

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών**

**Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**



**Μελέτη της Βλάστησης των Γυψούχων Οικοσυστημάτων  
στην Κύπρο**

**Γεωργία Χρυσοστόμου**

Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Ιωάννης Βογιατζάκης

**Νοέμβριος 2021**

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών**

***Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος***

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Μελέτη της Βλάστησης των Γυψούχων Οικοσυστημάτων  
στην Κύπρο**

**Γεωργία Χρυσοστόμου**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Ιωάννης Βογιατζάκης**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Νοέμβριος 2021**



## Περίληψη

Τα γυψούχα οικοσυστήματα βρίσκονται κυρίως σε ξηρές και ημι-άνυδρες περιοχές, όπου το ποσό των ετήσιων κατακρημνισμάτων είναι χαμηλό και ως εκ τούτου ανεπαρκές για την έκπλυση του συσσωρευμένου στο έδαφος γύψου, ενώ η εξάτμιση είναι έντονη. Ένα από τα πιο σημαντικά βιοτικά στοιχεία των γυψούχων οικοσυστημάτων είναι η Βιολογική Εδαφική Κρούστα (Biological Soil Crust-BSC). Η BSC αποτελεί ένα ιδιαίτερο σχηματισμό στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους και σχηματίζεται λόγω της αλληλεπίδρασης εξειδικευμένων βιοκοινοτήτων που συγκροτούνται από κυανοβακτήρια, φύκη, βρύα και λειχήνες, με το ανόργανο έδαφος, έχοντας ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός λεπτού αλλά πολύ συνεκτικού εδαφικού στρώματος. Ο σχηματισμός της BSC ασκεί σημαντική επίδραση στις λειτουργίες του οικοσυστήματος και αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την εγκατάσταση και μετέπειτα εξέλιξη των φυτικών ειδών. Τα γυψούχα οικοσυστήματα φιλοξενούν αραιή και διάσπαρτη βλάστηση, που αναπτύσσεται σε γυψούχα εδάφη και χαρακτηρίζονται από την παρουσία γυψόφυτων ειδών, δηλαδή φυτικών ειδών που είναι εξειδικευμένα στο συγκεκριμένο τύπο εδάφους. Ο οικότοπος 1520\*-Γυψούχες στέπες (*Gypsophiletalia*) αποτελεί οικότοπο προτεραιότητας και προστατεύεται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία των Οικοτόπων (92/43/EOK). Τα χαρακτηριστικά γυψόφυτα που έχουν εντοπιστεί στην Κύπρο μέχρι σήμερα και συγκροτούν τον οικότοπο \*1520-Γυψούχες στέπες είναι τα είδη *Campanula fastigiata*, *Gypsophila linearifolia* (Κρισίμως Κινδυνεύον), *Rostraria hadjikyriakou* (Ενδημικό) και το *Teucrium salaminium* (Ενδημικό). Το κενό που έχει διαπιστωθεί στη βιβλιογραφία όσον αφορά τα γυψούχα οικοσυστήματα της Κύπρου και τη βιοποικιλότητα τους, οδήγησε στην ανάγκη για την εκπόνηση της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής.

Στο πλαίσιο της Μεταπτυχιακής Διατριβής δημιουργήθηκε Χλωριδικός Κατάλογος για τα γυψούχα οικοσυστήματα της Κύπρου και χλωριδική ανάλυση του. Επίσης διερευνήθηκε κατά πόσο ισχύει η θεωρία της Νησιώτικης Βιογεωγραφίας, των MacArthur και Wilson, στην περίπτωση των γυψούχων οικοσυστημάτων. Δηλαδή, εάν ο αριθμός των ειδών (species richness) τείνει να αυξάνεται όσο αυξάνεται η έκταση και υπολογίστηκε η βιοποικιλότητα τριών περιοχών με την εφαρμογή του δείκτη ποικιλότητας Shannon-Wiener. Ακόμη, διερευνήθηκαν τρία ερωτήματα: α) κατά πόσο υπάρχει το γυψούχο υπόστρωμα μαζί με τα γυψόφυτα, β) κατά πόσο υπάρχει το γυψούχο υπόστρωμα χωρίς την παρουσία των γυψόφυτων και γ) εάν τα γυψόφυτα μπορούν να αναπτυχθούν σε άλλο

τύπο εδάφους. Τέλος, εξετάστηκε η σχέση ομοιότητας και απόστασης μεταξύ των υπό μελέτη περιοχών, χρησιμοποιώντας το συντελεστή «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα καταγράφηκαν συνολικά 98 φυτικά είδη και υποείδη, τα οποία κατανέμονται σε 34 οικογένειες, με πολυπληθέστερη την οικογένεια *Asteraceae*. Επίσης, εντοπίστηκε και καταγράφηκε για πρώτη φορά το νέο ενδημικό είδος για την Κύπρο *Rostraria hadjikyriaku*, σε πέντε περιοχές που βρίσκονται κάτω από τον αποτελεσματικό έλεγχο της Κυπριακής Δημοκρατίας. Σε περιοχές με άλλο τύπο εδάφους, δεν εντοπίστηκε κανένα από τα χαρακτηριστικά γυψόφιλα είδη της Κύπρου. Ακόμη, διαφάνηκε ότι όσο αυξάνεται η έκταση, τόσο αυξάνεται και ο πλούτος των ειδών. Άρα συμπεραίνεται ότι στην περίπτωση των γυψούχων οικοσυστημάτων ισχύει η θεωρία της Νησιώτικης Βιογεωγραφίας, των MacArthur και Wilson.

### **Λέξεις Κλειδιά**

Γυψόφυτα, Γυψούχα Οικοσυστήματα, Χλωριδικός Κατάλογος, Δείκτης Ποικιλότητας Shannon–Wiener, Συντελεστής Ομοιότητας Sorensen.

## Summary

Gypsum ecosystems are mainly found in arid and semi-arid areas, where the amount of annual precipitation is low and therefore insufficient to leach the gypsum accumulated in the soil, while evaporation is intense. One of the most important biological elements of gypsum ecosystems is the Biological Soil Crust (BSC). BSC is a special formation in the surface layer of the soil and is formed due to the interaction of specialized bio-communities composed of cyanobacteria, algae, moss and lichens, with the inorganic soil, resulting in the formation of a thin but very cohesive soil layer. The formation of BSC has a significant effect on the ecosystem functions and it is considered as a determining factor regarding the establishment and evolution of plant species. Gypsum ecosystems host sparse and scattered vegetation, which grows in gypsum soils and it is characterized by the presence of plant species that are specialized in this type of soil. The habitat type 1520\*- Gypsum steppes (Gypsophiletalia) is a priority habitat and it is protected by the Habitats Directive (92/43 / EEC). The characteristic plant species that have been identified in Cyprus and form the habitat type 1520\*-Gypsum steppes are *Campanula fastigiata*, *Gypsophila linearifolia* (Critically Endangered), *Rostraria hadjikyriakou* (Endemic) and *Teucrium salaminium* (Endemic). The lack of sufficient literature regarding the gypsum ecosystems of Cyprus and their biodiversity, has led to the need of the preparation of this Master Thesis.

In the framework of this Master's Thesis, a flora checklist and its analysis were prepared for the gypsum ecosystems of Cyprus. Also, it was examined, whether the theory of Island Biogeography by MacArthur and Wilson, can be applied in the case of gypsum ecosystems and specifically if the number of species (species richness) tends to increase as the area increases. Also, the biodiversity of three areas was calculated by applying the Shannon-Wiener diversity index. In addition, three assumptions were examined: a) whether the gypsum substrate and gypsophytes are present together, b) whether there is a gypsum substrate without the presence of gypsophytes and c) whether the gypsophytes can grow in another soil type. Finally, the relation of similarity and distance between the study areas was examined, using the Sorensen "Quality Similarity" coefficient.

Based on the results, a total of 98 plant species and subspecies have been recorded, belonging in 34 families, while *Asteraceae* family being the most numerous. Also, a new endemic species for Cyprus (*Rostraria hadjikyriakou*) has been identified and recorded for the first time, in five locations which are under the effective control of the Republic of

Cyprus. In areas with a different soil type, other than gypsum, none of the characteristic gypsophilous species of Cyprus were identified. In addition, it turned out that the larger the area, the greater the species abundance, thus the theory of Island Biogeography, MacArthur and Wilson can be applied on gypsum ecosystems.

## Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την πορεία για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους ανθρώπους που βρίσκονταν δίπλα μου, παρέχοντας υποστήριξη με τον οποιονδήποτε τρόπο.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Ιωάννη Βογιατζάκη, για την καθοδήγηση και υποστήριξη που μου παρείχε, καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου. Ακόμη οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Δρ. Παρασκευή Μανωλάκη, που με τη βοήθεια της ολοκληρώθηκε ένα σημαντικό μέρος της Μεταπτυχιακής Διατριβής.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τους συνεργάτες μου Δρ. Χαράλαμπο Σ. Χριστοδούλου, κ. Κωνσταντίνο Ιωσήφ, κ. Γεώργιο Γεωργίου και κ. Θωμά Κυριάκου, για τη βοήθεια, τη στήριξη και την ουσιαστική συνεισφορά τους σε όλα τα στάδια εκπόνησης της Μεταπτυχιακής μου Διατριβής.

# Περιεχόμενα

<b>1. Κεφάλαιο Πρώτο - Εισαγωγή</b>	
1.1 Εισαγωγή.....	12
1.2 Καταγραφή Προβλήματος.....	13
1.3 Σημασία και Αναγκαιότητα της Μελέτης.....	14
1.4 Σκοποί και Στόχοι.....	14
<b>2. Κεφάλαιο Δεύτερο - Βιβλιογραφική ανασκόπηση</b>	
2.1 Εισαγωγή.....	15
2.2 Γύψος.....	16
2.3 Γυψούχα Οικοσυστήματα - Διεθνής Πραγματικότητα.....	17
2.4 Κυπριακή Πραγματικότητα.....	19
2.5 Καρστικό φαινόμενο.....	19
2.6 Βιολογική Εδαφική Κρούστα.....	21
2.7 Κατηγορίες φυτών που απαντούν σε γυψούχο υπόστρωμα.....	23
2.8 Γυψούχες στέπες (Gypsophiletalia) – Οικότοπος 1520*.....	24
2.9 Τα γυψόφιλα είδη της Κύπρου.....	25
2.10 Βιολογική Ποικιλότητα.....	34
2.11 Μέτρηση Ποικιλότητας.....	35
2.12 Δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener.....	37
2.13 Σχέση αριθμού ειδών – έκτασης.....	37
2.14 Σχέση Ομοιότητας – Απόστασης.....	38
2.15 Εκτίμηση της Ομοιότητας μεταξύ των θέσεων.....	39
2.16 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών – Principal Components Analysis (PCA).....	40
2.17 Ανάλυση Κανονιστικών Αντιστοιχιών-Canonical Correspondence Analysis(CCA).....	41
2.18 Ανάλυση συστάδων - Cluster analysis.....	41
2.19 Συμπεράσματα.....	43
<b>3. Κεφάλαιο Τρίτο - Μεθοδολογία</b>	
3.1 Σκοπός – Στόχοι.....	45
3.2 Ερευνητικά ερωτήματα.....	46
3.3 Περιοχή μελέτης.....	46
3.4 Μέθοδος συλλογής δεδομένων.....	50
3.5 Δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener.....	52
3.6 Συντελεστής «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen (Ss).....	54
3.7 Σχέση αριθμού ειδών-έκτασης.....	55
3.8 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών-Principal Components Analysis (PCA).....	56
3.9 Ανάλυση Κανονιστικών Αντιστοιχιών-Canonical Correspondence Analysis(CCA).....	57
3.10 Ανάλυση συστάδων - Cluster analysis.....	58
<b>4. Κεφάλαιο Τέταρτο – Αποτελέσματα</b>	
4.1 Χλωριδική Ανάλυση.....	59
4.2 Δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener.....	66
4.3 Συντελεστής «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen (Ss).....	67
4.4 Σχέση αριθμού ειδών – έκτασης.....	69
4.5 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών – Principal Components Analysis (PCA).....	72
4.6 Ανάλυση Κανονιστικών Αντιστοιχιών (Canonical Correspondence Analysis – CCA).....	73
4.7 Ανάλυση συστάδων - Cluster analysis.....	74
<b>5. Κεφάλαιο Πέμπτο - Συζήτηση - Συμπεράσματα</b>	<b>76</b>

<b>Παραρτήματα</b>	
A.1 Χλωριδικός Κατάλογος.....	83
A.2 Χάρτες.....	89
A.3 Πίνακες.....	94
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	102

## Συντομογραφίες

**CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O**: Διένυδρο θειικό ασβέστιο

**MSC**: Messinian Salinity Crisis (Κρίση Αλατότητας του Μεσσηνίου)

**CaO**: Οξείδιο του ασβεστίου

**SO<sub>3</sub>**: Τριοξείδιο του θείου

**S**: Θείο

**Ca**: Ασβέστιο

**H<sub>2</sub>O**: Νερό

**CO<sub>2</sub>**: Διοξειδίου του άνθρακα

**BSC**: Biological Soil Crust (Βιολογική Εδαφική Κρούστα)

**Ss**: Συντελεστής «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen

**Ε.Δ.Π.** : Εθνικό Δασικό Πάρκο

**ha**: Εκτάρια

**H**: Δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener

**CR**: Critically Endangered (Κρισίμως Κινδυνεύον)

**EN**: Endangered (Κινδυνεύον)

**VU**: Vulnerable (Εύτρωτο)

**NE**: Near Threatened (Εγγύς Απειλούμενο)

## Χρήσιμοι Ορισμοί

**Βιοτικά στοιχεία** = το σύνολο των οργανισμών που ζουν σε μια περιοχή (φυτά, ζώα, μύκητες) και οι αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους.

**Αβιοτικά στοιχεία** = τα στοιχεία ενός οικοσυστήματος, που δεν εμφανίζουν τα χαρακτηριστικά της ζωής, όπως το κλίμα, η νεκρή οργανική ύλη κ.α. Τα στοιχεία αυτά καθορίζουν τη φύση και τη λειτουργία του οικοσυστήματος.

**Οικοσύστημα** = η βασική οικολογική μονάδα, που αποτελείται από το φυσικό περιβάλλον, τους οργανισμούς που ζουν σε αυτό και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις.

**Βιοκοινότητα** = το σύνολο των ζώντων οργανισμών που ζουν σε ένα ενδιαίτημα και οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους.

**Ιθαγενή είδη** = τα είδη χλωρίδας και πανίδας που εμφανίζονται φυσικά σε μία συγκεκριμένη περιοχή, ως αποτέλεσμα των διάφορων διεργασιών της φύσης, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση.

**Ενδημικά είδη** = τα ιθαγενή είδη που υπάρχουν αποκλειστικά σε μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή και πουθενά αλλού στον κόσμο, ως αποτέλεσμα της εξέλιξης και των φυσικών διεργασιών.

**Χωροκατακτητικά είδη** = είδη φυτών, ζώων και μικροοργανισμών τα οποία δεν είναι γηγενή σε ένα οικοσύστημα και όταν εισαχθούν σε αυτό μπορεί να αποτελέσουν σοβαρή απειλή για την τοπική βιοποικιλότητα ή να προκαλέσουν οικονομικές ζημιές (π.χ. σε γεωργία, ιχθυοτροφία, υποδομές) ή να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, μέσω μετάδοσης ασθενειών.

**Γυψόφιλα είδη (gypsophiles)** = τα φυτικά είδη που φύονται αποκλειστικά στα γυψούχα εδάφη.

**Γυψόκλινα (gypsoclines)** = τα φυτικά είδη που εμφανίζονται κυρίως σε γύψο και σποραδικά σε άλλους τύπους εδαφών.

**Γυψοπλανόδια (gypsovags)** = τα φυτικά είδη που φύονται τόσο σε γυψούχα εδάφη, όσο και σε άλλους τύπους εδαφών, χωρίς ιδιαίτερους περιορισμούς.

**Γυψοέρμια (waifs)** = τα φυτικά είδη που φύονται σε άλλους τύπους εδαφών και σπάνια σε γύψο.

**Γυψόφοβα (gypsophobes)** = τα είδη που δεν απαντούν ποτέ σε γυψούχα εδάφη.

**Κρισίμως Κινδυνεύον (Critically Endangered - CR)** = φυτό το οποίο, με βάση τις πλέον ακριβείς διαθέσιμες πληροφορίες, διατρέχει εξαιρετικά υψηλό κίνδυνο εξαφάνισης.

**Κινδινεύον (Endangered - EN)** = φυτό το οποίο, με βάση τις πλέον ακριβείς διαθέσιμες πληροφορίες, διατρέχει πολύ υψηλό κίνδυνο εξαφάνισης.

**Εύτρωτο (Vulnerable - VU)** = φυτό το οποίο, με βάση τις πλέον ακριβείς διαθέσιμες πληροφορίες, διατρέχει υψηλό κίνδυνο εξαφάνισης.

**Εγγύς Απειλούμενο (Near Threatened - NE)** = φυτό το οποίο, κατόπιν αξιολόγησης αποδεικνύεται ότι δεν πληροί κανένα από τα κριτήρια στις κατηγορίες κινδύνου Κρισίμως Κινδυνεύον, Κινδινεύον, Εύτρωτο, αλλά δεν απέχει πολύ από το να ικανοποιήσει αυτά τα κριτήρια ή είναι πιθανό αυτό να συμβεί στο εγγύς μέλλον.

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Αντικείμενα της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής είναι η μελέτη της βλάστησης των γυψούχων οικοσυστημάτων της Κύπρου και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν στο πεδίο. Για την εκπόνηση ενός μέρους της Μεταπτυχιακής Διατριβής πραγματοποιήθηκαν πολυάριθμες επισκέψεις στις υπό μελέτη περιοχές, με σκοπό την καταγραφή της βλάστησης για τη δημιουργία χλωριδικού καταλόγου, όπου αποτελεί ένα από τους στόχους της ΜΔ. Στη συνέχεια έγινε ανάλυση των δεδομένων για τη εξαγωγή αποτελεσμάτων. Στις ενότητες που ακολουθούν καταγράφεται το πρόβλημα, η σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης και οι σκοποί και στόχοι που θα εκπληρωθούν.

### 1.1 Εισαγωγή

Οι πρώτοι φυτικοί οργανισμοί εμφανίστηκαν στη στεριά πριν από περίπου 400 εκατομμύρια χρόνια. Από τότε μέχρι την εμφάνιση των φυτικών ειδών που συνθέτουν τα σημερινά σύνθετα οικοσυστήματα, υπήρξαν διάφορα εξελικτικά στάδια. Η εξέλιξη αυτή, είναι μία διαρκής και δυναμική διαδικασία που καθορίζεται κυρίως από τις γεωλογικές και κλιματικές μεταβολές. Ως αποτέλεσμα της εξελικτικής διαδικασίας, τα φυτά για την επιβίωση τους στα διάφορα χερσαία περιβάλλοντα, ανέπτυξαν μηχανισμούς και ποικίλες προσαρμοστικές ιδιότητες. Για παράδειγμα, η αλοφυτική βλάστηση αποτελείται από φυτικά είδη προσαρμοσμένα να ευδοκιμούν σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο (αλάτι), τα είδη που συνθέτουν τη χασμοφυτική βλάστηση έχουν αναπτύξει ισχυρό ριζικό σύστημα που τους επιτρέπει να έχουν καλή στήριξη σε βραχώδεις, απόκρημνες περιοχές, ενώ η γυψόφιλη βλάστηση αποτελείται από φυτικά είδη προσαρμοσμένα να αναπτύσσονται σε ξηρές και ημι-άνυδρες περιοχές, σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε διένυδρο θειικό ασβέστιο.

Το διένυδρο θειικό ασβέστιο ή γύψος αποτελεί ένα ευρέως αναγνωρισμένο ορυκτό, που χρησιμοποιείται από αρχαιοτάτων χρόνων, κυρίως ως οικοδομικό υλικό, λόγω των

ξεχωριστών φυσικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων του. Εντούτοις, αυτή η βαθιά γνώση για τις χρήσεις του, έρχεται σε αντιπαράθεση με τις λιγοστές, ακόμη και λανθασμένες σε ορισμένες περιπτώσεις, αναφορές όσον αφορά τα βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά που συνθέτουν τα γυψούχα οικοσυστήματα.

## **1.2 Καταγραφή Προβλήματος**

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που καλείται η ανθρωπότητα σήμερα να αντιμετωπίσει είναι η μείωση της βιοποικιλότητας. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε μία σειρά από αιτίες όπως είναι η κλιματική αλλαγή, οι πυρκαγιές, η καταστροφή των δασών, η ρύπανση του περιβάλλοντος, οι αλλαγές στη χρήση γης, η ερημοποίηση και άλλα. Αποτέλεσμα είναι πολλά φυτικά και ζωικά είδη να εξαφανίζονται, η φυσική αυτορύθμιση του πλανήτη να διαταράσσεται, τα οικοσυστήματα να καθίστανται ασταθή και ευάλωτα απέναντι σε εξωτερικούς κινδύνους και η ανθρώπινη υγεία να επηρεάζεται. Για τους λόγους αυτούς, η λήψη μέτρων για την προστασία και διατήρηση της βιοποικιλότητας επιβάλλεται, τόσο σε εθνικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο. Τα συστατικά της βιοποικιλότητας, δεν λειτουργούν αυτόνομα και ανεξάρτητα, αλλά εμφανίζουν εσωτερική ιεραρχία και η διατήρησή τους προϋποθέτει ενιαία αντιμετώπιση. Η γνώση της χλωρίδας και της βλάστησης μίας περιοχής, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία ορθολογικής διαχείρισης και προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος και κατ'επέκταση της βιοποικιλότητας. Η ποσοτικοποίηση της βιοποικιλότητας προάγει τη βαθύτερη κατανόηση των οικολογικών φαινομένων και ταυτόχρονα συμβάλει στην καλύτερη και αειφόρο διαχείριση των φυσικών πόρων. Όσον αφορά τη χλωρίδα, τη βλάστηση και τη βιοποικιλότητα των γυψούχων οικοσυστημάτων, έχει διαπιστωθεί ένα τεράστιο κενό στη βιβλιογραφία όχι μόνο της Κύπρου, αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Τα γυψούχα οικοσυστήματα αποτελούν ένα από τα σπουδαιότερα στοιχεία της βιοποικιλότητας σε ολόκληρο τον κόσμο, αφού από πλευράς χλωριδικής σύνθεσης, είναι εξαιρετικά πλούσια και σπάνια. Η αξία τους από οικολογικής άποψης έγκειται στη συμβολή τους για τη διατήρηση της ισορροπίας του οικοσυστήματος και της βιοποικιλότητας.

## **1.3 Σημασία και Αναγκαιότητα της Μελέτης**

Παρόλο που τα γυψούχα εδάφη καταλαμβάνουν αρκετά μεγάλες εκτάσεις σε πολλές περιοχές σε ολόκληρο τον πλανήτη, παρουσιάζοντας εκπληκτική βιολογική ποικιλότητα, τα φυτικά είδη που φύονται σε αυτά, έχουν μελετηθεί πολύ λιγότερο συγκριτικά με εκείνα που φύονται σε άλλα είδη εδαφών, όπως σερπεντινικά ή αλατούχα εδάφη. Το κενό που έχει διαπιστωθεί στη βιβλιογραφία όσον αφορά τα γυψούχα οικοσυστήματα της Κύπρου και τη βιοποικιλότητα τους, οδήγησε στην ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και έρευνα των συγκεκριμένων οικοσυστημάτων και της βλάστησης τους.

## **1.4 Σκοποί και Στόχοι**

Ένας από τους στόχους της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής είναι η δημιουργία Χλωριδικού Καταλόγου για τα γυψούχα οικοσυστήματα της Κύπρου και η χλωριδική ανάλυση τους. Για την εκπλήρωση του πιο πάνω στόχου, θα πραγματοποιηθεί χαρτογράφηση της κατανομής των γυψούχων εδαφών, υπολογισμός του πλούτου των φυτικών ειδών που φύονται σε αυτά, καθώς και λεπτομερής καταγραφή των γυψόφυτων ειδών και της αφθονίας τους.

Επίσης, θα διερευνηθούν τρία ερωτήματα: α) κατά πόσο υπάρχει το γυψούχο υπόστρωμα μαζί με τα γυψόφυτα, β) κατά πόσο υπάρχει το γυψούχο υπόστρωμα χωρίς την παρουσία των γυψόφυτων και γ) εάν τα γυψόφυτα μπορούν να αναπτυχθούν χωρίς την παρουσία του γυψούχου υποστρώματος.

Επιπρόσθετα, θα ερευνηθεί κατά πόσο ισχύει η θεωρία της Νησιώτικης Βιογεωγραφίας, των MacArthur και Wilson. Δηλαδή, θα εξεταστεί εάν ο αριθμός των ειδών (species richness) τείνει να αυξάνεται όσο αυξάνεται η έκταση (patch), στην περίπτωση των γυψούχων οικοσυστημάτων και θα υπολογιστεί η βιοποικιλότητα τριών περιοχών με την εφαρμογή του δείκτη ποικιλότητας Shannon-Wiener.

Τέλος, θα εξεταστεί η σχέση ομοιότητας και απόστασης μεταξύ των θέσεων, χρησιμοποιώντας το συντελεστή «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen. Δηλαδή θα διερευνηθεί ο τρόπος που μεταβάλλεται η ομοιότητα στη σύνθεση γυψόφυτων ειδών με την μεταβολή της απόστασης, μεταξύ των υπό μελέτη περιοχών.

# **Κεφάλαιο 2**

## **Βιβλιογραφική ανασκόπηση**

Στις ενότητες που ακολουθούν περιγράφεται το θεωρητικό πλαίσιο που αφορά τον γύψο ή διένυδρο θειικό ασβέστιο ως ορυκτό, τα γυψούχα οικοσυστήματα όπως έχουν καταγραφεί στη διεθνή αλλά και εγχώρια βιβλιογραφία και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και σχηματισμοί τους. Ακολουθεί η περιγραφή των δομικών συστατικών της βιοποικιλότητας, τα ποσοτικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της και δίνονται οι δείκτες για την εκτίμηση της ομοιότητας, όσον αφορά τη σύνθεση των ειδών μεταξύ διαφορετικών θέσεων/περιοχών.

