέκταρος. Η μικρή αυτή κορυφή οφείλεται αποκλειστικά στο γαϊδουράγκαθο του είδους *Onopordum tauricum*, το οποίο αντιπροσωπεύει μία εξαιρετική πηγή νέκταρος και γύρης για τους επικονιαστές της βιοκοινότητας, εμφανιζόμενο σε μία χρονική πε-

ρίοδο (τέλη Μαΐου) όπου οι ανθικές παροχές είναι πολύ περιορισμένες, καθώς αφενός τα φυτά οδεύουν προς το τέλος της ανθοφορίας και αφετέρου το νερό στο σύστημα είναι ελάχιστο σε σχέση με τους πρώτες εβδομάδες της άνοιξης.

3.3 Επιτομή

Συμπερασματικά, τα πρωτογενή δεδομένα της παρούσας εργασίας, αποκαλύπτουν το υπάρχον δυναμικό της ανθοφόρας βλάστησης για την υποστήριξη των άγριων επικονιαστών, όπως και του μελισσοκομικού δυναμικού της περιοχής. Οι πληροφορίες αυτές, μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για μελλοντική συστηματική παρακολούθηση των ανθικών παροχών σε επίπεδο τοπίου. Μία τέτοια δραστηριότητα θα μπορούσε να παρέχει χρήσιμα αποτελέσματα τόσο για τη διαχείριση των φυσικών πληθυσμών φυτών και των επικονιαστών τους, αλλά και για την πρόβλεψη των αλλαγών που μπορεί να συμβούν σε βάθος χρόνου, επηρεάζοντας και τη μελισσοκομία, η οποία, για όλα τα νησιά του Αιγαίου αποτελεί σημαντική οικονομική δραστηριότητα του πρωτογενούς τομέα.

4 Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Bazos I., Yannitsaros A., (2004). Floristic reports from the island of Lesvos (Greece) I. dicotyledones: Aceraceae to guttiferae. *Edinburgh Journal of Botany* **61**: 49-86.
- Blondel J., Aronson J., Bodiou J.-Y., Boeuf G. (2010). *The Mediterranean Region: Biological Diversity in Space and Time*. 2nd Edition, Oxford University Press, Oxford, and New York.
- Borneck, R., Bricout, J.P. (1984). Evaluation de l'incidence economique de l'entomofaune pollinisatrice en agriculture. *Bulletin Technique Apicole* **11**: 117- 124.
- Borneck, R., Merle, B. (1989). Trial to evaluate the economic incidence of the pollinating honeybee in the European agriculture. *Apiacta* **24**: 33-38.
- Carvalheiro, L. G., E. R. M. Barbosa, J. Memmott (2008). Pollinator networks, alien species and the conservation of rare plants: *Trinia glauca* as a case study. *Journal of Applied Ecology* **45**:1419-1427
- Dyer, A. G., H. M. Whitney, S. E. Arnold, B. J. Glover, L. Chittka (2006). Behavioural ecology: bees associate warmth with floral colour. *Nature* **442**: 525.
- EEA (2012). Projections of extreme temperatures as represented by the combined number of hot summer (June-August) days and tropical nights. European Environment Agency, *Data and Maps*, URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/projected-average-number-of-summer-1>.
- Free, J. B. (1963). The flower constancy of honey bees. *Journal of Animal Ecology* **32**: 119-131.
- Gallai, N., J.-M. Salles, J. Settele, B. E. Vaissière (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* **68**: 810-821.
- Garibaldi, L. A., I. Steffan-Dewenter, R. Winfree, M. A. Aizen, R. *et al.* (2013). Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* **339**: 1608-1611.
- Kantsa, A., Raguso, R., A., Dyer, A., G., Sgardelis, S., P., Olesen, J., M., Petanidou, T. (2017). Community-wide integration of floral colour and scent in a Mediterranean scrubland. *Nature Ecology & Evolution* **1**: 1502-1510.
- Kantsa, A., R. A. Raguso, A. G. Dyer, J. M. Olesen, T. Tscheulin, T. Petanidou (2018). Disentangling the role of floral sensory stimuli in pollination networks. *Nature Communications* **9**: 1041.

- Klein, M.A., B. E. Vaissiere, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, *et al.* (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings Biological sciences / The Royal Society* **274**: 303-313.
- Moore, D., Siegfried, D., Wilson, R. Rankin, M. A. (1989). The influence of time of a day on the foraging behaviour in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Biological Rhythms* **4**: 305-325
- Pagel, M. (1999). Inferring the historical patterns of biological evolution. *Nature* **401**: 877-884.
- Petanidou, T and Vokou, D. (1990). Pollination and Pollen Energetics in Mediterranean Ecosystems. *American journal of botany*, **77**: 986-992.
- Petanidou, T. (2007). Ecological and evolutionary aspects of floral nectars in Mediterranean habitats. Pages 343-375 in S. W. Nicolson, M. Nepi, and E. Pacini, editors. *Nectaries and nectar*. Springer, Dordrecht.
- Petanidou, T. & Smets, E. (1995). The potential of marginal lands for bees and apiculture: nectar secretion in Mediterranean shrublands. *Apidologie* **26**: 39–52.
- Rundel, P. W., M. T. K. Arroyo, R. M. Cowling, J. E. Keeley, B. B. Lamont, P. Vargas (2016). Mediterranean Biomes: Evolution of Their Vegetation, Floras, and Climate. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **47**: 383-407.
- Takkis, K., Tscheulin, T., Tsalkatis, P., Petanidou, T. (2015). Climate change reduces nectar secretion in two common Mediterranean plants. *AoB PLANTS* **7**: 111.
- Takkis, K., Tscheulin, T., Petanidou, T. (2018). Differential Effects of Climate Warming on the Nectar Secretion of Early- and Late-Flowering Mediterranean Plants. *Frontiers in Plant Science* **9**: 874. DOI: 10.3389/fpls.2018.00874.
- Winston, M. L. (1987). *The Biology of the Honey Bee*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 281 pages.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Βώκου Δ., Παντής Γ., Σγαρδέλης Σ. (1986). *Οικολογία: Η Αναγκαιότητα της Σύνθεσης – Η Γοητεία των Σχέσεων*. Εκδόσεις Εγνατία, σελ. 86.
- Δόρδας, Χ. (2009). *Συμπληρωματικές σημειώσεις για το μάθημα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Καραμπέτσος, Χ. (2005). *Βοτανική: Μορφολογία και Ανατομία Φυτών*. Εκδόσεις Έμβρυο, σελ. 378.
- Μπαζός, Ι. (2005). *Μελέτη της χλωρίδας και της βλάστησης της Λέσβου*. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ. 409.
- Νικολαΐδης, Ν. Ι. (2014). *Μελισσοκομία*. Εκδόσεις Ψύχαλου, σελ. 360.

- Ντάφης Σ. (1986). *Εφαρμοσμένη Δασοκομία*. Εκδόσεις Γιαχούδη–Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, σελ. 25.
- Πετανίδου, Θ. (1991). *Η επικονίαση στα φρυγανικά οικοσυστήματα*. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 380.
- Χατζήνα, Φ. (2007). *Επικονίαση των καλλιεργούμενων φυτών*, σελ. 45. Διαθέσιμο στο: <http://www.melinet.gr/item/epikoniasi2007.pdf>.