## 2.1 Εισαγωγή

Κοιτάσματα γύψου και αλίτη πάχους 1-2 km έχουν ανακαλυφθεί κάτω από τα βαθύτερα τμήματα του πυθμένα της Μεσογείου (Hsu, *et al.*, 1973). Τα κοιτάσματα αυτά ονομάζονται εβαπορίτες και ο σχηματισμός τους σχετίζεται με την εξάτμιση του θαλασσινού νερού. Η ηλικία τους είναι Μεσσήνιος, δηλαδή από 5,97 μέχρι 5,33 εκατομμύρια χρόνια και συνδέεται με ένα πολύ σημαντικό γεγονός στη γεωλογική εξέλιξη της περιοχής της Μεσογείου, γνωστό ως Κρίση Αλατότητας του Μεσσηνίου (Messinian Salinity Crisis-MSC) (Agiadi, 2019). Κατά την εποχή αυτή, η σχετική κίνηση των πλακών της Αφρικής και της Ευρασίας ήταν τέτοια που επέφερε το κλείσιμο των στενών του Γιβραλτάρ και την αποκοπή της Μεσογείου από τον Ατλαντικό Ωκεανό. Η εξάτμιση του νερού ήταν μεγαλύτερη της εισροής από τους ποταμούς στη Μεσόγειο, με αποτέλεσμα την πτώση της στάθμης της θάλασσας περισσότερο από 1000 μέτρα κάτω από την αντίστοιχη του Ατλαντικού Ωκεανού. Η εξάτμιση κατέστησε το θαλασσινό νερό υπέρκορο σε άλατα, με αποτέλεσμα την καθίζηση γύψου και αλίτη στον βυθό της θάλασσας. Συνεπακόλουθο ήταν η δημιουργία εκτεταμένων αλυκών, στις οποίες αποτέθηκαν κοιτάσματα γύψου και ορυκτού άλατος (Κωνσταντίνου & Παναγίδης, 2013).

Με την έναρξη της Πλειοκαινικής Περιόδου, 5 εκατομμύρια χρόνια πριν, λόγω της αλλαγής στη σχετική κίνηση των πλακών της Αφρικής και της Ευρασίας, άνοιξαν και πάλι τα στενά του Γιβραλτάρ. Η Μεσόγειος κατακλύστηκε από τα νερά του Ατλαντικού και οι συνθήκες ανοικτής θαλάσσης αποκαταστάθηκαν (Κωνσταντίνου & Παναγίδης, 2013). Το γεγονός αυτό σηματοδοτεί το τέλος της Κρίσης Αλατότητας του Μεσσηνίου και της

απόθεσης γύψων και γυψούχων μαργών του Σχηματισμού Καλαβασού και την έναρξη ενός νέου κύκλου ιζηματογένεσης (Rouchy, *et al.*, 2001). Την ίδια περίοδο επαναδραστηριοποιήθηκε το Κυπριακό Τόξο και η Αφρικανική πλάκα άρχισε να καταδύεται κάτω από την Ευρασιατική. Από αυτή τη χρονική περίοδο και έπειτα, τα γεγονότα επιταχύνθηκαν και η Κύπρος άρχισε να παίρνει τη σημερινή της μορφή (Κωνσταντίνου & Παναγίδης, 2013 ; Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 2021).

## 2.2 Γύψος

Ο γύψος αποτελεί ένα ευρέως γνωστό ορυκτό το οποίο χρησιμοποιείται εκτεταμένα από αρχαιοτάτων χρόνων σε πληθώρα εφαρμογές. Αυτή η βαθιά γνώση για τις χρήσεις και ιδιότητες του, έρχεται σε αντιπαράθεση με τις ελλείψεις, ακόμη και λανθασμένες σε ορισμένες περιπτώσεις, αναφορές στην παγκόσμια βιβλιογραφία, όσον αφορά τα βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά που συνθέτουν τα γυψούχα οικοσυστήματα (Herrero, *et al.*, 2009).

Γύψος ή διένυδρο θειικό ασβέστιο είναι ορυκτό του ασβεστίου, με χημικό τύπο  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , το οποίο εμφανίζεται και σε διάφορους τύπους εδαφών (Herrero, *et al.*, 2009 ; Escudero, *et al.* ; 2014, Palacio, 2014). Κάθε μόριο του αποτελείται από ένα άτομο ασβεστίου, ένα άτομο θείου, τέσσερα άτομα οξυγόνου και δύο μόρια κρυσταλλικού νερού. Προέρχεται από τις εναποθέσεις χλωριούχων και θεικών αλάτων στη θάλασσα και σε λίμνες και τη σταδιακή εξάτμιση του θαλάσσιου ή λιμναίου νερού (Escudero, *et al.*, 2014). Εμφανίζεται σε δύο ποικιλίες, υπό μορφή συμπαγούς, μαλακού, μικροκρυσταλλικού αλάβαστρου, αλλά και με ινώδη, κρυσταλλική δομή υπό μορφή άχρωμων διαφανών μεγάλων κρυστάλλων σεληνίτη (Παπαμίχου, 1996 ; Κωνσταντίνου & Παναγίδης, 2013). Η ποσοστιαία σύσταση του διένυδρου θειικού ασβεστίου είναι 32,6% οξείδιο του ασβεστίου (CaO), 46,5% τριοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_3$ ) και 20,9% νερό ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Kumar, 2017). Κρυσταλλώνεται στο μονοκλινές σύστημα, σχηματίζοντας πρισματικούς κρυστάλλους. Στο μονοκλινές κρυσταλλικό σύστημα η γεωμετρική δόμηση των κρυστάλλων δίνει την εικόνα πλάγιου παραλληλεπίπεδου, έχοντας άνισες ακμές σε δύο ορθές γωνίες. Οι κρύσταλλοι εμφανίζονται ως πρισματικοί, πλακώδεις ή βελονοειδείς. Σε ερημικές περιοχές, οι κρύσταλλοι περιέχουν κόκκους άμμου και σχηματίζουν ρόδακες, γνωστούς ως ρόδο της ερήμου ([orykta.gr](http://orykta.gr), 2020). Ο γύψος έχει χρώμα συνήθως λευκό ή γκριζο, όμως οι μεγάλοι κρύσταλλοι μπορεί να είναι άχρωμοι, ροζ, κίτρινοι ή καστανοκόκκινοι (Παπαμίχου, 1996 ; Kumar, 2017). Το πορώδες του είναι

περίπου 10-15% και εξαρτάται κυρίως από τη δομή του και την ποικιλομορφία των κρυστάλλων του (Hassaïri-Krid, *et al.*, 2019). Η σκληρότητα του είναι χαμηλή, 2 στην κλίμακα Mohs, δηλαδή μπορεί να χαραχθεί με το νύχι και είναι από τα ορυκτά που μπορεί εύκολα να διαλυθεί στο έδαφος, εφοδιάζοντας το με θείο (S) και ασβέστιο (Ca) (Kumar, 2017).

## 2.3 Γυψούχα Οικοσυστήματα - Διεθνής Πραγματικότητα

Τα γυψούχα οικοσυστήματα βρίσκονται κυρίως σε ξηρές και ημι-άνυδρες περιοχές, όπου το ποσό των ετήσιων κατακρημνισμάτων είναι χαμηλό και ως εκ τούτου ανεπαρκές για την έκπλυση του συσσωρευμένου στο έδαφος γύψου, ενώ η εξάτμιση είναι έντονη (Kumar, 2017). Εντούτοις, γυψούχες εξάρσεις έχουν εντοπιστεί και σε κάποιες πιο ψυχρές και υγρές περιοχές της Γης, όπου δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια του ξηρού παλαιοκλίματος (Rivas-Martinez & Costa, 1970 ; Escudero, *et al.*, 2014).

Τα γυψούχα εδάφη ή Gypsisols χαρακτηρίζονται από την παρουσία διένυδρου θειικού ασβεστίου ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) σε ποσοστό πέραν του 15% της συνολικής σύστασης του και υπολογίζεται ότι καλύπτουν έκταση που κυμαίνεται μεταξύ 100-207 εκατομμυρίων εκταρίων σε όλο τον πλανήτη (Escudero, *et al.*, 2014). Η Ανατολική και Κεντρική Ασία, η Λεκάνη της Μεσογείου, η Κεντρική Αφρική, η Αυστραλία, η Ισπανία και τα σύνορα μεταξύ Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και Μεξικού, αποτελούν κάποιες από τις περιοχές του πλανήτη με σημαντική κάλυψη από γυψούχα εδάφη (FAO, 1992). Συνοπτικά οι περιοχές με γυψούχα εδάφη σε ολόκληρη τη Γη, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1:** Η Κατανομή και έκταση των Γυψούχων εδαφών στον πλανήτη (FAO, 1992).

	Χώρα	km <sup>2</sup>	% συνολικής έκτασης της χώρας	% έκταση γυψούχων εδαφών
Αφρική	Μαρόκο	1114.3	2.5	1.7
	Αλγερία	7966.3	3.3	12.2
	Τυνησία	1439.8	9.3	2.2
	Λιβύη	3956.8	2.2	6.0
	Αίγυπτος	382.2	0.4	0.6
	Σουδάν	785.0	0.3	1.2
	Σομαλία	10161.2	16.2	15.5
	Αιθιοπία	1423.4	1.3	2.2
	Μάλι	2818.3	2.3	4.3

	Μαυριτανία	396.0	0.4	0.6
	Ναμίμπια	5327.7	6.5	8.2
Νότια Ασία	Συρία	3966.6	21.6	6.0
	Ιορδανία	80.5	0.8	0.1
	Σαουδική Αραβία	82.5	0.04	0.1
	Ομάν	471.6	-	0.7
	Υεμένη	2931.0	8.8	4.5
	Κουβέιτ	354.6	-	0.5
	Ιράκ	4779.2	11.0	7.3
	Ιράν	4.2	-	-
	Πακιστάν	9.5	0.01	-
	Ινδία	182.0	0.06	0.3
Κεντρική Ασία	Σοβιετική ένωση	5074.1	0.2	7.7
	Μογγολία	60.9	0.04	0.1
	Κίνα	11484.9	1.2	17.5
Ευρώπη	Τουρκία	64.2	0.08	0.1
	Ισπανία	165.5	0.3	0.3
Βόρεια Αμερική	Νέο Μεξικό	78.0	-	0.1

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι γυψούχες εκτάσεις στην έρημο Τσιουάουα (Chihuahuan desert) στο Νέο Μεξικό. Πρόκειται για λευκούς γυψούχους αμμόλοφους που αποτελούνται από 99% κρυσταλλική γύψο, οι οποίοι σχηματίζονται στην κλειστή λεκάνη Τουλαρόσα (Tularosa basin) (Ewing, 2020). Το διαλυμένο διένυδρο θειικό ασβέστιο μεταφέρεται με το νερό της βροχής στη συγκεκριμένη λίμνη. Το γεγονός ότι η λίμνη είναι κλειστή δεν προσφέρει διαφυγή του νερού και τον ανόργανων στοιχείων στον ωκεανό, με αποτέλεσμα τη συσσώρευση των αλάτων στη λίμνη και στη συνέχεια, με τη σταδιακή εξάτμιση του νερού, τη δημιουργία κρυστάλλων γύψου. Λόγω της επίδρασης του ανέμου και της διάβρωσης, οι κρύσταλλοι διαλύονται και μετατρέπονται σε κόκκους άμμου. Με τον άνεμο παρασύρονται σε μικρές ή μεγάλες αποστάσεις, σχηματίζοντας τους λευκούς αμμόλοφους ή λευκές θίνες. Η περιοχή λόγω της μοναδικότητας της έχει κηρυχθεί σε Εθνικό Πάρκο (White Sands National Park) και αποτελεί το μεγαλύτερο πεδίο αμμόλοφων από γύψο σε ολόκληρο τον κόσμο (National Park Service, Accessed: 8.10.2021).

## 2.4 Κυπριακή Πραγματικότητα

Η Κύπρος, κατά τη γεωλογική εξέλιξη, ευνοήθηκε με την εναπόθεση εκτεταμένων κοιτασμάτων εξαιρετικής ποιότητας διένυδρου θειικού ασβεστίου, ένυδρου θειικού ασβεστίου και άνυδρου θειικού ασβεστίου. Τα κοιτάσματα διένυδρου θειικού ασβεστίου βρίσκονται στη ζώνη των αυτόχθονων ιζηματογενών πετρωμάτων της Κύπρου. Το μέγεθος τους κυμαίνεται από μικρούς φακούς ή στρώσεις πάχους 5 μέτρων μέχρι κοιτάσματα με συνολική επιφάνεια 12 km<sup>2</sup> και πάχος 60 μέτρων, της τάξης των 1700 εκατομμυρίων τόνων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχουν πολλά τέτοια κοιτάσματα, εύκολα συμπεραίνεται ότι η Κύπρος είναι μία από τις πλουσιότερες χώρες του κόσμου σε γύψο ανά μονάδα επιφάνειας. Σε μερικές περιοχές τα κοιτάσματα γύψου συνυπάρχουν με εμφανίσεις υφαλογενών ασβεστόλιθων της ίδιας ηλικίας (Κωνσταντίνου & Παναγίδης, 2013).

Υπολογίζεται ότι τα γυψούχα εδάφη καλύπτουν περίπου το 1% της συνολικής έκτασης του νησιού. Το Εθνικό Δασικό Πάρκο Ριζοελιάς, η Καλαβασός, η Τόχνη, ο Ψεματισμένος, η Λεμόνα, η Χούλου, η Αμαργέτη, η Θελέτρα και ο Πενταδάκτυλος αποτελούν κάποιες από τις περιοχές στην Κύπρο όπου έχουν εντοπιστεί εκτεταμένες γυψούχες εξάρσεις.

## 2.5 Καρστικό φαινόμενο

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των γυψούχων οικοσυστημάτων είναι οι καρστικοί σχηματισμοί. Καρστικό φαινόμενο ή Καρστικοποίηση ονομάζεται η χημική αποσάθρωση των ασβεστολιθικών πετρωμάτων, με τη σύμπραξη του νερού και του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Ο όρος Καρστ προέρχεται από την ομώνυμη περιοχή της Σλοβενίας και σημαίνει βραχώδης περιοχή ή άγονο πέτρωμα. (Papaodorouli, *et al.*, 2013). Αρχικά ο όρος αναφερόταν μόνο στα ανθρακικά πετρώματα, όπως ασβεστόλιθοι, δολομίτες και μάρμαρα, ενώ στη συνέχεια καθιερώθηκε και για τα θειούχα πετρώματα, όπως οι γύψοι και οι ανυδρίτες (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 2021).

Το νερό της βροχής, καθώς κατακρημνίζεται, δεσμεύει διοξείδιο του άνθρακα και ως ασθενές ανθρακικό οξύ, δρα διαλύοντας τα πετρώματα τόσο επιφανειακά όσο και στο εσωτερικό τους. Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι η δημιουργία εγκοίλων (κενών) γεωλογικών δομών όπως είναι τα σπήλαια, οι μεγάλοι ή μικροί υπόγειοι αγωγοί απορροής υδάτων, οι καταβόθρες και τα βάραθρα (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 2021). Τα καρστικά πετρώματα (ασβεστολιθικοί σχηματισμοί) είναι έντονα υδατοδιαπερατά, σε αντίθεση με τα σχιστολιθικά τα οποία είναι αδιαπέρατα

(Σακελλαρίου, 2005). Ο γύψος μπορεί πολύ εύκολα να καρστικοποιηθεί λόγω υψηλής διαλυτότητας που παρουσιάζει (Klimchouk, *et al.*, 2000). Είναι 10-30 φορές πιο διαλυτός συγκριτικά με τον ασβεστόλιθο, με αποτέλεσμα οι καρστικοί σχηματισμοί που δημιουργούνται σε γυψούχο πέτρωμα να καταστρέφονται γρήγορα (Ford & Williams, 1989). Αξίζει να αναφερθεί ότι τα καρστικά φαινόμενα σε γύψο αποτελούν επικίνδυνα γεωλογικά φαινόμενα, αφού δεν είναι εύκολα ανιχνεύσιμα στο υπέδαφος και συχνά απειλούν το δομημένο περιβάλλον και τα τεχνικά έργα (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 2021).



**Εικόνα 1:** Καρστικό φαινόμενο στην Περιοχή Λετύμβου (Φωτογραφία Γεωργία Χρυσοστόμου).

## 2.6 Βιολογική Εδαφική Κρούστα

Ένα από τα πιο σημαντικά βιοτικά στοιχεία των γυψούχων οικοσυστημάτων είναι η Βιολογική Εδαφική Κρούστα (Biological Soil Crust-BSC) (Belnap & Lange, 2003 ; Maestre, *et al.*, 2011). Η Βιολογική Εδαφική Κρούστα BSC αποτελεί ένα ιδιαίτερο σχηματισμό στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους και συναντάται συνήθως σε ξηρές ή ημίξηρες περιοχές (Castillo-Monroy, *et al.*, 2011 ; Maestre, *et al.*, 2011). Σχηματίζεται λόγω της αλληλεπίδρασης εξειδικευμένων βιοκοινοτήτων που συγκροτούνται από κυανοβακτήρια, φύκη, βρύα και λειχήνες, με το ανόργανο έδαφος, έχοντας ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός λεπτού αλλά πολύ συνεκτικού εδαφικού στρώματος (Belnap & Lange, 2003 ; Maestre, *et al.*, 2011). Προϋποθέσεις για τη δημιουργία τους είναι η μειωμένη υγρασία και η αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία (Παπαθεοδώρου & Στάμου, 2013).

Η Βιολογική Εδαφική Κρούστα που αναπτύσσεται στο γυψούχο υπόστρωμα δεν έχει μελετηθεί αρκετά. Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται έντονο ενδιαφέρον για τις BSCs σε παγκόσμια κλίμακα , που βελτιώνουν σημαντικά τις γνώσεις μας γύρω από το συγκεκριμένο θέμα (Maestre, *et al.*, 2011). Πρόσφατες μελέτες καταδεικνύουν τους παράγοντες που καθορίζουν τη δομή και σύνθεση της βιολογικής εδαφικής κρούστας που δημιουργείται σε γυψούχο υπόστρωμα, σε μικρή χωρική κλίμακα (Martinez, *et al.*, 2006). Κάποιοι από αυτούς τους παράγοντες είναι τα οργανικά και ανόργανα συστατικά του εδάφους, το πορώδες και ο αερισμός του, η περιεκτικότητα του σε κάλιο, καθώς και η σταθερότητα των συσσωματωμάτων του εδάφους (Escudero, *et al.*, 2014).

Ο σχηματισμός της BSC ασκεί σημαντική επίδραση στις λειτουργίες του οικοσυστήματος και αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την εγκατάσταση και μετέπειτα εξέλιξη των φυτικών ειδών (Belnap & Lange, 2003 ; Maestre, *et al.*, 2011). Επίσης, η συσσωμάτωση των εδαφικών σωματιδίων λειτουργεί ευεργετικά στη συνοχή και σταθερότητα του εδάφους. Τροποποιεί το ρυθμό αποστράγγισης του, αφού μειώνει το ρυθμό απορροής και διήθησης του νερού, με αποτέλεσμα την αποτροπή της διάβρωσης και τη βελτίωση της γονιμότητας του, συνεισφέροντας ταυτόχρονα στον κύκλο του άνθρακα και του αζώτου, αφού δεσμεύεται C και N από τη βιοκοινότητα που συγκροτεί την κρούστα (Castillo-Monroy, *et al.*, 2010 ; Παπαθεοδώρου & Στάμου, 2013 ; Escudero, *et al.*, 2014).



**Εικόνα 2:** Βιολογική Εδαφική Κρούστα στην Περιοχή Τόχνης (Φωτογραφία Γεωργία Χρυσοστόμου).

## **2.7 Κατηγορίες φυτών που απαντούν σε γυψούχο υπόστρωμα**

Τα φυτικά είδη που αναπτύσσονται στα γυψούχα εδάφη υποδεικνύουν τη στενή σχέση μεταξύ εδάφους και βλάστησης, αφού πολλά είδη φυτών αναπτύσσονται αποκλειστικά ή σχεδόν αποκλειστικά στο συγκεκριμένο τύπο εδάφους (Sprampinato, 2018). Ο πρώτος επιστήμονας που μελέτησε τη χλωρίδα των γυψούχων οικοσυστημάτων της Ιταλίας ήταν ο Macchiati το 1888.

Τα γυψούχα οικοσυστήματα φιλοξενούν αραιή και διάσπαρτη βλάστηση, καθώς αποτελούν γεωλογικά νησιά τα οποία διακόπτουν την ομοιομορφία των περιβάλλοντων τοπίων. Το γεγονός της γεωγραφικής απομόνωσης των γυψούχων εξάρσεων με τις τοπικές διαδικασίες εξέλιξης, έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση αρκετών φυτικών ειδών με πολύ περιορισμένη εξάπλωση (Moore, *et al.*, 2007 ; Carmello, *et al.*, 2018).

Σύμφωνα με τον Meyer (1986), τα φυτά διαχωρίζονται σε πέντε διαφορετικές κατηγορίες, βάσει την εξάπλωση τους στο γυψούχο υπόστρωμα: α) τα *γυψόφιλα* είδη (*gypsophiles*) τα οποία φύονται αποκλειστικά στα γυψούχα εδάφη, β) τα *γυψόκλινα* (*gypsoclinae*) όπου εμφανίζονται κυρίως σε γύψο και σποραδικά σε άλλους τύπους εδαφών, γ) τα *γυψοπλανόδια* (*gypsovags*) που αναπτύσσονται τόσο σε γυψούχο υπόστρωμα, όσο και εκτός, δ) τα *γυψοέρμαια* (*waifs*) τα οποία αναπτύσσονται σε άλλα εδάφη και σπάνια σε γύψο και ε) τα *γυψόφοβα* (*gypsophobes*) δηλαδή αυτά που δεν απαντούν ποτέ σε γυψούχα εδάφη.

Σύμφωνα με μία άλλη κατηγοριοποίηση, τα φυτά που απαντούν στα γυψούχα εδάφη μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες, τα ευρέως γυψόφιλα, τα στενο-γυψόφιλα και τα γυψοπλανόδια (Escudero, *et al.*, 2014). Οι ενδιάμεσες κατηγορίες όπως γυψόκλινα και γυψοέρμαια δεν λαμβάνονται υπόψη, αφού για τον προσδιορισμό τους απαιτούνται συστηματικές δειγματοληψίες πεδίου και μπορεί να οδηγήσουν σε σύγχυση. Σύμφωνα με τους Escudero κ.α. τα ευρέως γυψόφιλα είναι εξειδικευμένα φυτά στα γυψούχα εδάφη, με ριζικό σύστημα που μπορεί να διεισδύσει στη βιολογική εδαφική κρούστα και τα φυτά να ανταπεξέλθουν στους χημικούς περιορισμούς και ιδιαιτερότητες του γυψούχου υποστρώματος. Τα στενό-γυψόφιλα αφορούν φυτά τα οποία μπορούν να ανεχθούν τους χημικούς περιορισμούς, αλλά δεν παρουσιάζουν ειδικές προσαρμογές σε αυτό το τύπο εδάφους. Και τέλος τα γυψοπλανόδια αφορούν φυτά τα οποία δεν είναι εξειδικευμένα στα γυψούχα εδάφη και εμφανίζονται μόνο όταν η βιολογική εδαφική κρούστα απουσιάζει ή είναι διαταραγμένη (Escudero, *et al.*, 2014).

Στην παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή χρησιμοποιήθηκε η κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τον Meyer (1986), η οποία κρίθηκε η καταλληλότερη για τα χλωριδικά δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την εργασία πεδίου.

## **2.8 Οικότοπος 1520\* -Γυψούχες στέπες (Gypsophiletalia)**

Ο οικότοπος 1520\*-Γυψούχες στέπες (*Gypsophiletalia*) αποτελεί οικότοπο προτεραιότητας και προστατεύεται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία των Οικοτόπων (92/43/ΕΟΚ). Περιλαμβάνεται στο Παράρτημα I της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ και

προϋποθέτει τη λήψη άμεσων μέτρων για τη διατήρηση του (Κουζάλη κ.α., 2014). Περιλαμβάνει αραιούς και συνήθως χαμηλούς θαμνώνες που αναπτύσσονται σε γυψούχα εδάφη, σε ξηρές και ημι-ερημικές περιοχές και χαρακτηρίζεται από την παρουσία γυψόφυτων ειδών, δηλαδή φυτών που είναι εξειδικευμένα στα εδάφη αυτά (Δεληπέτρου & Χριστοδούλου 2016).

Τα χαρακτηριστικά γυψόφιλα που έχουν εντοπιστεί στην Κύπρο μέχρι σήμερα και συγκροτούν τον οικότοπο \*1520-Γυψούχες στέπες είναι τα είδη *Campanula fastigiata*, *Gypsophila linearifolia* (Κρισίμωσ Κινδυνεύον) και *Teucrium salaminium* (Ενδημικό) το οποίο εντοπίστηκε μόνο στις κατεχόμενες περιοχές του νησιού, οι οποίες δεν είναι κάτω από τον αποτελεσματικό έλεγχο της Κυπριακής Δημοκρατίας (Δεληπέτρου & Χριστοδούλου 2016). Πρόσφατα έχει εντοπιστεί το νέο ενδημικό γυψόφιλο της Κύπρου, *Rostraria hadjikyriakou*, το οποίο αποτελεί πλέον χαρακτηριστικό είδος του οικότοπου, αφού φύεται αποκλειστικά σε θέσεις με γυψούχο υπόστρωμα στις οποίες έχουν καταγραφεί και τα άλλα γυψόφιλα είδη της Κύπρου (Hand et al., 2021). Στον οικότοπο \*1520 συμμετέχουν επίσης τα γυψοπλανόδια είδη *Herniaria hemistemon*, *Onobrychis venosa*, *Helianthemum stipulatum* και *Thymbra capitata* (Δεληπέτρου & Χριστοδούλου 2016).

## 2.9 Τα γυψόφιλα είδη της Κύπρου

Στον Πίνακα 2 καταγράφονται τα γυψόφιλα είδη της Κύπρου με τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους. Στις υποενότητες ακολουθεί λεπτομερής περιγραφή των ειδών.

**Πίνακας 2:** Τα γυψόφιλα είδη της Κύπρου και τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους.

Γυψόφιλο είδος	Κυριότερα Χαρακτηριστικά
<i>Gypsophila linearifolia</i>	Μονοετής πόα ύψους 3-25 cm. Βλαστοί αδενώδεις, χνουδωτοί στο κάτω μέρος και άτριχοι στο πάνω. Φύλλα γραμμοειδή-σπατουλοειδή, χνουδωτά. Άνθη μικρά, λευκά, σε πλατιές, αραιές ταξιανθίες.
<i>Campanula fastigiata</i>	Μονοετής ή διετής, γλαυκόχρωμη, κάπως σαρκώδης και τραχεία πόα, ύψους μέχρι 5(-10) cm. Κατώτερα φύλλα ωοειδή, ακέραια με κοντό μίσχο, τα μεσαία φύλλα βλαστού προμήκη-σφηνοειδή,

	οδοντωτά και τα ανώτερα προμήκη-γραμμοειδή. Άνθη μασχαλιαία, σε πυκνές ομάδες στις κορυφές των κλαδιών. Κάλυκας με γραμμοειδείς-λογχοειδείς λοβούς που είναι ίσοι ή μακρύτεροι της στεφάνης. Στεφάνη με οχρό-κυανό χρώμα.
<i>Rostraria hadjikyriakou</i>	Μονοετής πόα ύψους 2-5 cm. Βλαστοί συνήθως ένας με δύο. Έλασμα φύλλων επίμηκες ή λογχοειδές, 10-30 x 0.8-2.3 mm, καλυμμένο και στις δύο επιφάνιες με τρίχες. Κολεοί ραβδωτοί, οι ανώτεροι διογκωμένοι. Ταξιανθία πυκνή φόβη. Γλωσσίδιο μήκους 0.4-0.6 mm, μακρύ, μεμβρανώδες. Σταχύδια 2.2-2.5 mm, πλευρικά συμπιεσμένα, σφηνοειδούς σχήματος. Ανθίδια 5.
<i>Teucrium salaminium</i>	Θάμνος ύψους 15-40 cm, με όρθιους ή ημιόρθιους βλαστούς. Φύλλα άμισχα ή με πολύ κοντό μίσχο, στενά έως ευρέως ωοειδή ή ελλειπτικά, 12-22 x 3-6 mm. Άνθη 4-15 ανά κεφαλή, άμισχα ή με κοντό μίσχο.

### **2.9.1 *Gypsophila linearifolia* (Fisch. & C. A. Mey.) Boiss**

Το είδος *Gypsophila linearifolia* ανήκει στην οικογένεια Caryophyllaceae, που αριθμεί 81 γένη και πάνω από 2625 είδη σε ολόκληρο τον κόσμο. Το εν λόγω φυτό εντοπίστηκε για πρώτη φορά στην Κύπρο το 1999 σε μία μόνο θέση, στο Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς (Christodoulou 2006). Απαντά σε ξηρές θέσεις, σε γυψούχα εδάφη και αποτελεί χαρακτηριστικό είδος του οικότοπου προτεραιότητας 1520\*- Γυψούχες στέπες. Έχει εξάπλωση στην Τουρκία, Αίγυπτο, Συρία, Ιράκ, Ιράν, ανατολική Ρωσία, Καζακστάν και Τουρκμενιστάν. Είναι μονοετής πόα ύψους 3-25 cm, με βλαστούς αδενώδεις, χνουδωτούς στο κάτω μέρος και άτριχους στο πάνω. Φέρει φύλλα γραμμοειδή-σπατουλοειδή, χνουδωτά και άνθη μικρά, λευκά, σε πλατιές, αραιές ταξιανθίες. Πέταλα 3-4 mm, ακρόκοιλα έως δίλοβα. Κάψα σφαιρική, σπέρματα με οξέα, κωνικά εξογκώματα. Λόγω του μικρού εύρους εξάπλωσης και του μικρού πληθυσμού του είδους, έχει περιληφθεί στο Κόκκινο Βιβλίο της Χλωρίδας της Κύπρου με την κατηγορία «Κρισίμως Κινδυνεύον» (Critically Endangered) (Τσιντίδης κ.α., 2007).



**Εικόνα 3:** *Gypsophila linearifolia* στο Εθνικό Δασικό Πάρκο Ριζοελιάς (Φωτογραφία Γεωργία Χρυσοστόμου).

### **2.9.2 *Campanula fastigiata* Schult**

Το είδος *Campanula fastigiata* ανήκει στην οικογένεια *Campanulaceae*, που περιλαμβάνει 84 γένη και περίπου 2400 είδη. Είναι μονοετής ή διετής, γλαυκόχρωμη πόα, που συνήθως δεν ξεπερνά σε ύψος τα 5 cm (σπάνια μέχρι 10 cm). Τα κλαδιά είναι σχεδόν παράλληλα με τον κορμό και στενεύουν προς τα πάνω. Τα κατώτερα φύλλα είναι ωοειδή, ακέραια με κοντό μίσχο ενώ τα μεσαία φύλλα βλαστού προμήκη-σφηνοειδή, οδοντωτά και τα ανώτερα προμήκη-γραμμοειδή. Τα άνθη φύονται στις μασχάλες, σε πυκνές ομάδες στις

κορυφές των κλαδιών. Ο κάλυκας έσει γραμμοειδείς-λογχοειδείς λοβούς που είναι ίσοι ή μακρύτεροι της στεφάνης, η οποία έχει απαλό μπλε χρώμα. Η κάψα έχει σχήμα αντεστραμμένου κώνου, είναι καλυμμένη με θυλές και έχει πέντε έντονες νευρώσεις. Η παρουσία του είδους ήταν άγνωστη στην Κύπρο πριν το 2009, όπου εντοπίστηκε στο Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς, στο Μαρώνι και στο κατεχόμενο χωριό Άγιος Ιάκωβος, σε υψόμετρο μεταξύ 75-275 m (Christodoulou and Hand, 2009). Εκτός από το νησί μας, η *Campanula fastigiata* έχει εξάπλωση στην Ισπανία, Μαρόκο, Τουρκία, Αζερμπαϊτζάν, Λίβανο και Συρία (Layman's Report LIFE12 NAT/CY/000758, 2017).



**Εικόνα 4:** *Campanula fastigiata* μαζί με *Herniaria hemistemon* στην περιοχή Άλωνα.  
(Φωτογραφία Γεωργία Χρυσοστόμου).



**Εικόνα 5:** *Campanula fastigiata* στο Εθνικό Δασικό Πάρκο Ριζοελιάς (Φωτογραφία Γεωργία Χρυσοστόμου).

### **2.9.3 *Rostraria hadjikyriakou Christodoulou & Hand***

Το είδος *Rostraria hadjikyriakou* εντοπίστηκε για πρώτη φορά το 2018, στην κατεχόμενη Κύπρο και συγκεκριμένα στην περιοχή Υψαρόβουνος, από τον βοτανικό Γεώργιο Ν. Χατζηκυριάκου. Το είδος ονομάστηκε έτσι προς τιμή του κ. Χατζηκυριάκου (Hand *et al.*, 2021). Την άνοιξη του 2020, στο πλαίσιο της καταγραφής της βλάστησης των γυψούχων εδαφών, για την δημιουργία χλωριδικού καταλόγου, που αποτελεί ένα από τους στόχους της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής, εντοπίστηκε και καταγράφηκε για πρώτη φορά η παρουσία του είδους σε ακόμη πέντε περιοχές στην ελεύθερη Κύπρο. Συγκεκριμένα, εντοπίστηκε στις περιοχές Καλαβασός-Τόχνη, Μαρώνι, Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς, Άλωνα και Αραδίππου.

Το είδος *Rostraria hadjikyriakou* ανήκει στην οικογένεια *Poaceae*, μια από τις μεγαλύτερες οικογένειες η οποία αριθμεί 780 γένη και πέραν των 12000 ειδών σε όλο τον κόσμο. Στην Κύπρο αντιπροσωπεύεται με 83 γένη, μεταξύ των οποίων και το γένος *Rostraria*, που περιλαμβάνει έξι ιθαγενή είδη (Hand *et al.*, 2011). Το είδος *Rostraria hadjikyriakou* είναι μονοετής πόα ύψους 2-5 cm, συνήθως με ένα ή δύο βλάστους, σπάνια φέρει δύο επιπρόσθετα, όρθια, γόνιμα ή στείρα κλαδιά, τα οποία δεν ξεπερνούν ποτέ την κορυφή του κολεού. Έλασμα φύλλων επίμηκες ή λογχοειδές, επίπεδο, σχεδόν άκαμπτο, μήκους 10-30 mm και πλάτους 0.8-2.3 mm, καλυμμένο και στις δύο πλευρές με απλωτές ή όρθιες τρίχες, συνήθως μακρύτερες στην πάνω επιφάνεια. Οι κολεοί είναι ραβδωτοί και περιβάλλουν τους βλαστούς και το πάνω μέρος της ταξιανθίας, οι ανώτεροι είναι διογκωμένοι και οι παρυφές τους έντονα μεμβρανώδεις. Γλωσσίδιο μήκους 0.4-0.6 mm, μεμβρανώδες. Ταξιανθία πυκνή φόβη, ελλειψοειδής, κάποτε ωοειδής, με αποστρογγυλωμένη ή αμβλεία κορυφή, 0.8-2 x 0.2-0.8 cm, με ανοικτό πράσινο χρώμα, που μεταβάλλεται σε ανοικτό καφέ μετά την ανθοφορία. Σταχύδια μήκους 2.2-2.5 mm, πλευρικά συμπιεσμένα, σφηνοειδούς σχήματος. Ανθίδια πέντε, τα δύο κατώτερα ερμαφρόδιτα και τα τρία ανώτερα στείρα. Λέπυρα εμφανώς άνισα, το κατώτερο μονόενυρο, ακιδωτό, μεμβρανώδες, ενώ το ανώτερο άτριχο, ωοειδές, τρίενυρο. Ανθήρες τρεις, ελλειψοειδείς ή επιμήκεις, μήκους 0.4-0.6 mm. Καρπός καρυόψη, επιμήκης, 1.5-1.7 x 0.6 mm, συμπιεσμένη, αποστρογγυλεμένη στις δύο άκρες, καφέ χρώματος, (Hand *et al.*, 2021).



**Εικόνα 6:** Το νέο ενδημικό είδος *Rostraria hadjikyriakou*, σε ώριμη φάση, στην περιοχή Υψαρόβουνος (Φωτογραφία Χαράλαμπος Σ. Χριστοδούλου).



**Εικόνα 7:** Το νέο ενδημικό είδος *Rostraria hadjikyriakou*, στην περιοχή Υψαρόβουνος (Φωτογραφία Χαράλαμπος Σ. Χριστοδούλου).

#### 2.9.4 *Teucrium salaminium* Hadjik. & Hand

Το είδος *Teucrium salaminium* ανήκει στην οικογένεια των Χειλανθών (*Lamiaceae*), η οποία αριθμεί πάνω από 3000 είδη σε ολόκληρο τον κόσμο, με την πλειονότητα αυτών να αξιοποιούνται ως καλλωπιστικά, φαρμακευτικά και αρτυματικά, λόγω των αιθέριων ελαίων που περιέχουν, αλλά και του ιδιαίτερα ευχάριστου αρώματός τους. Θάμνος ύψους 15-40 cm, με όρθιους ή ημιόρθιους βλαστούς. Φύλλα άμισχα ή με πολύ κοντό μίσχο, στενά έως ευρέως ωοειδή ή ελλειπτικά, διαστάσεων 12-22 x 3-6 mm, πράσινα που μετατρέπονται σε κιτρινοπράσινα σταδιακά όσο ωριμάζουν. Άνθη 4-15 ανά κεφαλή, άμισχα ή με κοντό μίσχο, 1-2 από τα κεντρικά άνθη συνήθως δεν ανοίγουν ποτέ (Hadjikyriakou and Hand, 2011).



**Εικόνα 8:** *Teucrium salaminium* στην περιοχή Υψαρόβουνος (Φωτογραφία Γεώργιος Ν. Χατζηκυριάκου).

## 2.10 Βιολογική Ποικιλότητα

Η Βιολογική Ποικιλότητα παίζει καθοριστικό ρόλο στην κατανόηση της δομής των βιοκοινοτήτων και για αυτό το λόγο αποτελεί ένα από τα θεμελιώδη θέματα της οικολογίας σήμερα. Υπάρχουν περισσότεροι από 12 επίσημα δημοσιευμένοι ορισμοί που αφορούν τη Βιολογική Ποικιλότητα. Ο πιο εύστοχος και ευρέως χρησιμοποιούμενος, είναι αυτός που περιελήφθη στη Σύμβαση του Rio για τη Βιολογική Ποικιλότητα. Πρόκειται για συμφωνία-ορόσημο την οποία υπέγραψαν περισσότερα από 150 κράτη σε ολόκληρο τον κόσμο, στις 5 Ιουνίου του 1992, στη Διάσκεψη Κορυφής των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, που πραγματοποιήθηκε στο Rio de Janeiro (Gaston & Spicer, 1998). Η Σύμβαση αναφέρει ότι ως «Βιολογική Ποικιλότητα ή Βιοποικιλότητα» ορίζεται η ποικιλομορφία που εμφανίζεται ανάμεσα σε ζωντανούς οργανισμούς όλων των ειδών, των χερσαίων, θαλάσσιων και άλλων υδάτινων οικοσυστημάτων και οικολογικών συμπλεγμάτων, στα οποία οι οργανισμοί αυτοί ανήκουν» (Hand & Neves, 2021).

Οι Norse *et al.* (1986) ήταν οι πρώτοι που διαχώρισαν την βιολογική ποικιλότητα σε τρία βασικά δομικά επίπεδα: τη γενετική ποικιλότητα, την ποικιλότητα ειδών και την ποικιλότητα οικοσυστημάτων (Χατζηχαμπής, 2018). Γενετική ποικιλότητα ονομάζεται ο συνδυασμός των διαφορετικών γονιδίων που υπάρχει μέσα σε ένα πληθυσμό ενός είδους, καθώς και η ποικιλομορφία που υπάρχει σε διαφορετικούς πληθυσμούς του ίδιου είδους. Ποικιλότητα ειδών ονομάζεται η ποικιλομορφία και η αφθονία των διαφόρων τύπων οργανισμών που ζουν σε μια περιοχή, ενώ η ποικιλότητα των οικοσυστημάτων περιγράφει το εύρος των διαφορών μεταξύ των τύπων οικοσυστημάτων και την ποικιλότητα των ενδιαιτημάτων και των οικολογικών διεργασιών που συμβαίνουν σε κάθε τύπο οικοσυστήματος. Τα συστατικά της βιοποικιλότητας, σε οποιοδήποτε επίπεδο και αν οριστούν, δεν λειτουργούν αυτόνομα και ανεξάρτητα, αλλά εμφανίζουν εσωτερική ιεραρχία (Gaston & Spicer, 1998 ; Ευαγγέλου, 2007). Παρά τη διάκριση της βιοποικιλότητας σε διάφορα επίπεδα, η διατήρηση της προϋποθέτει ενιαία αντιμετώπιση. Η διατήρηση της βιοποικιλότητας σε ένα επίπεδο εξαρτάται από τη διατήρηση της στο προηγούμενο επίπεδο ή στο επόμενο. Έτσι, η προστασία και διατήρηση των τοπίων εξαρτάται από τη διατήρηση της ποικιλότητας των οικοσυστημάτων που τα συνθέτουν, η σταθερότητα των οικοσυστημάτων εξαρτάται από την προστασία των ειδών που συμμετέχουν στη δομή τους και η επιβίωση των ειδών

εξαρτάται από τη διατήρηση των κληρονομικών καταβολών σε όλο το εύρος τους (Ευαγγέλου, 2007).

Αναφορικά με την ποικιλότητα των ειδών, ανάλογα με την κλίμακα στην οποία μελετάται, αλλά και για λόγους σύγκρισης μεταξύ διάφορων ενδιαιτημάτων, προτάθηκε από κάποιους οικολόγους η πιο κάτω διάκριση (MacArthur, 1965 ; Hewitt, *et al.*, 2005 ; Καρανδεινός, 2007):

Άλφα ποικιλότητα: αφορά την ποικιλότητα των ειδών σε μία τοποθεσία ή εντός ενός ενδιαιτήματος. Στοχεύει στην αξιολόγηση του βαθμού ποικιλότητας σε ένα ενδιαίτημα, που οφείλεται στη διαφοροποίηση της σύνθεσης των ειδών. Η άλφα ποικιλότητα αυξάνει όσο μεγαλώνει η δειγματοληπτική επιφάνεια (Hill, 1973).

Βήτα ποικιλότητα: νοείται η διαφορά ως προς την ποικιλότητα των ειδών ανάμεσα σε διαφορετικές τοποθεσίες. Στοχεύει στην αξιολόγηση του βαθμού μεταβολής της ποικιλότητας μεταξύ ενδιαιτημάτων. Η βήτα ποικιλότητα οφείλεται είτε σε τοπικές εσωτερικές διεργασίες μεταξύ των ειδών, είτε σαν απόκριση σε εξωτερικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες (Wagner, 2004).

Γάμμα ποικιλότητα: αφορά την ποικιλότητα των ειδών σε πολύ μεγαλύτερες κλίμακες, συνήθως σε περιφερειακό επίπεδο. Είναι η συνολική ποικιλότητα της ευρύτερης περιοχής μελέτης και ορίζεται ως το άθροισμα των άλφα και βήτα (Legendre, *et al.*, 2005).

## 2.11 Μέτρηση Ποικιλότητας

Η βιολογική ποικιλότητα δεν έχει ισόνομη κατανομή στην επιφάνεια της γης, αφού ο πλούτος και η αφθονία των ειδών μειώνονται καθώς προχωράμε από τον ισημερινό προς τους πόλους και από τα χαμηλότερα υψόμετρα στα υψηλότερα (Αποστόλου, 2019). Τα τροπικά δάση καταλαμβάνουν το 7% της επιφάνειας της Γης και φιλοξενούν τα 2/3 των αγγειόσπερμων, το 30% των πτηνών και το 96% των αρθρόποδων, ενώ τα Μεσογειακά οικοσυστήματα καταλαμβάνουν το 2% της επιφάνειας της Γης, φιλοξενώντας το 10% όλων των φυτικών ειδών (30.000) με υψηλό ποσοστό ενδημισμού (Fady-Welterlen, 2005). Η πραγματοποίηση μιας έρευνας ποικιλότητας προϋποθέτει την οριοθέτηση της σε τρεις διαστάσεις, την ταξινομική διάσταση (είδη που περιλαμβάνει η υπό μελέτη βιοκοινότητα), την χωρική διάσταση (καθορισμός γεωγραφικών ορίων) και την χρονική διάσταση. Η ποσοτικοποίηση της βιοποικιλότητας προάγει τη βαθύτερη κατανόηση των

οικολογικών φαινομένων και ταυτόχρονα συμβάλει στην καλύτερη και αειφόρο διαχείριση των φυσικών πόρων (Καρανδεινός, 2007). Όλες οι μεθοδολογίες μέτρησης της ποικιλότητας βασίζονται σε τρεις υποθέσεις: 1) όλα τα είδη είναι ισότιμα, 2) όλα τα άτομα είναι ισότιμα, 3) η αφθονία των ειδών έχει μετρηθεί σε κατάλληλες και συγκρίσιμες μονάδες (Magurran, 2004).

Τρία βασικά ποσοτικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ποικιλότητας είναι ο πλούτος των ειδών, η αφθονία των ειδών και οι δείκτες ποικιλότητας (Χατζηχαμπής, 2018). Η βιολογική ποικιλότητα μπορεί να διαχωριστεί σε δύο συστατικά, τον πλούτο των ειδών (species richness) και την ισομέρεια (species evenness) (Simpson, 1949 ; MacDonald, 2016). Ο όρος πλούτος των ειδών προτάθηκε από τον McIntosh το 1967 και εκφράζει τον αριθμό των ειδών στην περιοχή μελέτης. Η ισομέρεια εκφράζει την διακύμανση στις αφθονίες των ειδών. Ένας δείκτης ποικιλότητας είναι ένας στατιστικός τύπος που ενσωματώνει πληροφορίες για τα δύο αυτά συστατικά, τον πλούτο των ειδών και την ισομέρεια. Η μείξη των δύο αυτών χαρακτηριστικών της βιοκοινότητας, συχνά αναφέρεται ως “ετερογένεια” (Good 1953 ; Hurlbert, 1971).

### **2.11.1 Πλούτος των ειδών**

Ο πλούτος των ειδών (species richness), δηλαδή ο αριθμός των ειδών σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή σε μία βιοκοινότητα, είναι μία από τις συχνότερα χρησιμοποιούμενες εναλλακτικές μεθόδους για την εκτίμηση της βιοποικιλότητας, λόγω της ευκολίας συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων.

Ο πλούτος των ειδών υπολογίζεται μετρώντας τα είδη σε ορισμένο χώρο και δεδομένο χρόνο. Θα πρέπει να έχουμε στη διάθεσή μας την πλήρη απογραφή των ατόμων της βιοκοινότητας, γεγονός σχεδόν ανέφικτο για μεγάλης κλίμακας εκτάσεις. Όσο μεγαλύτερη είναι η δειγματοληπτική προσπάθεια, δηλαδή το μέγεθος και ο χρόνος δειγματοληψίας, τόσο περισσότερα είδη και άτομα καταμετρούνται. Πέραν όμως της επίδρασης της δειγματοληψίας, η εκτίμηση του πλούτου των ειδών αυξάνεται με το χρόνο εξαιτίας φαινόμενων όπως είναι η εποχικότητα, ο αποικισμός και η εξαφάνιση. Επίσης, ο αριθμός των ειδών σε μικρή κλίμακα εξαρτάται από τον πλούτο των ειδών σε μεγαλύτερες χωρικά κλίμακες. Συνεπώς, θα πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη η ευρύτερη περιοχή, η οποία δρα ως δεξαμενή ειδών (Gaston & Blackburn, 2000).

### **2.11.2 Αφθονία των ειδών**

Αφθονία των ειδών ορίζεται ως ο αριθμός των ατόμων κάθε είδους (species abundance) που απαντούν σε μια βιοκοινότητα. Συνήθως υπολογίζεται η σχετική αφθονία των ειδών, δηλαδή το ποσοστό των ατόμων ενός είδους στο σύνολο των ατόμων όλων των ειδών που υπάρχουν σε μια βιοκοινότητα. Γνωρίζοντας την αφθονία των ειδών μπορούμε να έχουμε μία πληρέστερη εικόνα για το πώς λειτουργεί μία βιοκοινότητα. Δεδομένα σχετικά με την αφθονία των ειδών μπορούν εύκολα να ληφθούν παρέχοντας μας πληροφορίες για τις λιγότερο ορατές πτυχές της βιοκοινότητας, όπως είναι η συμβίωση, ο ανταγωνισμός, η αρπαγή κ.α. (Verberk, 2011).

## 2.12 Δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener

Ο πιο δημοφιλής και περισσότερο χρησιμοποιούμενος δείκτης για τη μέτρηση της ποικιλότητας των ειδών σε μία βιοκοινότητα, είναι ο δείκτης Shannon–Wiener (Clarke & Warwick, 2001). Ο δείκτης αυτός είναι βασισμένος στη θεωρία των πληροφοριών και όχι σε πρακτικές εφαρμογές οικολογίας (Krebs, 1999). Ο δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener αυξάνει όσο αυξάνεται ο αριθμός των ειδών στη βιοκοινότητα και η σχετική αφθονία και γίνεται μέγιστος όταν όλα τα είδη έχουν ίση μεταξύ τους σχετική αφθονία (Χατζηχαμπής, 2018).

Ο δείκτης Shannon–Wiener υπολογίζεται από τον τύπο:

$$H = - \sum_{i=1}^k p_i \log p_i$$

όπου  $p_i$  η πιθανότητα ένα τυχαίο άτομο της βιοκοινότητας με  $k$  είδη, να ανήκει στο είδος  $i$  και  $k$  ο αριθμός των ειδών.

## 2.13 Σχέση αριθμού ειδών – έκτασης

Η έκταση αποτελεί ένα βασικό παράγοντα για τον προσδιορισμό του αριθμού των ειδών που απαντούν σε μία περιοχή. Η θετική συσχέτιση μεταξύ της έκτασης και του αριθμού των ειδών μίας περιοχής, αποτελεί ένα από τα γενικότερα πρότυπα της οικολογίας. Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για το πρότυπο αυτό, επικεντρώνεται στο τύπο του

μετασχηματισμού που πρέπει να γίνει ώστε η σχέση έκτασης – αριθμού ειδών, να είναι γραμμική. Εφαρμόζονται κυρίως δύο μοντέλα, αυτό της δυναμοσυνάρτησης που μετατρέπεται έπειτα από λογαρίθμηση στην εξίσωση:

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

και το λογαριθμικό μοντέλο:

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

όπου: S ο αριθμός των ειδών, A η επιφάνεια και c, z συντελεστές.

Σύμφωνα με τη θεωρία της νησιώτικης βιογεωγραφίας, που προτάθηκε το 1967 από τον MacArthur και Wilson, ο αριθμός των ειδών (species richness) τείνει να αυξάνεται όσο αυξάνεται η νησιωτική έκταση (patch), δηλαδή όσο μεγαλύτερο είναι το νησί τόσα πιο πολλά είδη φιλοξενεί. Βιοτοπικό Νησί ορίζεται ως μία απομονωμένη περιοχή η οποία περιβάλλεται από εντελώς διαφορετικό βióτοπο. Τα νησιά μπορούν να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους αφού διακρίνονται στα ωκεάνια νησιά και στα ηπειρωτικά νησιά. Στην περίπτωση των γυψούχων οικοσυστημάτων, οι εκτάσεις με γυψούχο υπόστρωμα αποτελούν βιοτικά νησιά λόγω της διαφοροποίησης τους από τα περιβάλλοντα τοπία και της διακοπής της ομοιομορφίας τους (Moore, *et al.*, 2014).

## 2.14 Σχέση Ομοιότητας – Απόστασης

Αναμφίβολα υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ ομοιότητας και απόστασης, αφού όσο αυξάνεται η απόσταση μειώνεται η ομοιότητα. Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται τρία μοντέλα που περιγράφουν την αρνητική σχέση μεταξύ ομοιότητας και απόστασης. Τα τρία αυτά μοντέλα είναι α) το εκθετικό (Kluth & Bruehlheide, 2004), β) το λογαριθμικό (Condit, *et al.*, 2002) και γ) της δυναμοσυνάρτησης (McKnight, *et al.*, 2007). Το μοντέλο που χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση, πρέπει να προσαρμόζεται στα δεδομένα σε μικρές κλίμακες (μικρές τιμές απόστασης), ενδιάμεσες κλίμακες (μέσες τιμές απόστασης) και σε μεγάλες κλίμακες (μεγάλες τιμές απόστασης). Παρόλα αυτά, η ομοιότητα μεταξύ των επιφανειών σε αυτές τις κλίμακες, δεν καθορίζεται μόνο από την απόσταση. Η β-ποικιλότητα μπορεί να οφείλεται επίσης και σε άλλους παράγοντες όπως είναι η παρουσία διαφορετικού τύπου ενδιαιτήματος, σε περιβαλλοντικές διαβαθμίσεις

μέσα στο ίδιο ενδιαίτημα και τον περιορισμό της διασποράς (γεωγραφικά εμπόδια) (Freestone & Inouye, 2006).

## 2.15 Εκτίμηση της Ομοιότητας μεταξύ των θέσεων

Για την εκτίμηση της ομοιότητας όσον αφορά τη σύνθεση των ειδών μεταξύ των διαφόρων επιφανειών φυτοληψίας, χρησιμοποιούνται δείκτες β-ποικιλότητας. Ο δείκτης ομοιότητας Jaccard είναι πολύ απλός, αφού υπολογίζεται διαιρώντας τον αριθμό των ειδών που απαντούν και στις δύο επιφάνειες ( $\alpha$ ) με το άθροισμα του αριθμού των ειδών και τις δύο επιφάνειες. Σύμφωνα με τις συνιστώσες  $a$ ,  $b$ , και  $c$  προκύπτει:

$$\text{Jaccard} = \alpha / (\alpha + b + c)$$

Ο δείκτης ομοιότητας Sorensen, υπολογίζεται διαιρώντας τον αριθμό των ειδών που απαντούν και στις δύο επιφάνειες δειγματοληψίας με το μέσο αριθμό ειδών μεταξύ των δύο. Σύμφωνα με τις συνιστώσες  $a$ ,  $b$  και  $c$  προκύπτει:

$$\text{Sorensen} = 2\alpha / (2\alpha + b + c)$$

Οι δείκτες αυτοί (Jaccard και Sorensen) σχετίζονται θετικά με τη συνιστώσα  $\alpha$  και λαμβάνουν τιμές με μέγιστη τη μονάδα, όταν πρόκειται για πλήρη ομοιότητα και ελάχιστο το μηδέν, όταν πρόκειται για πλήρη ανομοιότητα, δηλαδή όταν δεν υπάρχουν κοινά είδη μεταξύ των δύο επιφανειών. Γι' αυτό και είναι γνωστοί ως δείκτες ομοιότητας. Αντίθετα με τους δείκτες Jaccard και Sorensen, ο δείκτης Simpson (1943) θεωρείται δείκτης ανομοιότητας, γιατί σχετίζεται αρνητικά με τη συνιστώσα ομοιότητας  $\alpha$ . Λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της μονάδας όταν οι επιφάνειες που συγκρίνουμε δεν μοιράζονται κανένα κοινό είδος, ενώ λαμβάνει την ελάχιστη τιμή μηδέν όταν τα είδη ταυτίζονται πλήρως. Επικεντρώνεται περισσότερο στη διαφορά σύνθεσης των ειδών και σύμφωνα με τις συνιστώσες  $a$ ,  $b$  και  $c$  εκφράζεται ως ακολούθως:

$$\text{Simpson} = \min(b, c) / (\min(b, c) + \alpha)$$

Οι συγκεκριμένοι δείκτες αφορούν δεδομένα παρουσίας-απουσίας ειδών και υπολογίζονται με βάση τις συνιστώσες ομοιότητας/ανομοιότητας μεταξύ των επιφανειών δειγματοληψίας.

## **2.16 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών - Principal Components Analysis (PCA)**

Αρχικά η μέθοδος Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών-PCA (Principal Components Analysis) αναπτύχθηκε από τον Harold Hotelling το 1933 και στη συνέχεια παρουσιάστηκε από πολλά βιβλία που ασχολούνται με την κλασική ανάλυση πολυδιάστατων μεταβλητών (Anderson, 1958 ; Kendall & Stuart, 1968). Η μέθοδος Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών-PCA ανήκει στις μεθόδους πολυμεταβλητής ανάλυσης και αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο στις περιπτώσεις όπου συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός μεταβλητών και συνεπώς η εξαγωγή συμπερασμάτων γίνεται μία χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία (Πετρίδης, 2015). Στην ουσία, πρόκειται για μία γραμμική μέθοδο συμπίεσης δεδομένων, η οποία επαναπροσδιορίζει τις συντεταγμένες ενός συνόλου δεδομένων, σε ένα άλλο σύστημα συντεταγμένων, καταλληλότερο στην επικείμενη ανάλυση των δεδομένων (Hammer & Harper, 2005). Οι νέες συντεταγμένες, ως αποτέλεσμα του γραμμικού συνδυασμού, εκπροσωπούνται σε ορθογώνιο άξονα, ενώ τα σημεία διατηρούν μία φθίνουσα σειρά, όσον αφορά τη τιμή διακύμανσης τους. Το πρώτο κύριο συστατικό (principal component) διατηρεί περισσότερες πληροφορίες δεδομένων συγκριτικά με το δεύτερο. Η συνολική ποσότητα των κύριων συστατικών είναι ίση με την ποσότητα των αρχικών μεταβλητών και παρουσιάζει τις ίδιες στατιστικές πληροφορίες (Πετρίδης, 2015). Ο μετασχηματισμός των κύριων συνιστωσών έχει το πλεονέκτημα ότι δεν επηρεάζει τη θέση των σημείων στο δισδιάστατο ή τρισδιάστατο φασματικό χώρο, αλλά περιστρέφει τους άξονες έτσι ώστε να αναπαριστούν το νέφος τιμών, με βάση τη γεωμετρία του νέφους (Maaten & Hinton, 2008). Η πρώτη κύρια συνιστώσα (PC1) περιλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής διασποράς, ενώ οι συνιστώσες που ακολουθούν περιλαμβάνουν μειωμένα ποσοστά της συνολικής διασποράς της απεικόνισης, συγκριτικά με την προηγούμενη συνιστώσα. Επίσης, επειδή η κάθε νέα συνιστώσα είναι ορθογώνια προς όλες τις προηγούμενες, τα μετασχηματισμένα δεδομένα είναι ασυσχέτιστα. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης κύριων συνιστωσών είναι μια γραφική αναπαράσταση της σχέσης μεταξύ των παραγόντων σε μια δισδιάστατη ή τρισδιάστατη απεικόνιση όπου η ομοιότητα μεταξύ τους καθώς και τα όμοια, εμφανίζονται πιο «κοντά» το ένα με το άλλο (Γκρέκα & Σίμος, 2010).

## **2.17 Ανάλυση Κανονιστικών Αντιστοιχιών - Canonical Correspondence Analysis (CCA)**

Η Ανάλυση Κανονιστικών Αντιστοιχιών - CCA (Canonical Correspondence Analysis) ανήκει στην κατηγορία των πολυμεταβλητών μεθόδων. Πρωτεργάτες στην ανάπτυξη των όρων και λοιπών χαρακτηριστικών της CCA θεωρούνται οι Ter Braak (1986) και Vondol (1995). Στις μεθόδους εξαναγκασμένης διαστασιομείωσης, αναζητούνται οι άξονες οι οποίοι εξηγούν τη μέγιστη διακύμανση των εξαρτημένων μεταβλητών (Leps & Smilauer, 1999). Οι άξονες αποτελούν γραμμικούς συνδυασμούς του συνόλου των μεταβλητών, δίνοντας έτσι άμεση σύνδεση με τη διακύμανση του κάθε πληθυσμού (Braak, 1986). Κάθε άξονας αντιπροσωπεύει μία περιβαλλοντική διαβάθμιση, κατά μήκος των οποίων κατανομούνται τα κεντροειδή των μεταβλητών (Reif *et al.*, 2010). Η τεχνική της ανάλυσης κανονιστικών αντιστοιχιών - CCA (Canonical Correspondence Analysis), προϋποθέτει την παρουσία δύο πινάκων με διαφορετικές ομάδες στοιχείων. Έχει την ιδιότητα να συνδέει τον πίνακα της πρώτης ομάδας, με ένα δεύτερο πίνακα που περιλαμβάνει στοιχεία περιβαλλοντικών ανεξάρτητων μεταβλητών. Ο πρώτος πίνακας αποτελείται από δείγματα και είδη, που αναλαμβάνουν το ρόλο των εξαρτημένων μεταβλητών (Anderson & Braak, 2003). Αδύνατο σημείο της συγκεκριμένης τεχνικής θεωρείται η μεγάλη πολυπλοκότητα των υπολογισμών και η προσπάθεια που απαιτείται για την κατανόηση ορισμένων στατιστικών όρων. Για το λόγο αυτό, έχουν εξελιχθεί δύο ειδικά λογισμικά προγράμματα στατιστικής υποστήριξης, αρκετά προσιτά στην επιστημονική κοινότητα, το CANOCO (Braak & Smilauer, 2012) και το PC-ORD (Peck, 2010).

## 2.18 Ανάλυση συστάδων - Cluster analysis

Η ανάλυση συστάδων (Cluster analysis) είναι η αλγοριθμική ταξινόμηση διαφορετικών αντικειμένων/μεταβλητών σε διαφορετικές ομάδες, των οποίων τα δεδομένα έχουν μια κοινή ιδιότητα ή τάση, σύμφωνα με κάποια προκαθορισμένη νόρμα. Οι ομάδες που δημιουργούνται καλούνται τάξεις, κλάσεις, συμπλέγματα ή συστάδες (Στρατινάκης, 2018). Η κάθε ομάδα διαθέτει κοινά χαρακτηριστικά, ευκρινώς διαφοροποιημένα από εκείνα των άλλων ομάδων (Πετρίδης, 2015).

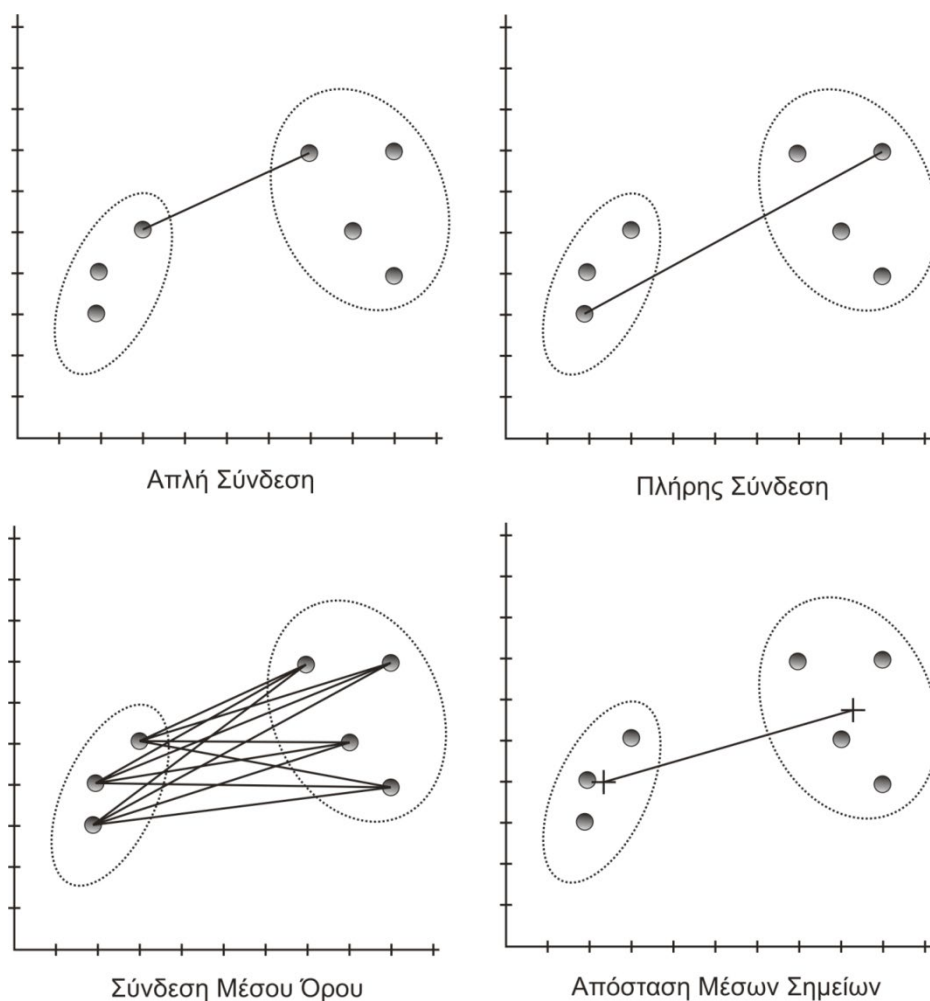
Η λειτουργία της αλγοριθμικής ταξινόμησης στηρίζεται στη συνένωση στοιχείων χρησιμοποιώντας ως μέτρο σύνδεσης την ομοιότητα ή αλλιώς την απόσταση μεταξύ των στοιχείων. Ένα τυπικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης είναι η δημιουργία δένδρογραμματος. Κάθε στοιχείο αποτελεί μία ιεραρχική κλάση. Τα στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους και συγχωνεύονται σταδιακά σε μεγαλύτερες ομάδες με ολόένα και

περισσότερα ανόμοια πλέον στοιχεία, όπου εν τέλει όλα τα στοιχεία συνενώνονται. Όταν τα στοιχεία έχουν μία φανερή διάκριση σχετικά με τις ομάδες ομοειδών, αυτό φαίνεται στο δενδρόγραμμα με τη μορφή διακριτών κλάδων. Έτσι, μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε τις ομάδες και να εξάγουμε συμπεράσματα (Πετρίδης, 2015). Χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι δεν απαιτείται καμία υπόθεση πριν ξεκινήσει η διερευνητική διαδικασία, έτσι δεν απαιτείται ούτε η εφαρμογή στατιστικών ελέγχων, για τη σημαντικότητα των αποτελεσμάτων που εξάγονται.

Τρεις διαφορετικοί αλγόριθμοι είναι διαθέσιμοι (Hammer & Harper, 2005):

1. Μη σταθμισμένη κατά ζεύγη μέση διασύνδεση - Απόσταση μέσω σημείων (UPGMA), όπου τα συμπλέγματα ενώνονται με βάση τη μέση απόσταση μεταξύ όλων των ζευγών αντικειμένων.
2. Απλή σύνδεση ονομάζεται και μέθοδος του κοντινότερου γείτονα. Σύμφωνα με αυτή τα συμπλέγματα ενώνονται με βάση τη μικρότερη απόσταση μεταξύ των δύο ομάδων.
3. Μέθοδος Ward η οποία διαφέρει σημαντικά από τις δύο προηγούμενες. Κριτήριο για τη δημιουργία συστάδων είναι η μεγιστοποίηση της ομοιογένειας στο εσωτερικό τους, αφού η αύξηση της διακύμανσης εντός της ομάδας ελαχιστοποιείται.

Η ανάλυση συστάδων δρα επικουρικά με την ανάλυση κύριων συνιστωσών και την ανάλυση κανονιστικών αντιστοιχιών, για την ομαδοποίηση των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων που σχετίζονται με τις περιοχές με γυψούχο υπόστρωμα και την εξαγωγή αποτελεσμάτων.



**Σχήμα 1:** Απόσταση μεταξύ των συστάδων.

## 2.19 Συμπεράσματα

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση εξάγονται τα εξής συμπεράσματα: Ο γύψος ή διένυδρο θεικό ασβέστιο είναι ορυκτό του ασβεστίου, με χημικό τύπο  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Αποτελεί ένα ευρέως γνωστό ορυκτό το οποίο χρησιμοποιείται εκτεταμένα από αρχαιοτάτων χρόνων σε πληθώρα εφαρμογές. Αυτή η βαθιά γνώση για τις χρήσεις του, έρχεται σε αντιπαράθεση με τις ελλειψείς, ακόμη και λανθασμένες σε ορισμένες περιπτώσεις, αναφορές στην παγκόσμια βιβλιογραφία, όσον αφορά τα βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά που συνθέτουν τα γυψούχα οικοσυστήματα. Εμφανίζεται σε δύο ποικιλίες, υπό μορφή συμπαγούς, μαλακού, μικροκρυσταλλικού αλάβαστρου και υπό μορφή άχρωμων διαφανών μεγάλων κρυστάλλων σεληνίτη.

Τα γυψούχα οικοσυστήματα βρίσκονται κυρίως σε ξηρές και ημι-άνυδρες περιοχές, όπως η Ανατολική και Κεντρική Ασία, η Λεκάνη της Μεσογείου, η Κεντρική Αφρική, η Αυστραλία, η Ισπανία και τα σύνορα μεταξύ Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και Μεξικού. Στην Κύπρο εκτεταμένες γυψούχες εξάρσεις έχουν εντοπιστεί στις περιοχές Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς, Καλαβασό, Τόχνη, Ψεματισμένο, Λεμώνα, Χούλου, Αμαργέτη και στην οροσειρά Πενταδακτύλου. Ένα από τα πιο σημαντικά βιοτικά στοιχεία των γυψούχων οικοσυστημάτων είναι η Βιολογική Εδαφική Κρούστα, που ασκεί σημαντική επίδραση στις λειτουργίες του οικοσυστήματος και αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την εγκατάσταση και μετέπειτα εξέλιξη των φυτικών ειδών. Παρά το γεγονός ότι οι γυψούχες εκτάσεις στην Κύπρο θεωρούνταν ότι δεν είχαν τις τυπικές γυψόφιλες κοινότητες που συναντώνται σε άλλα μέρη της Μεσογείου (Meikle 1977), πρόσφατες εργασίες τεκμηρίωσαν την παρουσία σημαντικών γυψόφυτων. Τα χαρακτηριστικά γυψόφιλα που έχουν εντοπιστεί στην Κύπρο μέχρι σήμερα και συγκροτούν τον οικότοπο προτεραιότητας \*1520-Γυψούχες στέπες, είναι τα είδη *Campanula fastigiata* (Christodoulou and Hand 2009), *Gypsophila linearifolia* (Christodoulou 2006), *Rostraria hadjikyriakou* (Hand et al., 2021) και *Teucrium salaminium* (Hadjikyriakou and Hand, 2011).

Η ποσοτικοποίηση της βιοποικιλότητας προάγει τη βαθύτερη κατανόηση των οικολογικών φαινομένων και ταυτόχρονα συμβάλει στην καλύτερη και αειφόρο διαχείριση των φυσικών πόρων. Τρία βασικά ποσοτικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ποικιλότητας είναι ο πλούτος των ειδών, η αφθονία των ειδών και οι δείκτες ποικιλότητας. Ο πιο δημοφιλής και περισσότερο χρησιμοποιούμενος δείκτης για τη μέτρηση της ποικιλότητας των ειδών σε μία βιοκοινότητα, είναι ο δείκτης Shannon–Wiener. Για την εκτίμηση της ομοιότητας όσον αφορά τη σύνθεση των ειδών μεταξύ των διαφόρων επιφανειών φυτοληψίας, χρησιμοποιούνται δείκτες β-ποικιλότητας, όπως ο δείκτης ποιοτικής ομοιότητας Sorensen.

Οι μέθοδοι ανάλυσης κύριων συνιστωσών και ανάλυσης κανονιστικών αντιστοιχιών ανήκουν στην κατηγορία πολυμεταβλητών μεθόδων και αποτελούν χρήσιμα εργαλεία εξαγωγής συμπερασμάτων, κυρίως σε περιπτώσεις που συγκεντώνεται μεγάλος αριθμός μεταβλητών. Η ανάλυση συστάδων δρα επικουρικά με τις πιο πάνω μεθόδους, ομαδοποιώντας τα στοιχεία που παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά.

# Κεφάλαιο 3

## Μεθοδολογία

Στις παρακάτω ενότητες περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επίτευξη στον στόχων της Μεταπτυχιακής Διατριβής και την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν. Η μεθοδολογία περιελάμβανε δύο μέρη, εργασία πεδίου για τη συλλογή δεδομένων που αφορούν των πλούτο και την αφθονία των φυτικών ειδών και στη συνέχεια, τη στατιστική ανάλυση τους, για υπολογισμό της ποικιλότητας των ειδών και της ομοιότητας των υπο μελέτη περιοχών.

### 3.1 Σκοπός – Στόχοι

Τα γυψούχα οικοσυστήματα αποτελούν ένα από τα σπουδαιότερα στοιχεία της βιοποικιλότητας σε ολόκληρο τον κόσμο, αφού από πλευράς χλωριδικής σύνθεσης, είναι εξαιρετικά πλούσια και σπάνια. Η αξία τους από οικολογικής άποψης έγκειται στη συμβολή τους για τη διατήρηση της ισορροπίας του οικοσυστήματος και της βιοποικιλότητας. Παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω των βιοτικών και αβιοτικών χαρακτηριστικών τους, μεταξύ των οποίων είναι το υπόστρωμα, η δομή και η σύνθεση της βλάστησης, η παρουσία βιολογικής εδαφικής κρούστας, καθώς και η παρουσία ποικίλων καρστικών σχηματισμών. Όπως έχουν δείξει πλήθος ερευνών, τα στοιχεία αυτά συμβάλλουν στην αυξημένη πιθανότητα παρουσίας εξειδικευμένων ειδών που περιορίζονται αυστηρά στο συγκεκριμένο γεωλογικό υπόστρωμα. Στόχοι της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η δημιουργία χλωριδικού καταλόγου και η χλωριδική ανάλυση του, η μέτρηση της ποικιλότητας των γυψόφιλων και γυψόκλινων ειδών σε τρεις διαφορετικές περιοχές και η διερεύνηση της ομοιότητας των ειδών μεταξύ των θέσεων σε σχέση με την απόσταση. Για τον σκοπό αυτό καταγράφηκαν τα φυτικά είδη που απαντούν στα γυψούχα εδάφη, η αφθονία των γυψόφιλων και γυψόκλινων ειδών, υπολογίστηκε ο Δείκτης Ποιοτικής Ομοιότητας (Ss) του Sorensen, καθώς και ο Δείκτης Ποικιλότητας Shannon–Wiener.

## 3.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Ένας από τους στόχους της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής είναι η δημιουργία Χλωριδικού Καταλόγου για τα γυψούχα οικοσυστήματα της Κύπρου και η χλωριδική ανάλυση τους. Για την εκπλήρωση του πιο πάνω στόχου, πραγματοποιήθηκε χαρτογράφηση της κατανομής των γυψούχων εδαφών, υπολογισμός του πλούτου των φυτικών ειδών που φύονται σε αυτά, καθώς και λεπτομερής καταγραφή των γυψόφυτων ειδών και της αφθονίας τους.

Επίσης, διερευνήθηκαν τρία ερωτήματα: α) κατά πόσο υπάρχει το γυψούχο υπόστρωμα μαζί με τα γυψόφυτα, β) κατά πόσο υπάρχει το γυψούχο υπόστρωμα χωρίς την παρουσία των γυψόφυτων και γ) εάν τα γυψόφυτα μπορούν να αναπτυχθούν χωρίς την παρουσία του γυψούχου υποστρώματος.

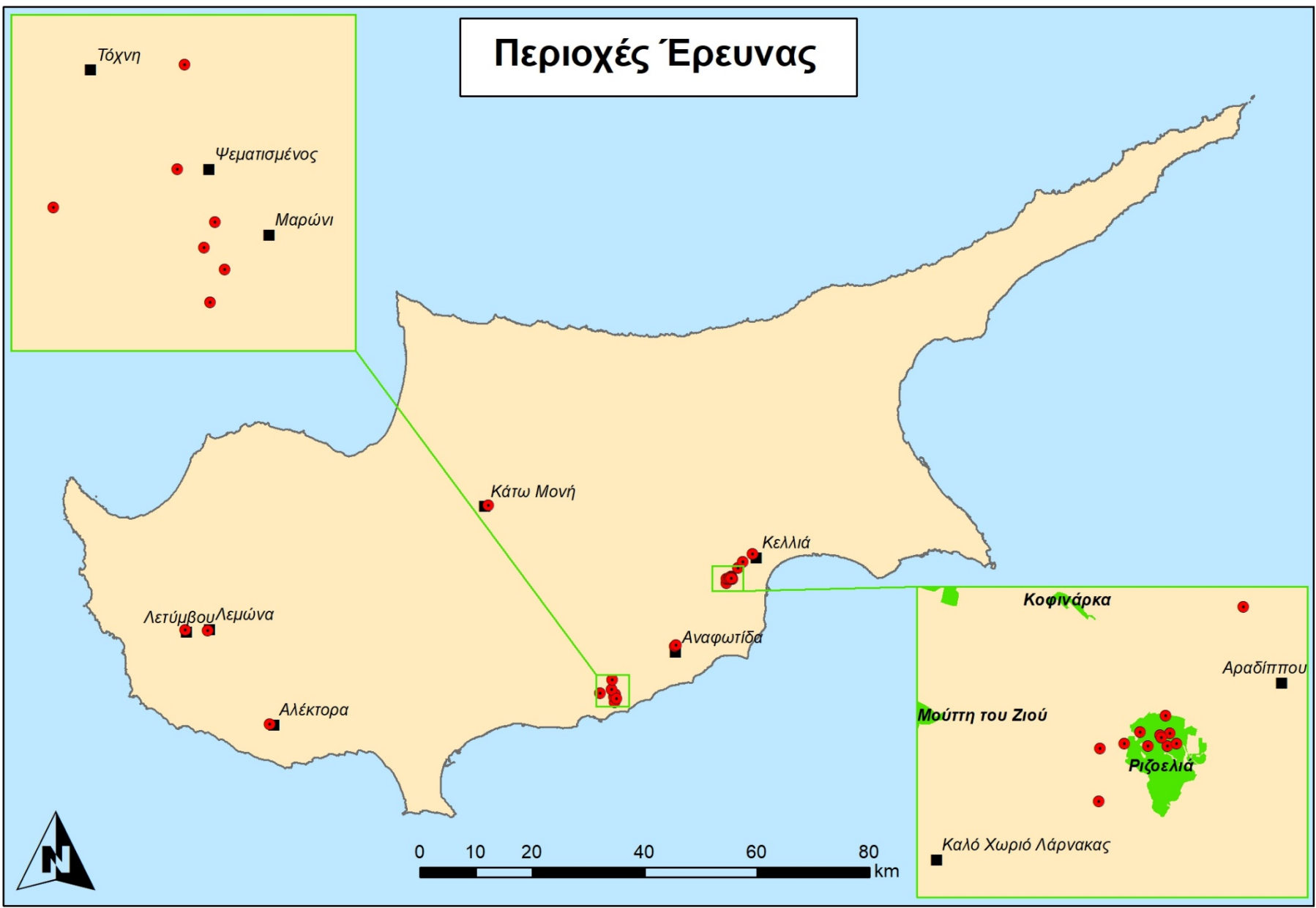
Επιπρόσθετα, εξετάστηκε κατά πόσο ισχύει η θεωρία της Νησιώτικης Βιογεωγραφίας, των MacArthur και Wilson. Δηλαδή, εάν ο αριθμός των ειδών (species richness) τείνει να αυξάνεται όσο αυξάνεται η έκταση (patch), στην περίπτωση των γυψούχων οικοσυστημάτων και μετρήθηκε η βιοποικιλότητα τριών περιοχών με την εφαρμογή του δείκτη ποικιλότητας Shannon-Wiener.

Τέλος, εξετάστηκε η σχέση ομοιότητας και απόστασης μεταξύ των θέσεων, χρησιμοποιώντας το συντελεστή «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen.

## 3.3 Περιοχή μελέτης

Περιοχή μελέτης αποτέλεσαν οι ελεύθερες περιοχές της Κύπρου (περιοχές που βρίσκονται κάτω από τον αποτελεσματικό έλεγχο της κυπριακής δημοκρατίας), με γυψούχο υπόστρωμα. Μελετήθηκαν συνολικά 27 θέσεις, διαφορετικών διαστάσεων, με όσο το δυνατό ομοιόμορφο υπόστρωμα (μικρότερη διατάραξη). Συγκεκριμένα έχουν ερευνηθεί το Εθνικό Δασικό Πάρκο Ριζοελιάς, η Αραδίππου, τα Κελιά, η Αναφωτίδα, ο Ψεματισμένος, η Καλαβασός, η Τόχνη, το Ζύγι, η Λεμώννα, η Χούλου, η Λετύμβου, η Αλέκτορα και η Κάτω Μονή. Κοινό χαρακτηριστικό των πιο πάνω περιοχών είναι το υψόμετρο που κυμαίνεται μεταξύ 50-400 μ. Στο Χάρτη 1 που ακολουθεί αποτυπώθηκαν οι περιοχές μελέτης στη ελεύθερη Κύπρο.

# Περιοχές Έρευνας



Οκτώ εκ των 27 θέσεων που μελετήθηκαν, βρίσκονται εντός του Εθνικού Δασικού Πάρκου Ριζοελιάς. Το Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς βρίσκεται στα διοικητικά όρια του δήμου Αραδίππου και καλύπτει μία έκταση των 90,7ha. Το 1997 κηρύχθηκε σε Ε.Δ.Π. εξαιτίας της τεράστιας οικολογικής του αξίας και της συμβολής του ως περιαστικό δάσος στην αναψυχή των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής. Το 2004 περιλήφθηκε στο δίκτυο Natura 2000, λόγω της σημαντικής βιοποικιλότητας του. Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται ως τυπικό Μεσογειακό με μέσο ετήσιο ποσό κατακρημνισμάτων 345mm. Το μέσο υψόμετρο είναι 150m και το ανάγλυφο είναι ήπιο με μικρούς λοφίσκους και ήπιες κλίσεις. Το γεωλογικό υπόστρωμα αποτελείται από γυψούχες εξάρσεις, εναλλασσόμενες με κρητιδικές μάργες. Τα εδάφη είναι gypsiric lithic leptosols, gypsiric antropic regosols και calcanic leptic regosols. Στο Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς συναντάμε τέσσερις φυσικούς τύπους οικοτόπων: 1520\*- Γυψούχες στέπες, 5220\*- Θαμνώνες με *Ziziphus*, 5420- Φρύγανα της ανατολικής Μεσογείου και 6220\*- Ψευδοστέπες με αγρωστώδη και μονοετή φυτά από *Thero-Brachypodietea*. Και οι τέσσερις τύποι οικοτόπων περιλαμβάνονται στο Παράρτημα I της Οδηγίας των Οικοτόπων (92/43/ΕΟΚ), ενώ οι τρεις από αυτούς (υποδηλώνονται με αστερίσκο) αποτελούν οικοτόπους προτεραιότητας. Ο χαρακτηρισμός αυτός υποδηλώνει ότι κινδυνεύει να εξαφανιστεί και είναι απαραίτητη η άμεση λήψη μέτρων για τη διατήρησή τους. Επίσης, φιλοξενεί 180 ιθαγενή είδη, εκ των οποίων 11 είναι ενδημικά είδη και υποείδη (Διαχειριστικό Σχέδιο για το Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς και τα γειτονικά δασύλλια, 2009).

Επτά από τις 27 υπό μελέτη θέσεις, βρίσκονται μεταξύ των χωριών Καλαβασός, Τόχνη, Ψεματισμένος, Μαρώνι και Ζύγι. Οι περιοχές χαρακτηρίζονται από εκτεταμένες γυψούχες εξάρσεις, έκτασης 600ha περίπου. Βρίσκονται 30km νοτιοδυτικά της πόλης της Λάρνακας και 25km ανατολικά της πόλης της Λεμεσού. Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται ως τυπικό Μεσογειακό με μέση ετήσια βροχόπτωση 450mm. Το μέσο υψόμετρο είναι 150m και το ανάγλυφο είναι ήπιο με μικρούς λοφίσκους και ήπιες κλίσεις. Στην περιοχή συναντάμε πέντε φυσικούς τύπους οικοτόπων: 5330 - Θερμο-Μεσογειακοί θαμνώνες με *Genista fasselata*, 5420 - Φρύγανα της ανατολικής Μεσογείου, 9320 - Αείφυλλοι-σκληρόφυλλοι θαμνώνες με ελιά και χαρουπιά, 6220\* - Ψευδοστέπες με αγρωστώδη και μονοετή φυτά από *Thero-Brachypodietea* και σε μικρότερη έκταση τον οικοτόπο 1520\*- Γυψούχες στέπες.

Στην επαρχία Πάφου και συγκεκριμένα στα χωριά Λεμώνα, Χούλου, Λετύμβου και Αμαργέτη, παρόλο που υπάρχουν εκτεταμένες γυψούχες εξάρσεις, δεν έχει εντοπιστεί και καταγραφεί ο οικότοπος 1520\*- Γυψούχες στέπες, με τα χαρακτηριστικά γυψόφιλα είδη *Campanula fastigiata*, *Gypsophyla linearifolia* (Critically Endangered) και *Rostraria hadjikyriakou* (Endemic). Τα χωριά βρίσκονται περίπου 23km βορειοανατολικά της πόλης της Πάφου. Από τα δεδομένα που δόθηκαν από τη Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, ο μετεωρολογικός σταθμός του χωριού Λεμώνα έδειξε ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιοχής είναι 548 mm. Το μέσο υψόμετρο των πιο πάνω χωριών είναι 360 m. Το λοφώδες τοπίο κατακερματίζεται από το δίκτυο του ποταμού της Έζουσας. Από γεωλογικής άποψης κυριαρχούν οι αποθέσεις του σχηματισμού των Λευκάρων και οι γύψοι του σχηματισμού Καλαβασού.

**Πίνακας 3:** Υψόμετρα των περιοχών μελέτης, όπως καταγράφηκαν με τη χρήση GPS, κατά την εργασία πεδίου.

A/A	Περιοχές Μελέτης	Υψόμετρο (m)
1	Άλωνα	96
2	ΕΔΠ Ριζοελιάς	73
3	Μαρώνι	74
4	Μαρώνι	108
5	Μαρώνι	99
6	Ψεματισμένος	113
7	Μαρώνι	85
8	Άλωνα	94
9	ΕΔΠ Ριζοελιάς	72
10	ΕΔΠ Ριζοελιάς	86
11	Άλωνα	88
12	ΕΔΠ Ριζοελιάς	91
13	ΕΔΠ Ριζοελιάς	89
14	ΕΔΠ Ριζοελιάς	73
15	Αραδίτου	78
16	Κελιά	53
17	Κελιά	54
18	ΕΔΠ Ριζοελιάς	85
19	ΕΔΠ Ριζοελιάς	86
20	Λεμώνα	294
21	Λετύμβου	446
22	Καλαβασός-Τόχνη	121
23	Αλέκτορα	236

24	Κάτω Μονή	405
25	Αναφωτίδα	139
26	Αναφωτίδα	136
27	Τόχνη	162

**Πίνακας 4:** Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm) για 3 περιοχές μελέτης, από δεδομένα του Τμήματος Μετεωρολογίας.

A/A	Περιοχή	Μέση Ετήσια Βροχόπτωση (mm)
1	Αραδίπου	319
2	Καλαβασός	450
3	Λεμώνα	548

### 3.4 Μέθοδος συλλογής δεδομένων πεδίου

Κατά την εργασία πεδίου, όπου έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της περιόδου Μαρτίου 2019 μέχρι Ιουνίου 2021, πραγματοποιήθηκαν πολυάριθμες επισκέψεις στις 27 περιοχές μελέτης. Οι περιοχές εντοπίστηκαν με τη βοήθεια εδαφολογικού χάρτη, κλίμακας 1:560000, που ετοιμάστηκε από το Κέντρο Τηλεπισκόπησης και αναθεωρήθηκε το 2019 από τον Τομέα Γαιών και Χωρομετρίας του Τμήματος Δασών, του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Οι συντεταγμένες για κάθε θέση καταγράφηκαν με το δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης GPS Universal Transverse Mercator (UTM). Η καταγραφή της χλωρίδας έγινε με ολική χαρτογράφηση του πλούτου των ειδών. Οι επιφάνειες για κάθε θέση είχαν διαφορετική έκταση και αυτό λόγω της ιδιαιτερότητας των γυψούχων οικοσυστημάτων που έχουν περιορισμένη εξάπλωση στην Κύπρο και του κατακερματισμού του ενδιαιτήματος τους από ανθρώπινες επεμβάσεις. Στις 27 θέσεις καταγράφηκε η χλωριδική σύνθεση και η αφθονία των γυψόφυτων ειδών, με ολική καταμέτρηση του πληθυσμού τους. Για κάθε θέση καταγράφηκαν σε ειδικό έντυπο τα εξής στοιχεία:

- Περιοχή
- Όνομα οικογένειας
- Όνομα είδους ή υποείδους
- Ημερομηνία καταγραφής
- Συντεταγμένες θέσης
- Υψόμετρο
- Έκθεση
- Κλίση
- Απειλές-Πιέσεις

Για τον προσδιορισμό των φυτικών ειδών και υποειδών (taxa) χρησιμοποιήθηκε το σύγγραμμα Flora of Cyprus (Meikle, 1985), το Flora Europaea, η ιστοσελίδα Flora of Cyprus-a dynamic checklist, ο Οδηγός Αναγνώρισης και Χαρτογράφησης Οικοτόπων του Παραρτήματος I της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ στην Κύπρο (Δεληπέτρου & Χριστοδούλου, 2016), καθώς και το Ερμηνευτικό Εγχειρίδιο των Οικοτόπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Interpretation Manual of European Union Habitats - EUR28, 2013). Οι επισκέψεις σε όλες τις περιοχές για τους σκοπούς της χαρτογράφησης, καταγραφής και καταμέτρησης των φυτικών ειδών, πραγματοποιήθηκαν κατά την άνοιξη του 2019, 2020 και 2021, αφού τα γυψόφιλα είδη που υπάρχουν στην ελεύθερη Κύπρο είναι μονοετή φυτά που ανθίζουν τους μήνες μεταξύ Μαρτίου-Μαΐου και καρποφορούν Μάιο μέχρι Ιούνιο.

Η ταυτοποίηση των ειδών έγινε στο Βοτανολόγιο του Τμήματος Δασών του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, με τη βοήθεια των υπαλλήλων του Κλάδου Βιοποικιλότητας, του Τομέα Πάρκων και Περιβάλλοντος. Μετά την ολοκλήρωση της αναγνώρισης των φυτικών ειδών, δημιουργήθηκε πίνακας στο Microsoft Excel, όπου για κάθε taxa καταγράφηκε η οικογένεια, το επιστημονικό όνομα του είδους ή υποείδους, ο κύκλος ζωής (μονοετή, διετή, πολυετή φυτά), η κατηγορία κινδύνου σύμφωνα με την IUCN, ο ενδημισμός και τέλος η κατηγορία με βάση την εξάπλωσή τους στο γυψούχο υπόστρωμα. Τα διάφορα φυτικά είδη διαχωρίστηκαν σε πέντε κατηγορίες, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του Meyer (1986). Βάσει την εξάπλωσή τους στο γυψούχο υπόστρωμα διαχωρίστηκαν στα α) γυψόφιλα είδη (gypsophiles) τα οποία φύονται αποκλειστικά στα γυψούχα εδάφη, β) τα γυψόκλινα (gypsoclines) όπου εμφανίζονται κυρίως σε γύψο και σποραδικά σε άλλους τύπους εδαφών, γ) τα γυψοπλανόδια

(gypsovags) που αναπτύσσονται τόσο σε γυψούχο υπόστρωμα όσο και εκτός, δ) τα γυψοέρμια (waifs) τα οποία αναπτύσσονται σε άλλα εδάφη και σπάνια σε γύψο και τέλος ε) τα γυψόφοβα (gypsophobes) δηλαδή αυτά που δεν απαντούν ποτέ σε γυψούχα εδάφη. Στο Παράρτημα Α1 παρουσιάζεται ο χλωριδικός κατάλογος, καθώς και ο πίνακας με τις διάφορες κατηγορίες στις οποίες διαχωρίστηκαν τα φυτικά είδη και υποείδη.

### 3.5 Δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener

Υπάρχουν πάρα πολλές διαφορετικές μέθοδοι μέτρησης της βιοποικιλότητας οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικά αποτελέσματα και συμπεράσματα (Gaston & Spicer, 1998). Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζει κανείς εκ των προτέρων, ποια διάσταση της βιοποικιλότητας πρόκειται να ερευνηθεί και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να επιλέγεται ένας δείκτης εκτίμησης της βιοποικιλότητας μόνο και μόνο επειδή παράγει ελκυστικά αποτελέσματα (Magurran, 2004).

Στην παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή εφαρμόστηκε ο δείκτης ποικιλότητας Shannon – Wiener (H) για την εκτίμηση της ποικιλότητας των γυψόφυτων σε τρεις περιοχές, την Άλωνα, την Αραδίππου και την Τόχνη. Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης H, τόσο πιο πλούσιο σε ποικιλότητα είναι το οικοσύστημα που μελετάμε. Τα γυψόφυτα που καταγράφηκαν στην Κύπρο είναι πέντε, τρία γυψόφιλα και δύο γυψόκλινα. Για κάθε ένα από αυτά τα είδη καταγράφηκε η αφθονία των ειδών (species abundance), η οποία διαιρέθηκε με τον συνολικό πληθυσμό των γυψόφυτων που καταμετρήθηκε στην κάθε θέση. Στη συνέχεια το ημίλογο λογαριθμίζεται (ln) και τέλος οι δύο αυτοί αριθμοί πολλαπλασιάζονται και το άθροισμα τους θα μας δώσει τον δείκτη ποικιλότητας Shannon-Wiener. Ο τύπος για τη μέτρηση της ποικιλότητας είναι ο εξής:

$$H = \sum(p_i) \cdot (\ln p_i)$$

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού της ποικιλότητας των γυψόφυτων ειδών σε τρεις από τις περιοχές μελέτης, την Άλωνα, την Αραδίππου και την Τόχνη. Η επιλογή των συγκεκριμένων θέσεων, έγινε αφού σε αυτές τις θέσεις υπήρχε γυψούχο υπόστρωμα με τη μικροτερη διατάραξη, παρουσία συνεκτικής εδαφικής βιολογικής κρούστας και τη συνύπαρξη των χαρακτηριστικών γυψόφυτων ειδών της Κύπρου, σε μεγάλη αφθονία.

**Πίνακας 5:** Υπολογισμός του δείκτη ποικιλότητας Shannon–Wiener, για τις τρεις περιοχές, Άλωνα, Αραδίππου και Τόχνη.

<b>ALONA</b>				
Gypsophites	Abundance	pi	lnpi	(pi).(lnpi)
Gyps lin	73	0.42690058	-0.8512	-0.36338
			-	-
Camp fast	26	0.15204678	1.88357	-0.28639
			-	-
Rost had	50	0.29239766	1.22964	-0.35954
			-	-
Hern hem	9	0.05263158	2.94444	-0.15497
			-	-
Chaen rub	13	0.07602339	2.57671	-0.19589
	171	1.00		<b>-1.36017</b>
<b>ARADIPPOU</b>				
Gypsophites	Abundance	pi	lnpi	(pi).(lnpi)
			-	-
Gyps lin	1300	0.72262368	0.32487	-0.23476
Camp fast		0		
			-	-
Rost had	21	0.01167315	4.45046	-0.05195
			-	-
Hern hem	460	0.25569761	1.36376	-0.34871
			-	-
Chaen rub	18	0.01000556	4.60461	-0.04607
	1799	1.00		<b>-0.68149</b>
<b>KALAVASOS-TOCHNI</b>				
Gypsophites	Abundance	pi	lnpi	(pi).(lnpi)
			-	-
Gyps lin	800	0.59259259	0.52325	-0.31007
			-	-
Camp fast	300	0.22222222	1.50408	-0.33424
Rost had	250	0.18518519	-1.6864	-0.3123
Hern hem		0		0
Chaen rub		0		0
	1350	1.00		<b>-0.95661</b>

### 3.6 Συντελεστής «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen (Ss)

Στην παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή θα εφαρμοστεί ο συντελεστής ομοιότητας του Sorensen. Ο συντελεστής «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen (Ss) χρησιμοποιείται για

τη σύγκριση της ομοιότητας μεταξύ δύο συνόλων/κοινοτήτων/δειγμάτων. Ο συντελεστής Ss αφορά δεδομένα παρουσίας-απουσίας ειδών και υπολογίζεται με βάση τις συνιστώσες ομοιότητας/ανομοιότητας (matching/mismatching components) μεταξύ των επιφανειών δειγματοληψίας. Συνιστώσα ομοιότητας αποτελεί ο συνολικός αριθμός ειδών (α) που απαντά και στις δύο επιφάνειες, ενώ τις συνιστώσες ανομοιότητας αποτελούν ο συνολικός αριθμός ειδών (b) που απαντά μόνο στην πρώτη από τις δύο δειγματοληπτικές επιφάνειες και ο συνολικός αριθμός ειδών (c) που απαντά μόνο στη δεύτερη δειγματοληπτική επιφάνεια και όχι στην πρώτη. Στον συγκεκριμένο τύπο, στον αριθμητή είναι ο αριθμός των κοινών στοιχείων μεταξύ δύο συνόλων/κοινοτήτων/δειγμάτων και πολλαπλασιάζεται επί δύο φορές. Στον παρονομαστή είναι ο αριθμός των κοινών στοιχείων πολλαπλασιασμένος επί δύο, προσθέτοντας τον αριθμό των ειδών που είναι μοναδικά στο πρώτο σύνολο/δειγματοληπτική επιφάνεια και τον αριθμό των ειδών που είναι μοναδικά στο δεύτερο σύνολο/δειγματοληπτική επιφάνεια.

Ο τύπος είναι ο εξής:

$$Ss = 2a / (2a + b + c)$$

όπου

a= ο αριθμός των κοινών ειδών των επιφανειών/θέσεων/συνόλων 1 και 2

b= ο αριθμός των ειδών που είναι μοναδικά στην επιφάνεια/θέση/σύνολο 1

c= ο αριθμός των ειδών που είναι μοναδικά στην επιφάνεια/θέση/σύνολο 2

Ο πιο πάνω δείκτης ομοιότητας σχετίζεται θετικά με τη συνιστώσα α και λαμβάνει τιμές με μέγιστη τη μονάδα, εάν πρόκειται για πλήρη ομοιότητα μεταξύ των επιφανειών και ελάχιστο το μηδέν, εάν δεν υπάρχει κανένα κοινό στοιχείο μεταξύ των δύο επιφανειών που εξετάζονται. Στο Παράρτημα Α παρουσιάζονται οι πίνακες με τον υπολογισμό του αριθμού των κοινών ειδών, τον αριθμό των ειδών που είναι μοναδικά στην πρώτη θέση συγκριτικά με τη δεύτερη, τον αριθμό των ειδών που είναι μοναδικά στη δεύτερη θέση συγκριτικά με την πρώτη και τέλος ο πίνακας αποτελεσμάτων μετά την εφαρμογή του τύπου  $Ss = 2a / (2a + b + c)$  για κάθε ζεύγος δεδομένων.

Για να εκτιμήσουμε την ένταση της συσχέτισης ομοιότητας-απόστασης, υπολογίζουμε τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του Pearson (r). Ο συντελεστής Pearson παίρνει

τιμές μεταξύ -1 και 1. Ο υπολογισμός του συντελεστή Pearson και το διάγραμμα διασποράς έγιναν μέσω του προγράμματος Microsoft Excel, όπου λογαριθμίστηκε η απόσταση (LogD) και ο συντελεστής Ss προσθέτοντας μία μονάδα (LogSs + 1).

### **3.7 Σχέση αριθμού ειδών – έκτασης**

Η έκταση αποτελεί ένα βασικό παράγοντα για τον προσδιορισμό του αριθμού των ειδών που απαντούν σε μία περιοχή. Σύμφωνα με τη θεωρία της νησιώτικης βιογεωγραφίας, που προτάθηκε το 1967 από τους MacArthur και Wilson, ο πλούτος των ειδών τείνει να αυξάνεται όσο αυξάνεται η έκταση. Ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα, που καλείται η ΜΔ να απαντήσει, είναι κατά πόσο ισχύει η θεωρία των MacArthur και Wilson στην περίπτωση των γυψούχων οικοσυστημάτων. Για τον σκοπό αυτό, συλλέχθηκαν δεδομένα για τον αριθμό των φυτικών ειδών και την αφθονία των γυψόφυτων ειδών, από την εργασία πεδίου που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της άνοιξης του 2019-2021. Επίσης, είχα ληφθεί συντεταγμένες θέσης σε διάφορα σημεία περιμετρικά των επιφανειών μελέτης, με τη βοήθεια των οποίων υπολογίστηκαν οι εκτάσεις στο πρόγραμμα γραφικής απεικόνισης της γης Google Earth. Στη συνέχεια όλα τα δεδομένα καταχωρήθηκαν σε πίνακες στο πρόγραμμα λογιστικών φύλλων Microsoft Excel και διεξάχθηκαν τα γραφήματα που παρουσιάζονται στην Ενότητα 4.4.

## 3.8 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών - Principal Components Analysis (PCA)

Η μέθοδος Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών-PCA ανήκει στις μεθόδους πολυμεταβλητής ανάλυσης και αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο στις περιπτώσεις όπου συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός μεταβλητών. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής της PCA ερμηνεύτηκαν αφού πρώτα έγινε μία προεργασία.

- Ετοιμασία πίνακα με όλες τις μεταβλητές και τις παρατηρήσεις από κάθε θέση που μελετήθηκε, σε κωδικοποιημένη μορφή.
- Κατάρτιση της μήτρα των κατά ζεύγη συσχετίσεων των αρχικών μεταβλητών.
- Εκτίμηση των βαθμών των κύριων συνιστωσών. Ο βαθμός κάθε συνιστώσας προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των συντελεστών στάθμισης της κάθε μεταβλητής με την αρχική της τιμή.
- Συγκρότηση του πίνακα των συσχετίσεων των βαθμών των μεταβλητών με τις δύο κύριες συνιστώσες.
- Επιλογή του κατάλληλου αριθμού των συνιστωσών για περαιτέρω έρευνα, ελέγχοντας την σπουδαιότητα των ιδιοτιμών και του κρημνογραφήματος τους.
- Γραφική απεικόνιση των συσχετίσεων των μεταβλητών με τους δύο πρώτους κύριους άξονες.
- Δημιουργία γραφήματος διασποράς (υπό μορφή σημείων) στον επίπεδο χώρο που δημιουργούν οι δύο κύριες συνιστώσες.
- Ακολούθως γίνεται σύγκριση των δύο γραφημάτων, έτσι ώστε να υφίσταται αντιστοιχία μεταξύ θέσεων και μεταβλητών ανά τεταρτημόριο.
- Τέλος, πραγματοποιείται αναγνώριση των τάσεων ή των ομάδων με ομοειδή χαρακτηριστικά στο διάγραμμα απεικόνισης.

Το αποτέλεσμα της ανάλυσης κύριων συνιστωσών είναι μια γραφική αναπαράσταση της σχέσης μεταξύ των παραγόντων σε μια δισδιάστατη ή τρισδιάστατη απεικόνιση όπου η ομοιότητα μεταξύ τους καθώς και τα όμοια, εμφανίζονται πιο «κοντά» το ένα με το άλλο.

### 3.9 Ανάλυση Κανονιστικών Αντιστοιχιών – Canonical Correspondence Analysis (CCA)

Η τεχνική της ανάλυσης κανονιστικών αντιστοιχιών - CCA, προϋποθέτει την παρουσία δύο πινάκων με διαφορετικές ομάδες στοιχείων και έχει την ιδιότητα να συνδέει τον πίνακα της πρώτης ομάδας, με τον πίνακα της δεύτερης ομάδας. Στον κύριο πίνακα (πρώτη ομάδα μεταβλητών) οι σειρές αφορούν τις θέσεις μελέτης ενώ οι στήλες τα είδη. Το ρόλο της εξαρτημένης μεταβλητής παίρνουν τα δεδομένα παρουσίας-απουσίας ειδών στην κάθε μία από τις 27 θέσεις που μελετήθηκαν. Στο δεύτερο πίνακα, οι σειρές αφορούν τις θέσεις μελέτης, ενώ οι στήλες αντικαθίστανται από τα περιβαλλοντικά στοιχεία, που παίρνουν το ρόλο των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Στην CCA γίνεται αμοιβαία σχετικοποίηση στον πίνακα των ειδών, όπου διαιρείται η τιμή κάθε στήλης με το άθροισμα όλων των τιμών επί εκατό. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τις γραμμές του πίνακα και προκύπτει η μεσοστάθμιση των στοιχείων. Στη συνέχεια αυτές οι τιμές τυποποιούνται αφαιρώντας κάθε τιμή από το μέσο όρο και διαιρώντας με τη τυπική απόκλιση. Απαιτείται η τυποποίηση των μεταβλητών, εξαιτίας της διαφορετικής μονάδας μέτρηση τους, ώστε να αποκτήσουν μέσο όρο 0 και τυπική απόκλιση 1. Στη συνέχεια εκτελείται παλινδρόμηση της κάθε μεταβλητής του πρώτου πίνακα με τον δεύτερο πίνακα και υπολογίζονται οι προσαρμοσμένες τιμές των μεταβλητών απόκρισης με τη χρήση της πολλαπλής παλινδρόμησης. Ακολούθως, εφαρμόζεται η PCA στον πίνακα θέσεων-αβιοτικών μεταβλητών, στον οποίο περιέχονται οι προσαρμοσμένες πλέον τιμές. Τέλος, γίνεται εκτίμηση των συντελεστών οι οποίοι εξάγουν τις τιμές των θέσεων στο χώρο που ορίζονται από το δεύτερο πίνακα.

Τα αποτελέσματα της CCA παρίστανται γραφικά με την απεικόνιση των χωροδιαγραμμάτων σε διγραφήματα (biplots) και τριγραφήματα (triplots). Αυτά είναι γραφήματα διασποράς, στα οποία περιγράφονται τα δείγματα, οι εξαρτημένες μεταβλητές και οι επεξηγηματικές μεταβλητές (Gower & Hand, 1996).

### **3.10 Ανάλυση συστάδων - Cluster analysis**

Η λειτουργία της Ανάλυσης συστάδων στηρίζεται στη συνένωση στοιχείων χρησιμοποιώντας ως μέτρο σύνδεσης την ομοιότητα. Αποτέλεσμα είναι η δημιουργία δενδρογράμματος από το οποίο μπορεί εύκολα να γίνει η διάκριση των ομάδων για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Τα στοιχεία της έρευνας καταγράφηκαν σε ένα λογιστικό φύλλο. Οι θέσεις μελέτης αποτελούσαν τις στήλες και οι μεταβλητές τις σειρές. Η ομοιότητα των παρατηρήσεων προσεγγίζεται εκτιμώντας την απόσταση μεταξύ δύο θέσεων. Για τη μέτρηση της ομοιότητας χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής ποιοτικής ομοιότητας του Sorensen (Ss). Η ομαδοποίηση των στοιχείων εφαρμόστηκε στους πίνακες ομοιότητας διπλής κατεύθυνσης (Πίνακας 16). Η σύνδεση των ομάδων μεταξύ τους υπολογίστηκε με βάση τον πίνακα ομοιότητας, με την επιλογή της μεθόδου διασύνδεσης «Μη σταθμισμένη κατά ζεύγη μέση διασύνδεση - Απόσταση μέσων σημείων» (UPGMA -unweighted pair-group average linkage), όπου τα συμπλέγματα ενώνονται με βάση τη μέση απόσταση μεταξύ όλων των ζευγών των στοιχείων στις δύο διαφορετικές ομάδες. Οι τέσσερις θέσεις στις οποίες δεν εντοπίστηκε κανένα από τα χαρακτηριστικά γυψόφυτα (A20, A21, A23 και A26) αφαιρέθηκαν από τον πίνακα ομοιότητας. Αποτέλεσμα της ταξινόμησης ήταν η δημιουργία του δενδρογράμματος, στο οποίο εύκολα διακρίνονται οι ομάδες.

## **Κεφάλαιο 4**

# Αποτελέσματα

Η γνώση της χλωρίδας και γενικότερα της βλάστησης μίας περιοχής, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία ορθολογικής διαχείρισης και προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος. Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή συμβάλλει στην απόκτηση μίας πληρέστερης εικόνας για τη χλωρίδα και βλάστηση των γυψούχων οικοσυστημάτων της Κύπρου, με τη δημιουργία χλωριδικού καταλόγου και τη χλωριδική και στατιστική ανάλυση τους για τη διεξαγωγή αποτελεσμάτων. Στο Κεφάλαιο 4 δίνονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων που έχουν περιγραφεί στο Κεφάλαιο 3 - Μεθοδολογία. Η δομή των ενοτήτων ακολουθεί την ίδια σειρά με τη δομή του προηγούμενου κεφαλαίου για ευκολότερη σύγκριση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα δίνονται τόσο περιγραφικά, όσο και μέσα από διαγράμματα και πίνακες.

## 4.1 Χλωριδική Ανάλυση

Στις 27 περιοχές μελέτης καταγράφηκαν συνολικά 98 φυτικά είδη και υποείδη, τα οποία κατανέμονται σε 34 οικογένειες. Οι πολυπληθέστερες σε αριθμό ειδών οικογένειες είναι η Asteraceae με 17 taxa (17,34%), ακολουθούν οι Fabaceae και Poaceae με 9 taxa έκαστος (9,18%) και οι οικογένειες Amaryllidaceae, Boraginaceae και Cistaceae με 5 taxa η κάθε μία (5,10%). Τα αποτελέσματα αυτά σχηματικά απεικονίζονται στο Γράφημα 1.

Εντοπίστηκε και καταγράφηκε για πρώτη φορά γυψόφιλη βλάστηση στις περιοχές Ψεματισμένος, Καλαβασός, Τόχνη, Μαρώνι, Κελιά και Αναφωτίδα. Στις συγκεκριμένες περιοχές υπάρχει το γυψούχο υπόστρωμα.

Σύμφωνα με την παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή, στην ελεύθερη Κύπρο έχουν εντοπιστεί τρία γυψόφιλα είδη, η *Campanula fastigiata*, η *Gypsophila linearifolia* (Κρισίμως Κινδυνεύον) και η *Rostraria hadjikyriakou* (Ενδημικό), δύο γυψόκλινα είδη το *Chaenorhinum rubrifolium* (Κινδυνεύον) και η *Herniaria hemistemon* (Εύτρωτο), είκοσι γυψοπλανόδια και εβδομήντα τρία γυψοέρμια.

Εντοπίστηκε και καταγράφηκε για πρώτη φορά το νέο ενδημικό είδος για την Κύπρο *Rostraria hadjikyriakou*, σε πέντε περιοχές, στο Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς, στην περιοχή μεταξύ

Καλαβασού-Τόχνης, στο Μαρώνι, στην Άλωνα (περιοχή που γειτνιάζει με το Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς) και στην Αραδίππου.

Σε περιοχές με άλλο τύπο εδάφους, δεν εντοπίστηκε κανένα από τα χαρακτηριστικά γυψόφιλα είδη της Κύπρου, ενώ εντοπίστηκαν γυψόκλινα και γυψοπλανόδια είδη. Γυψόφιλα είδη εντοπίστηκαν μόνο σε θέσεις με γυψούχο υπόστρωμα. Οι περιοχές που μελετήθηκαν με διαφορετικό τύπο υποστρώματος, γειτνιάζαν με τις υπό μελέτη περιοχές όπου εντοπίστηκαν τα γυψόφυτα.

Έχουν καταγραφεί εννέα ενδημικά είδη, πέντε ενδημικά υποείδη και τρία εγγύς ενδημικά. Τα ενδημικά είδη είναι τα *Anthemis tricolor*, *Asperula cypria*, *Astragalus cyprius*, *Bupleurum sintenisii*, *Helianthemum obtusifolium*, *Hyacinthella millingenii*, *Onobrychis venosa*, *Rostraria hadjikyriakou* και *Teucrium micropodioides*. Τα *Allium cupani* subsp. *cyprium*, *Allium cyprium* subsp. *lefkarensis*, *Biscutella didyma* subsp. *dunensis*, *Ptilostemon chamaepeuce* subsp. *cyprius*, *Sedum eriocarpum* subsp. *porphyreum* αποτελούν ενδημικά υποείδη, ενώ τα *Allium junceum*, *Lithodora hispidula* subsp. *versicolor* και *Onosma fruticosa* είναι εγγύς ενδημικά.

Επίσης, προέκυψε ότι 51 είδη και υποείδη που καταγράφηκαν στις υπό μελέτη περιοχές είναι πολυετή, 45 μονοετή ενώ 2 είναι διετή.

Τα 96 είδη και υποείδη που εντοπίστηκαν σε γυψούχο υπόστρωμα είναι ιθαγενή, δηλαδή είδη χλωρίδας που αυτοφύονται στην Κύπρο, ενώ δύο, το είδος *Oxalis pes-caprae* και το είδος *Acacia saligna* είναι χωροκατακτητικά ξενικά είδη, δηλαδή είδη που εισάχθηκαν σκόπιμα ή ηθελημένα και η εξάπλωση τους επηρεάζει δυσμενώς τη βιοποικιλότητα του τόπου ή μπορεί να προκαλέσουν οικονομικές ζημιές.

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται τα φυτικά είδη και υποείδη που καταγράφηκαν σε όλες τις περιοχές/θέσεις μελέτης, η οικογένεια στην οποία ανήκουν, ο κύκλος ζωής τους, η κατηγορία με βάση την εξάπλωση τους στο γυψούχο υπόστρωμα, ο ενδημισμός και η κατηγορία κινδύνου σύμφωνα με την IUCN.



**Πίνακας 6:** Φυτικά είδη και υποείδη που καταγράφηκαν στις περιοχές με γυψούχο υπόστρωμα.

Species of vascular plants present on gypsum outcrops in Cyprus	Family	Life Cycle	Category	Status	Endemism	IUCN
<i>Acacia saligna</i>	<i>Fabaceae</i>	Perennial	Waif	Naturalized invasive (NA)		
<i>Allium ampeloprasum</i>	<i>Amaryllidaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Allium cupani subsp. cyprium</i>	<i>Amaryllidaceae</i>	Perennial	Gypsovag	Indigenous (IN)	√	
<i>Allium curtum</i>	<i>Amaryllidaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Allium cyprium subsp. lefkarensis</i>	<i>Amaryllidaceae</i>	Perennial	Gypsovag	Indigenous (IN)	√	
<i>Allium junceum</i>	<i>Amaryllidaceae</i>	Perennial	Gypsovag	Indigenous (IN)	near-endemic	
<i>Anagallis arvensis</i>	<i>Primulaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Anchusa aegyptiaca</i>	<i>Boraginaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Anemone coronaria</i>	<i>Ranunculaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Anthemis tricolor</i>	<i>Asteraceae</i>	Perennial	Gypsovag	Indigenous (IN)	√	
<i>Asparagus horridus</i>	<i>Asparagaceae</i>	Perennial	Gypsovag	Indigenous (IN)		
<i>Asperula cypria</i>	<i>Rubiaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)	√	
<i>Asphodelus ramosus</i>	<i>Xanthorrhoeaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Asterolinon linum-stellatum</i>	<i>Primulaceae</i>	Annual	Gypsovag	Indigenous (IN)		
<i>Astragalus cyprius</i>	<i>Fabaceae</i>	Perennial	Gypsovag	Indigenous (IN)	√	
<i>Atractylis cancellata</i>	<i>Asteraceae</i>	Annual	Gypsovag	Indigenous (IN)		
<i>Avena sp.</i>	<i>Poaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Biscutella didyma subsp. dunensis</i>	<i>Brassicaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)	√	
<i>Bromus sp.</i>	<i>Poaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Bupleurum sintenisii</i>	<i>Apiaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)	√	
<i>Calendula arvensis</i>	<i>Asteraceae</i>	annual/biennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Campanula fastigiata</i>	<i>Campanulaceae</i>	Annual	Gypsophile	Indigenous (IN)		
<i>Capparis spinosa</i>	<i>Capparaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		

<i>Carthamus lanatus subsp. baeticus</i>	<i>Asteraceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Centaurea aegialophila</i>	<i>Asteraceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Centaureum pulchellum subsp. pulchellum</i>	<i>Gentianaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Chaenorhinum rubrifolium</i>	<i>Plantaginaceae</i>	Annual	Gypsocline	Indigenous (IN)		D1- Endangered
<i>Cistus creticus subsp. eriocephalus</i>	<i>Cistaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Convolvulus althaeoides</i>	<i>Convolvulaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Crepis foetida subsp. foetida</i>	<i>Asteraceae</i>	Annual	Gypsovag	Indigenous (IN)		
<i>Crucianella latifolia</i>	<i>Rubiaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Crupina crupinastrum</i>	<i>Asteraceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Daucus guttatus</i>	<i>Apiaceae</i>	Biennial	Waif	Indigenous (IN)		D2- Vulnerable
<i>Drimia aphylla</i>	<i>Asparagaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Echium angustifolium subsp. angustifolium</i>	<i>Boraginaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Erodium crassifolium subsp. crassifolium</i>	<i>Boraginaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		D2- Vulnerable
<i>Fagonia cretica</i>	<i>Zygophyllaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Ferula communis subsp. communis</i>	<i>Apiaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Filago eriocephala</i>	<i>Asteraceae</i>	Annual	Gypsovag	Indigenous (IN)		
<i>Filago eriosphaera</i>	<i>Asteraceae</i>	Annual	Gypsovag	Indigenous (IN)		
<i>Fumana arabica</i>	<i>Cistaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Fumana thymifolia</i>	<i>Cistaceae</i>	Perennial	Gypsovag	Indigenous (IN)		
<i>Galium setaceum</i>	<i>Rubiaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Gagea fibrosa</i>	<i>Liliaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Glebionis coronaria</i>	<i>Asteraceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Gypsophila linearifolia</i>	<i>Caryophyllaceae</i>	Annual	Gypsophile	Indigenous (IN)		B1ab(iii)+2ab(iii) C2a(ii) - Critically endangered
<i>Helianthemum obtusifolium</i>	<i>Cistaceae</i>	Perennial	Gypsovag	Indigenous (IN)	√	
<i>Helianthemum salicifolium</i>	<i>Cistaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Helichrysum stoechas subsp. barrelieri</i>	<i>Asteraceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Herniaria hemistemon</i>	<i>Caryophyllaceae</i>	Perennial	Gypsocline	Indigenous (IN)		D1 D2 - Vulnerable

<i>Hippocrepis ciliata</i>	<i>Fabaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i>	<i>Fabaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Hyacinthella millingenii</i>	<i>Asparagaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)	√	
<i>Hyparrhenia hirta</i>	<i>Poaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Hypochaeris achyrophorus</i>	<i>Asteraceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Lagurus ovatus</i>	<i>Poaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Lithodora hispidula subsp. versicolor</i>	<i>Boraginaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)	near-endemic	
<i>Malva sylvestris</i>	<i>Malvaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Mandragora officinarum</i>	<i>Solanaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Medicago monspeliaca</i>	<i>Fabaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Minuartia picta</i>	<i>Caryophyllaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Noaea mucronata</i>	<i>Chenopodiaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Onobrychis venosa</i>	<i>Fabaceae</i>	Perennial	Gypsovag	Indigenous (IN)	√	
<i>Ononis pubescens</i>	<i>Fabaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Onosma fruticosa</i>	<i>Boraginaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)	near-endemic	
<i>Orchis pyramidalis</i>	<i>Orchidaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Orobanche ramosa</i>	<i>Orobanchaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Oxalis pes-caprae</i>	<i>Oxalidaceae</i>	Perennial	Waif	Naturalized invasive (NA)		
<i>Parapholis incurva</i>	<i>Poaceae</i>	Annual	Gypsovag	Indigenous (IN)		
<i>Parentucellia latifolia subsp. flaviflora</i>	<i>Orobanchaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Phagnalon rupestre</i>	<i>Asteraceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Piptatherum miliaceum subsp. miliaceum</i>	<i>Poaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Pistacia lentiscus</i>	<i>Anacardiaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Plantago afra</i>	<i>Plantaginaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Plantago bellardii</i>	<i>Plantaginaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Plantago cretica</i>	<i>Plantaginaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		

<i>Ptilostemon chamaepeuce subsp. cyprius</i>	<i>Asteraceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)	v	
<i>Ranunculus cytheraeus</i>	<i>Ranunculaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Reichardia intermedia</i>	<i>Asteraceae</i>	Annual	Gypsovag	Indigenous (IN)		
<i>Rhamnus lycioides subsp. graeca</i>	<i>Rhamnaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Romulea tempskyana</i>	<i>Iridaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Rostraria hadjikyriakou</i>	<i>Poaceae</i>	Annual	Gypsophile	Indigenous (IN)	new endemic	
<i>Sarcopoterium spinosum</i>	<i>Rosaceae</i>	Perennial	Waifs	Indigenous (IN)		
<i>Sedum eriocarpum subsp. porphyreum</i>	<i>Crassulaceae</i>	Annual	Gypsovag	Indigenous (IN)	v	
<i>Sedum microcarpum</i>	<i>Crassulaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Sedum sediforme</i>	<i>Crassulaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Senecio vulgaris</i>	<i>Asteraceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Sinapis arvensis</i>	<i>Brassicaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Stipa capensis</i>	<i>Poaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Sulla spinosissima</i>	<i>Fabaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Taeniatherum caput-medusae subsp. crinitum</i>	<i>Fabaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Teucrium micropodioides</i>	<i>Lamiaceae</i>	Perennial	Gypsovag	Indigenous (IN)	v	
<i>Thymbra capitata</i>	<i>Lamiaceae</i>	Perennial	Gypsovag	Indigenous (IN)		
<i>Thymelaea tartonraira subsp. argentea</i>	<i>Thymelaeaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Valantia hispida</i>	<i>Rubiaceae</i>	Annual	Gypsovag	Indigenous (IN)		
<i>Vulpia sp.</i>	<i>Poaceae</i>	Annual	Waif	Indigenous (IN)		
<i>Ziziphus lotus</i>	<i>Rhamnaceae</i>	Perennial	Waif	Indigenous (IN)		

## 4.2 Δείκτης ποικιλότητας Shannon–Wiener

Για τον υπολογισμό της ποικιλότητας των γυψόφυτων ειδών της Κύπρου, εφαρμόστηκε ο δείκτης ποικιλότητας Shannon – Wiener (H). Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης H, τόσο πιο πλούσιο σε ποικιλότητα είναι το οικοσύστημα που μελετάμε. Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του δείκτη H, για τρεις από τις περιοχές μελέτης, την Άλωνα, την Αραδίππου και την Τόχνη.

**Πίνακας 7:** Αποτελέσματα του δείκτη ποικιλότητας Shannon–Wiener, για τις τρεις περιοχές, Άλωνα, Αραδίππου και Τόχνη.

<b>ALONA</b>				
Gypsophites	Abundance	pi	lnpi	(pi).(lnpi)
Gyps lin	73	0.42690058	-0.8512	-0.36338
			-	-
Camp fast	26	0.15204678	1.88357	-0.28639
			-	-
Rost had	50	0.29239766	1.22964	-0.35954
			-	-
Hern hem	9	0.05263158	2.94444	-0.15497
			-	-
Chaen rub	13	0.07602339	2.57671	-0.19589
	171	1.00		<b>-1.36017</b>
<b>ARADIPPOU</b>				
Gypsophites	Abundance	pi	lnpi	(pi).(lnpi)
Gyps lin	1300	0.72262368	0.32487	-0.23476
Camp fast		0		-
			-	-
Rost had	21	0.01167315	4.45046	-0.05195
			-	-
Hern hem	460	0.25569761	1.36376	-0.34871
			-	-
Chaen rub	18	0.01000556	4.60461	-0.04607
	1799	1.00		<b>-0.68149</b>
<b>KALAVASOS-TOCHNI</b>				
Gypsophites	Abundance	pi	lnpi	(pi).(lnpi)
Gyps lin	800	0.59259259	0.52325	-0.31007
			-	-
Camp fast	300	0.22222222	1.50408	-0.33424
Rost had	250	0.18518519	-1.6864	-0.3123
Hern hem		0		0

Chaen rub		0	0
	1350	1.00	<b>-0.95661</b>

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η Άλωνα παρουσιάζει την υψηλότερη ποικιλότητα ( $H=1.36017$ ) συγκριτικά με την Αραδίππου ( $H=0.68149$ ) και την Τόχνη ( $H=0.95661$ ). Επίσης, φαίνεται ότι παρόλο που η αφθονία των γυψόφυτων στην περιοχή της Αραδίππου ήταν πολύ μεγαλύτερη (1799 άτομα) από τις άλλες δύο περιοχές (Τόχνη 1350 άτομα, Άλωνα 171 άτομα), εντούτοις η ποικιλότητα ήταν η μικρότερη σε αριθμό ( $H=0,68149$ ).

### 4.3 Συντελεστής «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen (Ss)

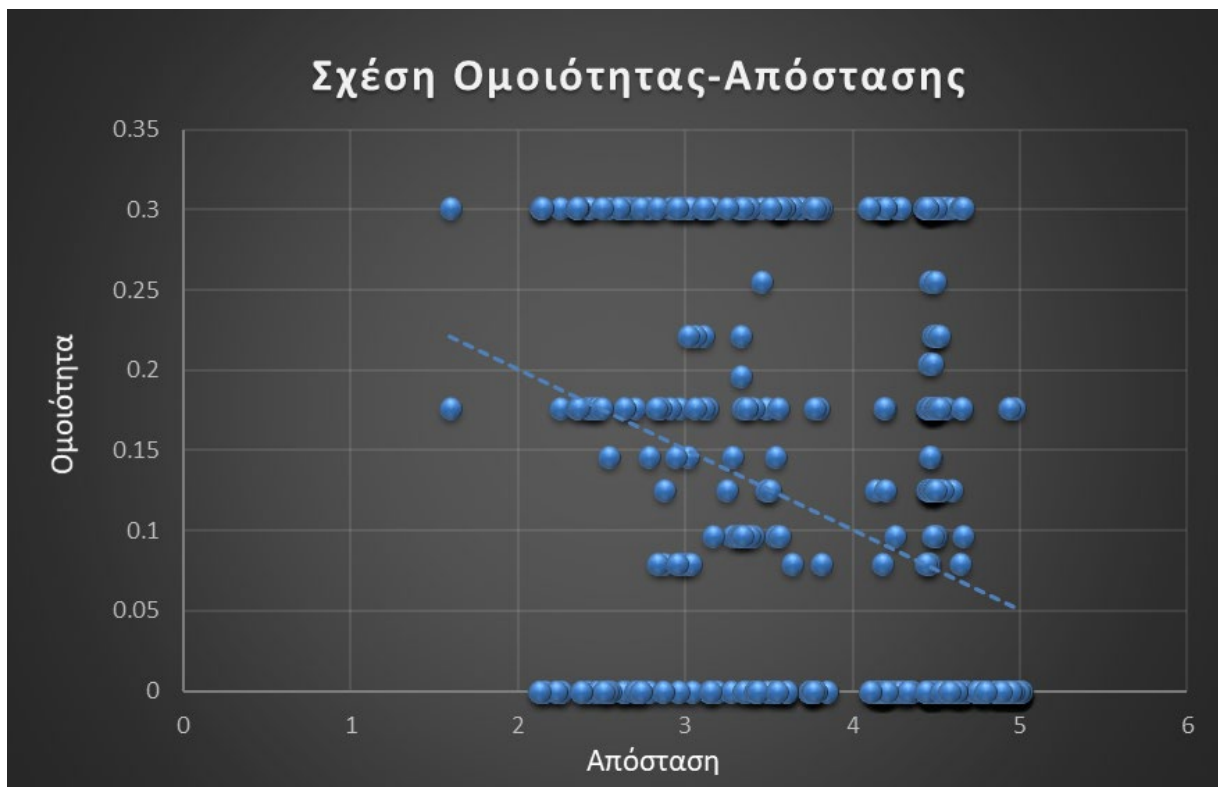
Ο συντελεστής «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen (Ss) χρησιμοποιείται για τη σύγκριση της ομοιότητας μεταξύ δύο συνόλων. Στον πίνακα 13 του Παραρτήματος, καταγράφεται ο αριθμός των κοινών ειδών των επιφανειών/θέσεων 1 και 2, στον πίνακα 14 ο αριθμός των ειδών που είναι μοναδικά στη θέση 1 και στον πίνακα 15 ο αριθμός των ειδών που είναι μοναδικά στη θέση 2. Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τον συντελεστή «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen (Ss), μετά από εφαρμογή του τύπου στα ζεύγη όλων των πιθανών συνδυασμών των 27 επιφανειών/θέσεων, όπου συλλέχθηκαν στοιχεία που αφορούν την γυψόφιλη βλάστηση.

Επιπρόσθετα, για κάθε ζεύγος θέσεων, εκτός από τον συντελεστή «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen, υπολογίστηκαν και οι αποστάσεις μεταξύ όλων των συνδυασμών θέσεων. Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζεται δείγμα των αποτελεσμάτων υπολογισμού της απόστασης μεταξύ των θέσεων, καθώς και του συντελεστή Ss.

Ο συντελεστής «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen (Ss) λαμβάνει τιμές με μέγιστη τη μονάδα, όταν πρόκειται για πλήρη ομοιότητα μεταξύ των θέσεων και ελάχιστο το μηδέν, όταν πρόκειται για πλήρη ανομοιότητα, δηλαδή όταν δεν υπάρχουν κοινά είδη μεταξύ των δύο συγκρινόμενων θέσεων.

**Πίνακας 8:** Συντελεστής ομοιότητας Sorensen και απόσταση για κάθε ζεύγος των υπό μελέτη θέσεων.

FROM	TO	SS	D
1	2	0.00	1547.415203223550000
1	3	0.00	28954.062181073200000
1	4	0.00	28354.636526908100000
1	5	0.00	27931.035969181700000
1	6	0.50	27773.072711385200000
1	7	0.00	28392.869988989200000
1	8	0.33	749.248202975408000
1	9	1.00	1249.645430235830000
1	10	0.00	1399.896581352640000
1	11	0.00	901.571939855566000
1	12	0.67	1280.530257357580000
1	13	0.67	1144.720858311930000
1	14	1.00	1375.474676843140000
1	15	0.40	3439.120402609310000
1	16	1.00	4894.429243865790000
1	17	0.00	7063.259545571360000
1	18	1.00	1056.405340236870000
1	19	1.00	1271.526290421660000
1	20	0.00	92664.611447679300000
1	21	0.00	96669.529800679500000
1	22	0.50	29692.891501826800000
1	23	0.00	85101.655960451100000
1	24	0.00	44505.020813229700000
1	25	1.00	14454.027889440900000
1	26	0.00	14226.177564897000000
1	27	1.00	26517.328649291800000
2	1	0.00	1547.415203223550000
2	2	X	X
2	3	0.50	30495.543344950000000
2	4	0.00	29892.479596948400000
2	5	0.00	29467.806333173000000
2	6	0.50	29301.910161964000000



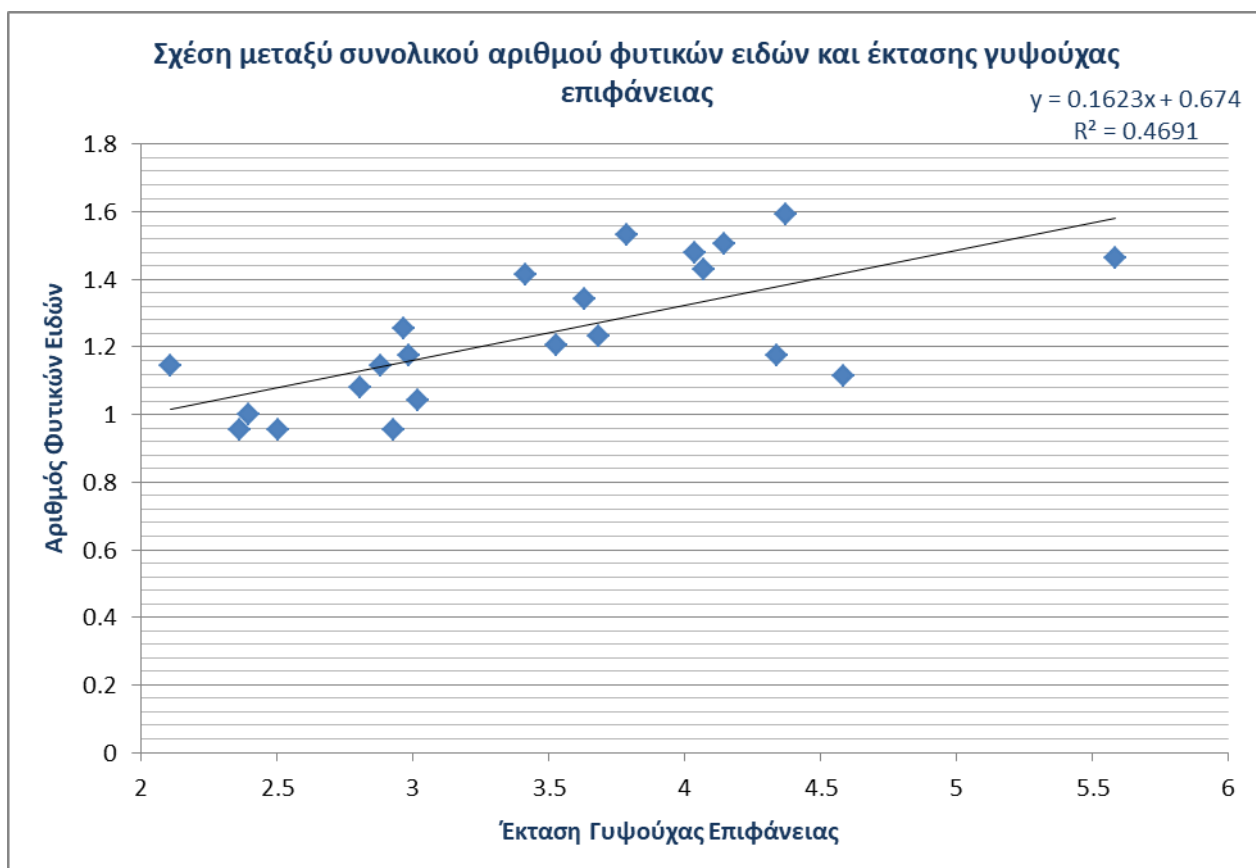
**Γράφημα 2:** Σχηματική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ Ομοιότητας και Απόστασης των θέσεων όπου εντοπίστηκαν τα γυψόφυτα.

Εφαρμόζοντας τον συντελεστή συσχέτισης (correlation coefficient) Pearson  $r$  προέκυψε το πιο πάνω διάγραμμα διασποράς. Στον άξονα των  $X$  παρουσιάζεται η απόσταση των υπό μελέτη γυψούχων επιφανειών, ενώ στον άξονα των  $Y$  παρουσιάζεται η ομοιότητα των θέσεων με βάση τα γυψόφυτα είδη που καταγράφηκαν, όπως υπολογίστηκε εφαρμόζοντας τον τύπο  $S_s = 2a / (2a + b + c)$ . Το διάγραμμα διασποράς υποδεικνύει την ασθενή συσχέτιση μεταξύ Ομοιότητας και Απόστασης των θέσεων όπου εντοπίστηκαν τα γυψόφυτα. Δηλαδή η αύξηση της απόστασης δεν έδειξε να επηρεάζει την ομοιότητα των θέσεων. Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson  $r$  λαμβάνει τιμές μεταξύ  $-1$  και  $1$ . Στη συγκεκριμένη περίπτωση το  $r=0,3$  που συνεπάγεται ότι διαφαίνεται ασθενής συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών και το αποτέλεσμα είναι στατιστικά σημαντικό.

#### 4.4 Σχέση αριθμού ειδών – έκτασης

Σύμφωνα με τη θεωρία της νησιώτικης βιογεωγραφίας, που προτάθηκε το 1967 από τους MacArthur και Wilson, ο πλούτος των ειδών (species richness) τείνει να αυξάνεται όσο αυξάνεται η έκταση. Ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα, που καλείται η ΜΔ να απαντήσει, είναι κατά πόσο ισχύει η θεωρία των MacArthur και Wilson στην περίπτωση

των γυψούχων οικοσυστημάτων. Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στο πεδίο και καταχωρήθηκαν σε πίνακες στο πρόγραμμα λογιστικών φύλλων Microsoft Excel, διεξάχθηκαν τα γραφήματα που παρουσιάζονται πιο κάτω.



**Γράφημα 3:** Σχηματική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ αριθμού ειδών και έκταση επιφάνειας στην περίπτωση των γυψούχων οικοσυστημάτων.

Στον άξονα των X παρουσιάζεται η έκταση της υπό μελέτης γυψούχας επιφάνειας η οποία αποτελεί την ανεξάρτητη μεταβλητή, ενώ στον άξονα των Y παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός των φυτικών ειδών που καταγράφηκε εντός της επιφάνειας. Ο αριθμός των φυτικών ειδών αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή. Το  $r^2$  δηλαδή το τετράγωνο του συντελεστή συσχέτισης είναι 0,46 άρα το 46% της διασποράς στα δεδομένα ερμηνεύεται από το γραμμικό μοντέλο.

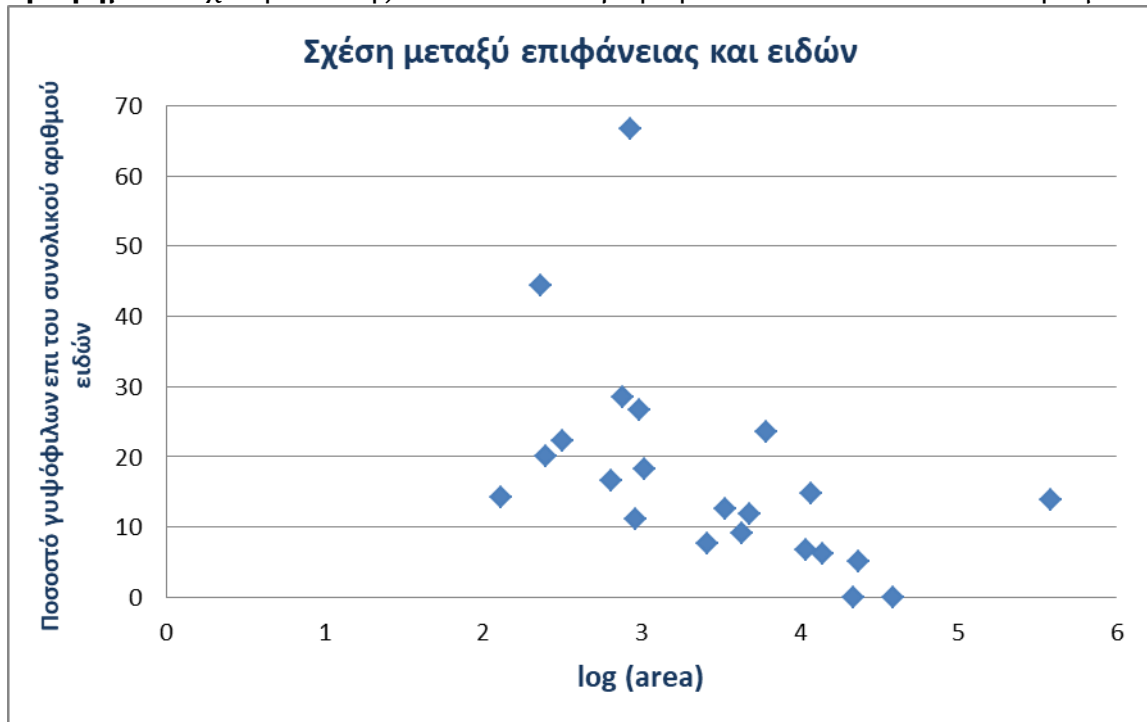
Η θετική κλίση της ευθείας ερμηνεύεται ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ του συνολικού αριθμού φυτικών ειδών και της έκτασης γυψούχας επιφάνειας, δηλαδή όσο αυξάνεται η έκταση αυξάνεται και ο συνολικός αριθμός των φυτικών ειδών.



**Γράφημα 4:** Σχηματική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ αριθμού των γυψόφυτων και της έκτασης της γυψούχας επιφάνειας.

Στον άξονα των X παρουσιάζεται η έκταση της υπό μελέτης γυψούχας επιφάνειας η οποία αποτελεί την ανεξάρτητη μεταβλητή, ενώ στον άξονα των Ψ παρουσιάζεται ο συνολικός πληθυσμός των γυψόφυτων ατόμων που καταγράφηκε εντός της επιφάνειας. Ο αριθμός των γυψόφυτων ατόμων αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή. Από το γράφημα φαίνεται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του συνολικού πληθυσμού των γυψόφυτων ατόμων και της έκτασης της γυψούχας επιφάνειας.

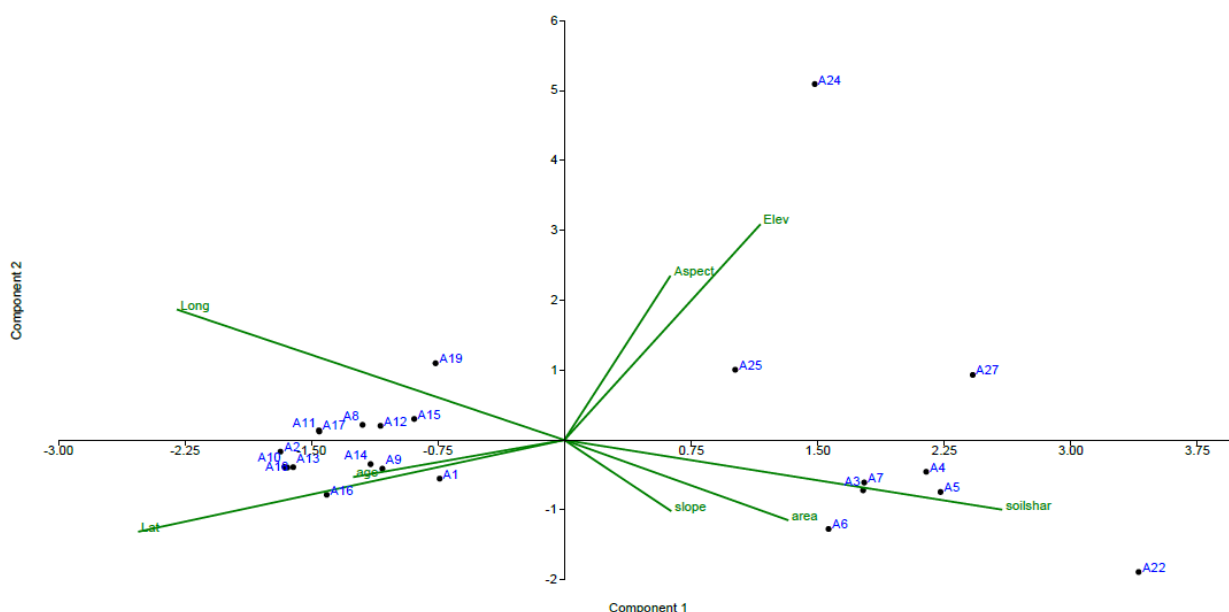
**Γράφημα 5:** Σχέση έκτασης και ποσοστού γυψόφιλων επί του συνολικού αριθμού των



ειδών.

Λογαριθμίζοντας την έκταση (άξονας X) και τον πληθυσμό των γυψόφυτων ατόμων (άξονας Ψ), έχουμε το πιο πάνω γράφημα όπου απεικονίζει την αρνητική συσχέτιση μεταξύ έκτασης και ποσοστού γυψόφιλων ειδών επί του συνολικού αριθμού ειδών.

## 4.5 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών – Principal Components Analysis (PCA)



**Γράφημα 6:** Αποτέλεσμα της διαστασιομείωσης των Κύριων Συνιστωσών.

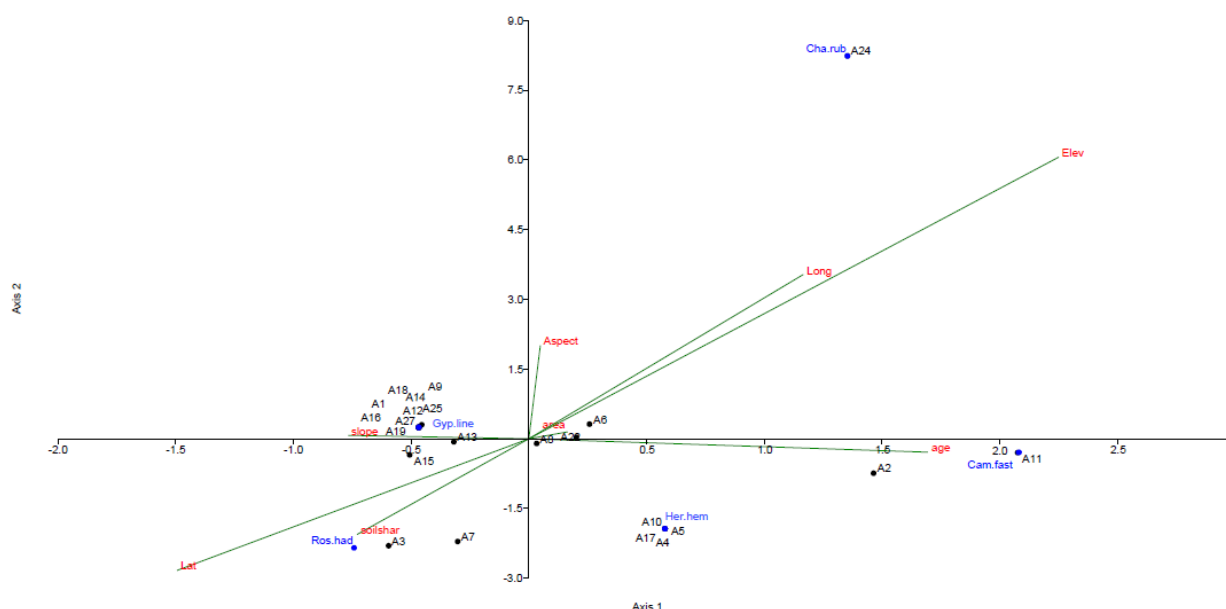
**Πίνακας 9:** Διακύμανση μεταβλητών.

PC	Eigenvalue	% variance
1	286,988	35,873
2	171,596	21,449
3	10,635	13,294
4	0.948457	11,856
5	0.777197	9,715
6	0.592327	74,041
7	0.0204939	0.25617
8	0.0121896	0.15237

Σε ότι αφορά την ανάλυση των κύριων συνιστωσών, από τον Πίνακα 9 υποδεικνύεται ότι οι δύο πρώτες συνιστώσες ερμηνεύουν το 57,32% της διακύμανσης. Το μήκος των γραμμών δείχνει το βαθμό της συσχέτισης μεταξύ των αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων. Με βάση το διάγραμμα (ordination diagram) διακρίνονται δύο ομάδες με κοινά χαρακτηριστικά. Μία ομάδα αποτελούν οι θέσεις A4, A5, A3, A7 και A6. Η δεύτερη ομάδα αφορά τις θέσεις A11, A8, A15, A12, A17, A10, A9, A1 και A16. Η A24 είναι

μεμονωμένη θέση η οποία επηρεάζεται από το υψόμετρο. Στην πρώτη ομάδα θέσεων έχει σημασία η σκληρότητα του εδάφους, ενώ στη δεύτερη ομάδα θέσεων παίζει ρόλο η γεωγραφική θέση. Η μεταβλητή που κυριαρχεί στον άξονα x είναι η σκληρότητα του υποστρώματος (soil hardness). Η αντίθετη φορά μεταξύ των μεταβλητών soil hardness και age υποδεικνύει ότι όσο πιο σκληρό είναι το υπόστρωμα, τόσο μικρότερο είναι σε ηλικία.

## 4.6 Ανάλυση Κανονιστικών Αντιστοιχιών (Canonical Correspondence Analysis – CCA)



Γράφημα 7: Αποτέλεσμα της διαστασιομείωσης των Κανονιστικών Αντιστοιχιών.

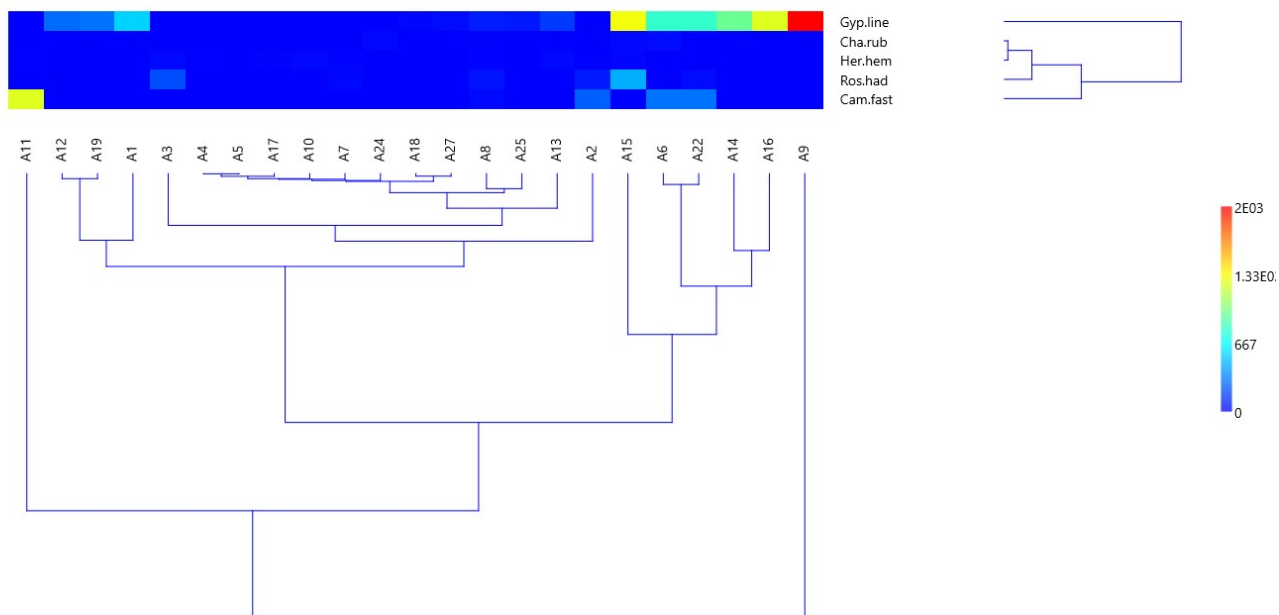
Πίνακας 10: Διακύμανση μεταβλητών.

Axis	Eigenvalue	%
1	0.49166	60.12
2	0.20118	24.6
3	0.11962	14.63
4	0.0052728	0.6448

Σε ότι αφορά την ανάλυση των κανονιστικών αντιστοιχιών, από τον πίνακα υποδεικνύεται ότι οι δύο πρώτες συνιστώσες ερμηνεύουν το 84,72% της διακύμανσης. Με βάση το διάγραμμα διακρίνονται δύο ομάδες με κοινά χαρακτηριστικά. Μία ομάδα αποτελούν οι θέσεις A4, A5, A10 και A17. Η δεύτερη ομάδα αφορά τις θέσεις A1, A9, A12, A14, A16, A18, A19, A25 και A27. Στην πρώτη ομάδα θέσεων εμφανίζεται το είδος *Herniaria hemistemon*, ενώ στη δεύτερη εμφανίζεται το είδος *Gypsophila linearifolia*. Ο πρώτος άξονας έδειξε μία ισχυρή θετική συσχέτιση του αριθμού και του είδους των γυψόφυτων με την ηλικία του γεωλογικού υποστρώματος. Επίσης, φαίνεται ότι σε υπόστρωμα μικρότερης ηλικίας εμφανίζονται τα είδη *Gypsophila linearifolia* και *Rostraria hadjikyriakou*, ενώ σε μεγαλύτερης ηλικίας υπόστρωμα εντοπίζεται το είδος *Campanula fastigiata*. Το είδος *Chaenorhinum rubrifolium* είναι το μοναδικό που σχετίζεται με το μεγαλύτερο υψόμετρο (θέση A24). Σε θέσεις με σκληρό γεωλογικό υπόστρωμα βρίσκεται το είδος *Rostraria hadjikyriakou*.

## 4.7 Ανάλυση συστάδων - Cluster analysis

Αποτέλεσμα της ανάλυσης συστάδων είναι το δενδρόγραμμα του Γραφήματος 8 στο οποίο διακρίνεται ο επιμερισμός του συνόλου των θέσεων σε τέσσερις συστάδες. Οι συστάδες συγκροτούνται με βάση την ομοιότητα των θέσεων. Υπάρχει σαφής διαχωρισμός της θέσης A9 από τις υπόλοιπες συστάδες. Μία ομάδα αποτελούν οι θέσεις A16, A14, A22, A6, A15, ενώ μία δεύτερη ομάδα αποτελούν οι θέσεις A2, A13, A25, A8, A27, A18, A24, A7, A10, A17, A5, A4, A3, A1, A19 και A12. Τέλος η A11 παρουσιάζει κοινά χαρακτηριστικά με τις δυο προηγούμενες κλάσεις, όμως δεν διαχωρίζεται εντελώς όπως η A9. Η διαφορά ύψους των επιπέδων αποτυπώνει την αύξηση της ανομοιοτητας των θέσεων.



**Γράφημα 8 :** Δενδρόγραμμα ταξιδόμησης των 23 θέσεων που εντοπίστηκαν γυψόφωτα, με τη τεχνική UPGMA.

# Κεφάλαιο 5

## Συμπεράσματα- Συζήτηση

Τα γυψούχα οικοσυστήματα αποτελούν ένα από τα σπουδαιότερα στοιχεία της βιοποικιλότητας σε ολόκληρο τον κόσμο. Από πλευράς χλωριδικής σύνθεσης, είναι εξαιρετικά πλούσια και σπάνια, παρέχοντας καταφύγιο σε μια ιδιαίτερη κατηγορία φυτικών ειδών, τα γυψόφυτα. Η αξία τους από οικολογικής άποψης έγκειται στη συμβολή τους για τη διατήρηση της ισορροπίας του οικοσυστήματος και της βιοποικιλότητας. Ως εκ τούτου, η ανάγκη επισταμένης μελέτης για την κατανόηση της δομής και σύνθεσης των φυτοκοινωνιών των γυψούχων οικοσυστημάτων κρίνεται απαραίτητη, αφού αποτελεί προϋπόθεση για την προστασία, διατήρηση και περαιτέρω διαχείριση τους. Στην Κύπρο, η γνώση όσον αφορά τα γυψούχα οικοσυστήματα είναι πολύ περιορισμένη, έχοντας ως συνεπακόλουθο την ανεπαρκή προστασία και αειφόρο διαχείριση τους.

Σύμφωνα με τον «Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος» (2007), οι κύριες πιέσεις και απειλές της βιοποικιλότητας, σε πανευρωπαϊκή κλίμακα, είναι η ανάπτυξη των υποδομών, η αστική εξάπλωση, η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων, ο ευτροφισμός, η ερημοποίηση, η εντατικοποίηση της γεωργίας και η εγκατάλειψη της γης. Η βιοποικιλότητα, είναι αναγκαία για τη διατήρηση κάθε είδους ζωής στη γη. Κάθε είδος έχει εγγενή αξία, ανεξάρτητα από τη χρησιμότητα του στο οικοσύστημα ή στον άνθρωπο. Η πραγματική αξία της βιοποικιλότητας είναι εξαιρετικά δύσκολο να αποτιμηθεί με οικονομικούς όρους, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις λειτουργίες και υπηρεσίες των οικοσυστημάτων, αλλά και πληθώρα αγαθών που προσφέρουν. Η ποσοτικοποίηση της προάγει τη βαθύτερη κατανόηση των οικολογικών φαινομένων και ταυτόχρονα συμβάλει στην καλύτερη και αειφόρο διαχείριση των φυσικών πόρων. Ο πλούτος των ειδών, είναι μία από τις συχνότερα χρησιμοποιούμενες εναλλακτικές μεθόδους για την εκτίμηση της βιοποικιλότητας (Ευαγγέλου, 2007). Υπολογίζεται μετρώντας τα είδη σε ορισμένο χώρο και δεδομένο χρόνο. Θα πρέπει να έχουμε στη διάθεσή μας την πλήρη απογραφή των ατόμων της βιοκοινότητας, γεγονός σχεδόν ανέφικτο για μεγάλης κλίμακας εκτάσεις. Όσο μεγαλύτερη είναι η δειγματοληπτική προσπάθεια, δηλαδή το

μέγεθος και ο χρόνος δειγματοληψίας, τόσο περισσότερα είδη και άτομα καταμετρούνται. Πέραν όμως της επίδρασης της δειγματοληψίας, η εκτίμηση του πλούτου των ειδών αυξάνεται με το χρόνο, εξαιτίας φαινομένων όπως είναι η εποχικότητα, ο αποικισμός και η εξαφάνιση. Επίσης, ο αριθμός των ειδών σε μικρή κλίμακα εξαρτάται από τον πλούτο των ειδών σε μεγαλύτερες χωρικά κλίμακες. Η διατήρηση και ενίσχυση της βιοποικιλότητας των γυψούχων οικοσυστημάτων μπορεί να επιτευχθεί με τη βελτίωση της αναγκαίας γνώσης, με συνεχή έρευνα, κατάλληλο σχεδιασμό και εκτέλεση ενεργειών, ακολουθώντας τις κατευθύνσεις των ευρωπαϊκών οδηγιών, διεθνών συμβάσεων και εθνικών νομοθεσιών (Τμήμα Δασών, 2013).

Ένας από τους κυριότερους λόγους καταστροφής της δομής και της σύνθεσης των γυψούχων οικοσυστημάτων στην Κύπρο αποτελεί ο κατακερματισμός των ενδιαιτημάτων, κυρίως λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, όπως είναι η διάνοιξη δρόμων, οι δασώσεις, οι αναδασώσεις και η δημιουργία χώρων αναψυχής. Σύμφωνα με το Διαχειριστικό Σχέδιο για το Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς και τα γειτονικά δασύλλια, την περίοδο μεταξύ 1974-1977 πραγματοποιήθηκε δάσωση της περιοχής, με διάφορα ξυλώδη φυτά όπως *Pinus pinea*, *Casuarina sp.* και *Cupressus sempervirens*. Οι δασωτικές εργασίες έγιναν κυρίως σε αναβαθμίδες, που κατασκευάστηκαν με μηχανικά μέσα, έχοντας πολλαπλές αρνητικές επιδράσεις στην περιοχή (αλλοίωση τοπίου, συμπίεση εδάφους, καταστροφή γυψόφιλης βλάστησης κ.α.). Η αλλοίωση ως προς τη σύνθεση της βλάστησης ολοκληρώθηκε με την εισαγωγή χωροκατακτητικών ξενικών ειδών όπως *Acacia saligna* και *Dodonaea viscosa* (Τμήμα Δασών, 2009).

Οι χλωριδικές μελέτες που αφορούν τη βλάστηση σε γυψούχο υπόστρωμα είναι ελάχιστες (Akbulut & Celik, 2004). Στην περίπτωση χαρτογράφησης της βλάστησης των γυψούχων οικοσυστημάτων θα πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη η δυσκολία εντοπισμού και καταγραφής των μονοετών γυψόφιλων ειδών, κυρίως λόγω του μεγέθους τους και του φαινομένου της εποχικότητας. Η χαρτογράφηση, καταγραφή και καταμέτρηση των ειδών, συνιστάται να γίνεται κατά τη διάρκεια της άνοιξης, αφού τα γυψόφιλα είδη που υπάρχουν στην Κύπρο είναι μονοετή φυτά, με εξαίρεση τον ενδημικό θάμνο *Teucrium salaminium*, που ανθίζουν τους μήνες μεταξύ Μαρτίου-Μαΐου και καρποφορούν Μάιο μέχρι Ιούνιο. Το καλοκαίρι, λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών της Κύπρου, τα φυτά ξεραίνονται εντελώς και με τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου παρασύρονται ακόμη και τα τελευταία υπολείμματα της βλάστησης. Από αυτό

συνεπάγεται ότι το χρονικό διάστημα είναι πολύ μικρό για την πλήρη απογραφή των γυψόφιλων ειδών σε όλες τις εκτάσεις με γυψούχο υπόστρωμα. Το ιστορικό εντοπισμού των γυψόφιλων ειδών καταδεικνύει την δυσκολία εντοπισμού και τη συστηματική προσπάθεια που απαιτείται. Μετά τη δημοσίευση του Flora of Cyprus (Meikle, 1977 & 1985), όπου επισημάνθηκε η απουσία τυπικών γυψόφιλων ειδών στα γυψούχα υποστρώματα του νησιού και παρά την εντατική και συστηματική μελέτη από το 2006 που εντοπίστηκε το είδος *Gypsophila linearifolia* (Christodoulou 2006) μαζί με το είδος *Herniaria hemistemon*, ο εντοπισμός γυψόφιλων ειδών συνεχίστηκε μέχρι και το 2018, με τον εντοπισμό του νέου ενδημικού *Rostraria hadjikyriakou*, πρώτα στις κατεχόμενες και μετά στις ελεύθερες περιοχές, το οποίο μάλιστα εντοπίστηκε και σε περιοχές όπου ερευνήθηκαν διεξοδικά στο παρελθόν. Λαμβάνοντας υπόψη τα πιο πάνω είναι πιθανόν να υπάρξουν νέες ανακαλύψεις γυψόφιλων ειδών ιδιαίτερα σε περιοχές που δεν έγινε εκτεταμένη έρευνα, όπως είναι το δυτικό μέρος του νησιού.

Τα γυψούχα οικοσυστήματα φιλοξενούν αραιή και διάσπαρτη βλάστηση, με τα χαρακτηριστικά μονοετή γυψόφιλα είδη που εντοπίστηκαν στην Κύπρο μέχρι στιγμής να μην ξεπερνούν τα 25 cm (*Gypsophila linearifolia* 3-25 cm, *Campanula fastigiata* 5-10 cm, *Rostraria hadjikyriakou* 2-5 cm). Η δυσκολία έγκειται στο γεγονός ότι λόγω του μικρού τους μεγέθους είναι εξαιρετικά δύσκολος ο εντοπισμός τους, η χαρτογράφηση της κατανομής και ο υπολογισμός της αφθονίας τους. Για την ολική καταγραφή του πλούτου των ειδών απαιτούνται συστηματικές επισκέψεις καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, οι οποίες πρέπει να γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή, κυρίως για τον εντοπισμό των μικρών ποωδών φυτών. Στην περίπτωση τοποθέτησης δειγματοληπτικών επιφανειών, όσο πιο πολλές είναι οι δειγματοληπτικές επιφάνειες τόσο καλύτερη η αντιπροσωπευτικότητα των δεδομένων, αφού περισσότερα είδη και άτομα θα καταμετρούνται. Ανάλογα με τον βιολογικό κύκλο κάθε είδους απαιτείται διαφορετική περίοδος χαρτογράφησης.

Κάποια από τα ερευνητικά ερωτήματα που είχε να απαντήσει η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή ήταν κατά πόσο υπάρχει το γυψούχο υπόστρωμα μαζί με τα γυψόφυτα, εάν υπάρχει το γυψούχο υπόστρωμα χωρίς την παρουσία των γυψόφυτων και εάν τα γυψόφυτα μπορούν να αναπτυχθούν σε άλλο τύπο εδάφους. Παρόλο που οι Cera *et al.* (2021) αναφέρουν ότι τα γυψόφιλα και γυψοπλανόδια είδη σε πειραματικές συνθήκες, μπορούσαν να αναπτυχθούν και σε άλλους τύπους εδαφών, εντούτοις σε πραγματικές συνθήκες δεν έχει καταγραφεί κανένα γυψόφιλο είδος σε άλλο τύπο εδάφους.

Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του πειράματος τους (Cera, *et al.*, 2021), εξετάστηκαν έξι γυψόφιλα είδη και τέσσερα γυψοπλανόδια της Ιβηρικής Χερσονήσου και της ερήμου Chihuahua στο Μεξικό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε αλκαλικά εδάφη, με υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο (Ca) και θείο (S) τα περισσότερα γυψόφιλα και γυψοπλανόδια είδη ολοκλήρωσαν τον κύκλο ζωής τους παράγοντας βιώσιμους σπόρους.

Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσα εργασίας και τις χαρτογραφήσεις και παρατηρήσεις των τριών προηγούμενων ετών (2019-2021), έχουν μελετηθεί εκτεταμένες γυψούχες εξάρσεις στην Πάφο και συγκεκριμένα στις περιοχές Λεμώνα και Λετύμβου, χωρίς όμως να εντοπιστεί κανένα γυψόφιλο, γυψόκλινο ή γυψοπλανόδιο είδος. Για την κατανόηση των αιτιών μη καταγραφής γυψόφυτων στις συγκεκριμένες περιοχές απαιτείται περαιτέρω έρευνα. Στις περιοχές Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς, Αραδίππου, Άλωνα, Τόχνη, Ψεματισμένος και Καλαβασός, όπου υπάρχει γυψούχο υπόστρωμα, σε μικρή (κατακερματισμένες εκτάσεις) ή μεγάλη χωρική κλίμακα, έχουν εντοπιστεί και καταγραφεί τα χαρακτηριστικά γυψόφυτα είδη, που συγκροτούν τον οικότοπο προτεραιότητας 1520\* - Γυψούχες Στέπες.

Εντοπίστηκε και καταγράφηκε για πρώτη φορά το νέο ενδημικό είδος για την Κύπρο *Rostraria hadjikyriakou*, σε πέντε περιοχές: Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς, Καλαβασός-Τόχνη, Μαρώνι, Άλωνα και Αραδίππου. Το είδος *Rostraria hadjikyriakou* εντοπίστηκε για πρώτη φορά το 2018, στην κατεχόμενη Κύπρο και συγκεκριμένα στην περιοχή Υψαρόβουνος, από τον βοτανικό Γεώργιο Ν. Χατζηκυριάκου. Στο πλαίσιο της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής, με τον εντοπισμό του σε ακόμη πέντε περιοχές στην ελεύθερη Κύπρο, επεκτάθηκε σημαντικά η γεωγραφική κατανομή του είδους.

Από τις παρατηρήσεις, κατά τη διάρκεια της εργασίας πεδίου, προέκυψε ότι σε υποβαθμισμένες και διαταραγμένες θέσεις με έλλειψη εδαφικής βιολογικής κρούστας, ή με παρουσία μη συνεκτικής κρούστας, συμμετείχαν τα είδη *Glebionis coronaria*, *Malva sylvestris*, *Echium angustifolium subsp. angustifolium*, *Stipa capensis*, *Avena sp.*, *Bromus sp.*, *Hypochaeris achyrophorus*, *Calendula arvensis*, *Oxalis pes-caprae*, *Sinapis arvensis*, *Piptatherum miliaceum subsp. miliaceum* και *Hyparrhenia hirta*. Τα πιο πάνω αποτελούν διαταραχόφιλα είδη, δηλαδή φυτικά είδη τα οποία προσαρμόζονται σε περιβάλλοντα με υψηλή διατάραξη (Grime, 1977). Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει ότι τα είδη *Malva sylvestris*, *Sinapis arvensis*, *Glebionis coronaria*, *Echium angustifolium subsp.*

*angustifolium*, *Oxalis pes-caprae*, φύονται σε διαταραγμένους οικότοπους, συνήθως σε πρηνή δρόμων και σε αγροτικές περιοχές, σε καλλιεργημένα και χέρσα εδάφη (Meikle, 1977, Τμήμα Δασών, 1997). Επίσης, με βάση την κατηγοριοποίηση που έγινε (Πίνακας 6 του Κεφαλαίου 4), τα είδη αυτά χαρακτηρίζονται ως γυψοέρμαια (waifs), δηλαδή φυτικά είδη τα οποία αναπτύσσονται σε άλλα εδάφη και σπάνια σε γύψο ή σε γυψούχα εδάφη με κατεστραμμένη εδαφική βιολογική κρούστα.

Σε περιοχές με συνεκτική εδαφική βιολογική κρούστα, χωρίς διατάραξη, τα κυρίαρχα είδη ήταν: *Campanula fastigiata*, *Gypsophila linearifolia*, *Rostraria hadjikyriakou*, *Chaenorhinum rubrifolium*, *Herniaria hemistemon*, *Sedum eriocarpum subsp. porphyreum* και *Sedum microcarpum*. Επιπρόσθετα, σε θέσεις με σκληρό υπόστρωμα χωρίς την ύπαρξη ανταγωνιστικής βλάστησης εντοπίστηκε το είδος *Campanula fastigiata*. Το συμπέρασμα αυτό διαφάνηκε επίσης και από την ανάλυση των κανονιστικών αντιστοιχιών (CCA).

Για τα Κυπριακά δεδομένα, προκύπτει ότι η παρουσία της γυψόφιλης βλάστησης περιορίζεται σε περιοχές με υψόμετρο 50-170 μ. και με μέση ετήσια βροχόπτωση 310-450 mm. Σε αντίθεση με την Κύπρο, τα γυψόφιλα και γυψοπλανόδια είδη της Ισπανίας εμφανίζονται και σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Παραδείγματος χάριν, το είδος *Helianthemum squamatum*, τυπικό γυψόφιλο της κεντρικής Ισπανίας, φύεται σε υψόμετρο περίπου 675μ. (Aragon & Escudero, 2008), ενώ το είδος *Lithodora fruticosa*, γυψοπλανόδιο της Ιβηρικής Χερσονήσου, απαντά σε υψόμετρο από 0-1700 μ.

Από τις παρατηρήσεις κατά τη χαρτογράφηση πεδίου, φάνηκε ότι η κλίση και η έκθεση δεν επηρεάζουν την παρουσία και το μέγεθος του πληθυσμού της γυψόφιλης βλάστησης. Το συμπέρασμα αυτό εξάχθηκε και από την ανάλυση κύριων συνιστωσών η οποία έδειξε να υπάρχει ασθενής συσχέτιση μεταξύ κλίσης και παρουσίας γυψόφιλων, καθώς και ασθενής συσχέτιση μεταξύ έκθεσης και παρουσίας γυψόφιλων.

Η θετική κλίση της ευθείας στη σχηματική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ του συνολικού αριθμού των φυτικών ειδών και της έκτασης της γυψούχας επιφάνειας, ερμηνεύει τη θετική συσχέτιση τους, δηλαδή όσο αυξάνεται η έκταση της γυψούχας επιφάνειας τόσο αυξάνεται και ο πλούτος των φυτικών ειδών. Άρα συμπεραίνεται ότι στην περίπτωση των γυψούχων οικοσυστημάτων ισχύει η θεωρία της Νησιώτικης Βιογεωγραφίας, των

MacArthur και Wilson. Μεταξύ του συνολικού πληθυσμού των γυψόφυτων και της έκτασης της γυψούχας επιφάνειας φάνηκε να μην υπάρχει συσχέτιση. Συμπερασματικά, δεν ισχύει η θεωρία ότι όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση της γυψούχας επιφάνειας, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η αφθονία των γυψόφυτων ειδών. Επίσης, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ έκτασης και ποσοστού γυψόφυλων ειδών επί του συνολικού αριθμού ειδών. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια τόσο περισσότερα φυτικά είδη υπάρχουν, τα οποία ενδεχομένως να ανταγωνίζονται τα γυψόφιλα είδη σε αυξητικό χώρο.

Για τον προσδιορισμό της συσχέτισης της ομοιότητας των ειδών με τη γεωγραφική απόσταση κάθε θέσης, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής «Ποιοτικής Ομοιότητας» του Sorensen (Ss). Ο συντελεστής ομοιότητας Sorensen παίρνει μέγιστη τιμή τη μονάδα και ελάχιστη το μηδέν. Η μονάδα αντιπροσωπεύει την πλήρη ομοιότητα μεταξύ των θέσεων που συγκρίνονται, ενώ το μηδέν ότι δεν υπάρχει καμία ομοιότητα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει ασθενής συσχέτιση μεταξύ Ομοιότητας των θέσεων από άποψης γυψόφυτων με την απόσταση της κάθε θέσης.

Διάφορες στατιστικές μέθοδοι έχουν δημιουργηθεί για την εξαγωγή συμπερασμάτων, σχετικά με τους διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή των ειδών. Η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών και η Ανάλυση Κανονιστικών Αντιστοιχιών αποτελούν κάποιες από τις μεθόδους αυτές. Οι αναλύσεις έδειξαν ότι σημαντική επίδραση ασκεί η μεταβλητή που αφορά τη σκληρότητα του υποστρώματος, αφού υπήρξε διαχωρισμός των θέσεων σε δύο ομάδες βάσει τον παράγοντα αυτό. Επίσης διαφάνηκε ότι σε θέσεις με σκληρό υπόστρωμα εμφανίζεται το είδος *Campanula fastigiata*. Στις θέσεις αυτές δεν εντοπίζεται η χαρακτηριστική διαταραχόφιλη βλάστηση που ενδεχομένως δρα ανταγωνιστικά καταλαμβάνοντας αυξητικό χώρο και θρεπτικά στοιχεία από τα γυψόφιλα είδη.

Από την εμπειρία που αποκτήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής εξάγεται το εξής συμπέρασμα/πρόταση: Για την ολική καταγραφή του πλούτου των ειδών που απαντούν στα γυψούχα εδάφη απαιτείται συστηματική καταγραφή των φυτικών ειδών η οποία θα λαμβάνει χώρα τουλάχιστον τρεις διαφορετικές περιόδους κατά τη διάρκεια ενός έτους (άνοιξη, καλοκαίρι, φθινόπωρο) ώστε να έχουμε μία πληρέστερη εικόνα της χλωριδικής σύνθεσης της βλάστησης. Κατά την άνοιξη οι επισκέψεις πρέπει να είναι πιο συχνές (ανά δεκαπενθήμερο). Τα φυτικά είδη που

αναπτύσσονται στα γυψούχα εδάφη υποδεικνύουν τη στενή σχέση μεταξύ εδάφους και βλάστησης, αφού πολλά είδη φυτών αναπτύσσονται αποκλειστικά ή σχεδόν αποκλειστικά στο συγκεκριμένο τύπο εδάφους.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης μπορούν να εξαχθούν επίσης τα πιο κάτω συμπεράσματα: (α) η σύνθεση των γυψόφιλων κοινοτήτων της Κύπρου έχει εμπλουτιστεί σε εθνικό επίπεδο με ένα νέο είδος και έχει τεκμηριωθεί η παρουσία επιπρόσθετων γυψόφιλων ειδών στις ήδη γνωστές θέσεις και (β) η γεωγραφική κατανομή της γυψόφιλης βλάστησης έχει επεκταθεί προς τα νοτιοδυτικά, αφού μέχρι το 2020 η παρουσία του οικοτόπου ήταν γνωστή μόνο από την ευρύτερη περιοχή του Ε.Δ.Π. Ριζοελιάς (Χάρτης 1).

Όπως διαμορφώνεται η κατανομή της γυψόφιλης βλάστησης, στην Κύπρο είναι πιθανόν να προκύψει ανάγκη καθορισμού νέας περιοχής Natura 2000, για καλύτερη ποσοτική και γεωγραφική κάλυψη του οικοτόπου. Ωστόσο, πριν από οποιονδήποτε σχεδιασμό και επιλογή, θα απαιτηθεί περαιτέρω έρευνα στις περιοχές που έχει τεκμηριωθεί η παρουσία του οικοτόπου για ακριβή προσδιορισμό της εξάπλωσης και σύνθεσης του, ώστε να προταθούν οι καταλληλότερες θέσεις.

Αξίζει να σημειωθεί ότι με την ανακάλυψη του νέου ενδημικού γυψόφιλου είδους *Rostraria hadjikyriakou* (Hand *et al.*, 2021) εξάγεται το συμπέρασμα ότι η περαιτέρω έρευνα των γυψούχων οικοσυστημάτων είναι αρκετά υποσχόμενη, με προοπτικές και αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού νέων ειδών συνυφασμένων με το γεωλογικό υπόστρωμα και τις ιδιαίτερες κλιματοεδαφικές συνθήκες των γυψούχων οικοσυστημάτων.

# Παράρτημα Α

## A.1 Χλωριδικός κατάλογος

### Spermatophyta

#### Amaryllidaceae

*Allium ampeloprasum* L.

*Allium cupani* subsp. *cyprium* Meikle

*Allium curtum* Boiss. & Gaill

*Allium cyprium* subsp. *lefkarensis* (Brullo & al.) Christodoulou & Hand

*Allium junceum* Sm.

#### Anacardiaceae

*Pistacia lentiscus* L.

#### Apiaceae

*Bupleurum sintenisii* Huter

*Daucus guttatus* Sm.

*Ferula communis* L. subsp. *communis*

#### Asparagaceae

*Asparagus horridus* L.

*Drimia aphylla* (Forssk.) J. C. Manning & Goldblatt

*Hyacinthella millingenii* (Post) Feinbrun

#### Asteraceae

*Anthemis tricolor* Boiss.  
*Atractylis cancellate* L.  
*Calendula arvensis* L.  
*Carthamus lanatus* subsp. *baeticus* (Boiss. & Reut.) Nyman  
*Centaurea aegialophila* Wagenitz  
*Crepis foetida* L. subsp. *foetida*  
*Crupina crupinastrum* (Moris) Vis.  
*Filago eriocephala* Guss.  
*Filago eriosphaera* (Boiss. & Heldr.) Chrtek & Holub  
*Glebionis coronaria* (L.) Spach  
*Helichrysum stoechas* subsp. *barrelieri* (Ten.) Nyman  
*Hypochaeris achyrophorus* L.  
*Phagnalon rupestre* (L.) DC. subsp. *rupestre*  
*Ptilostemon chamaepeuce* subsp. *cypricus* (Greuter) Chrtek & B. Slavík  
*Reichardia intermedia* (Sch. Bip.) Cout.  
*Senecio vulgaris* L.

### **Boraginaceae**

*Anchusa aegyptiaca* (L.) DC.  
*Echium angustifolium* Mill. subsp. *angustifolium*  
*Erodium crassifolium* L'Hér. subsp. *crassifolium*  
*Lithodora hispidula* subsp. *versicolor* Meikle  
*Onosma fruticosa* Sm.

### **Brassicaceae**

*Biscutella didyma* subsp. *dunensis* Chrtek & B. Slavík  
*Sinapis arvensis* L.

### **Campanulaceae**

*Campanula fastigiata* Schult.

## **Capparaceae**

*Capparis spinosa* L.

## **Caryophyllaceae**

*Gypsophila linearifolia* (Fisch. & C. A. Mey.) Boiss.

*Herniaria hemistemon* J. Gay

*Minuartia picta* (Sm.) Bornm.

## **Chenopodiaceae**

*Noaea mucronata* (Forssk.) Asch. & Schweinf.

## **Cistaceae**

*Cistus creticus subsp. eriocephalus* (Viv.) Greuter & Burdet

*Fumana arabica* (L.) Spach

*Fumana thymifolia* (L.) Verl.

*Helianthemum obtusifolium* Dunal

*Helianthemum salicifolium* Mill.

## **Convolvulaceae**

*Convolvulus althaeoides* L.

## **Crassulaceae**

*Sedum eriocarpum subsp. porphyreum* (Kotschy) 't Hart

*Sedum microcarpum* (Sm.) Schönland

*Sedum sediforme* (Jacq.) Pau

## **Fabaceae**

*Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl.  
*Astragalus cyprius* Boiss.  
*Hippocrepis ciliata* Willd.  
*Hippocrepis multisiliquosa* L.  
*Medicago monspeliaca* (L.) Trautv.  
*Onobrychis venosa* (Desf.) Desv.  
*Ononis pubescens* L.  
*Sulla spinosissima* (L.) B. H. Choi & H. Ohashi  
*Taeniatherum caput-medusae* subsp. *crinitum* (Schreb.) Melderis

### **Gentianaceae**

*Centaurium pulchellum* (Sw.) Druce subsp. *pulchellum*

### **Iridaceae**

*Romulea tempskyana* Freyn

### **Lamiaceae**

*Teucrium micropodioides* Rouy

*Thymbra capitata* (L.) Cav.

### **Liliaceae**

*Gagea fibrosa* (Desf.) Schult. & Schult. f.

### **Malvaceae**

*Malva sylvestris* L.

### **Orchidaceae**

*Orchis pyramidalis* L.

## **Orobanchaceae**

*Orobanche ramosa* L.

*Parentucellia latifolia* subsp. *flaviflora* (Boiss.) Hand.-Mazz.

## **Oxalidaceae**

*Oxalis pes-caprae* L.

## **Plantaginaceae**

*Chaenorhinum rubrifolium* (DC.) Fourr.

*Plantago afra* L.

*Plantago bellardii* All.

*Plantago cretica* L.

## **Poaceae**

*Avena* sp.

*Bromus* sp.

*Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf

*Lagurus ovatus* L.

*Parapholis incurva* (L.) C. E. Hubb.

*Piptatherum miliaceum* (L.) Coss. subsp. *miliaceum*

*Rostraria hadjikyriakou* Christodoulou & Hand

*Stipa capensis* Thunb.

*Vulpia* sp.

## **Primulaceae**

*Asterolinon linum-stellatum* (L.) Duby

*Anemone coronaria* L.

## **Ranunculaceae**

*Ranunculus cytheraeus* (Halácsy) Baldini

## **Rhamnaceae**

*Rhamnus lycioides subsp. graeca* (Boiss. & Reut.) Tutin

*Ziziphus lotus* (L.) Lam.

## **Rosaceae**

*Sarcopoterium spinosum* (L.) Spach

## **Rubiaceae**

*Asperula cypria* Ehrend.

*Crucianella latifolia* L.

*Galium setaceum* Lam.

*Valantia hispida* L.

## **Solanaceae**

*Mandragora officinarum* L.

## **Thymelaeaceae**

*Thymelaea tartonraira subsp. argentea* (Sm.) Holmboe

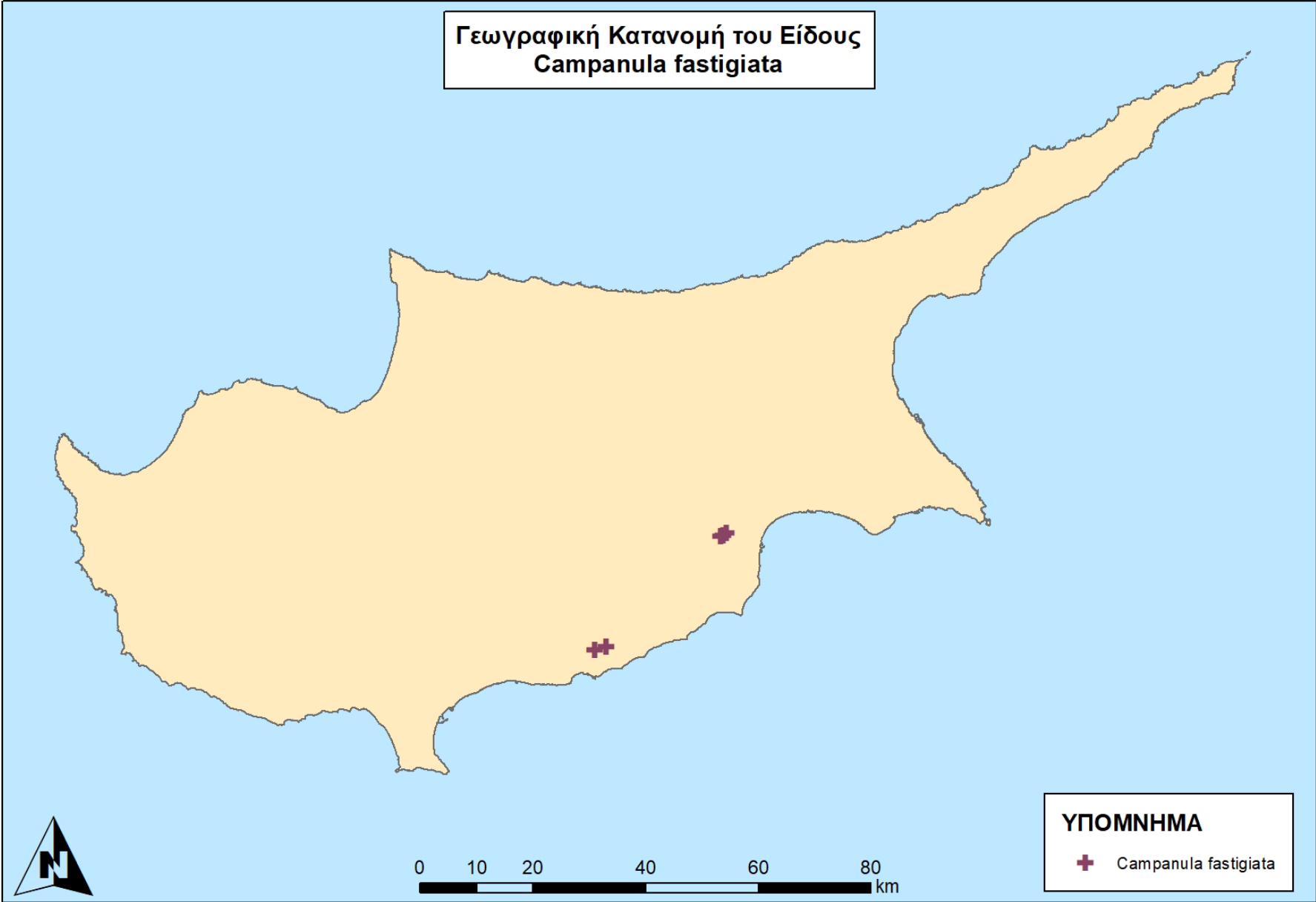
## **Xanthorrhoeaceae**

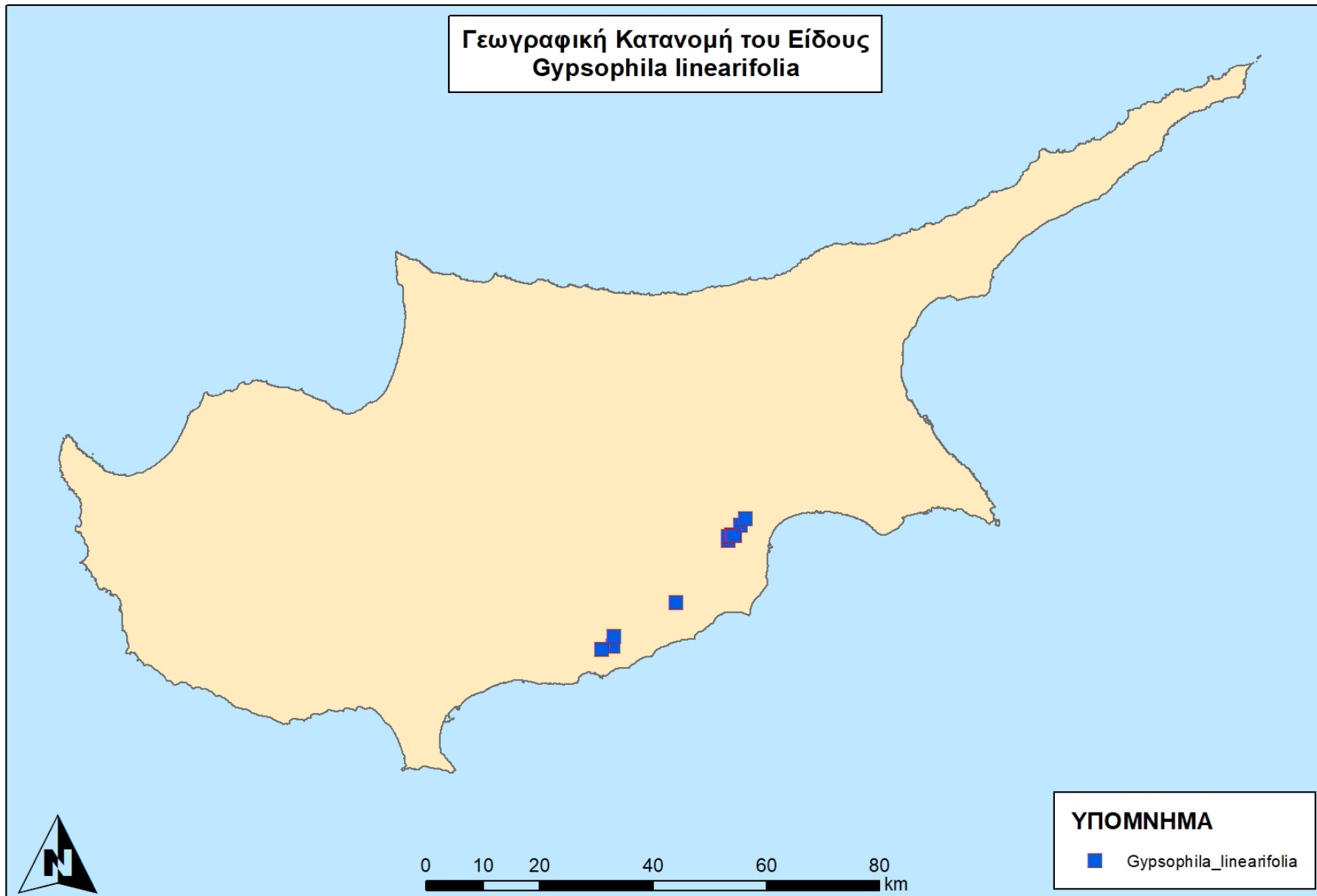
*Asphodelus ramosus* L.

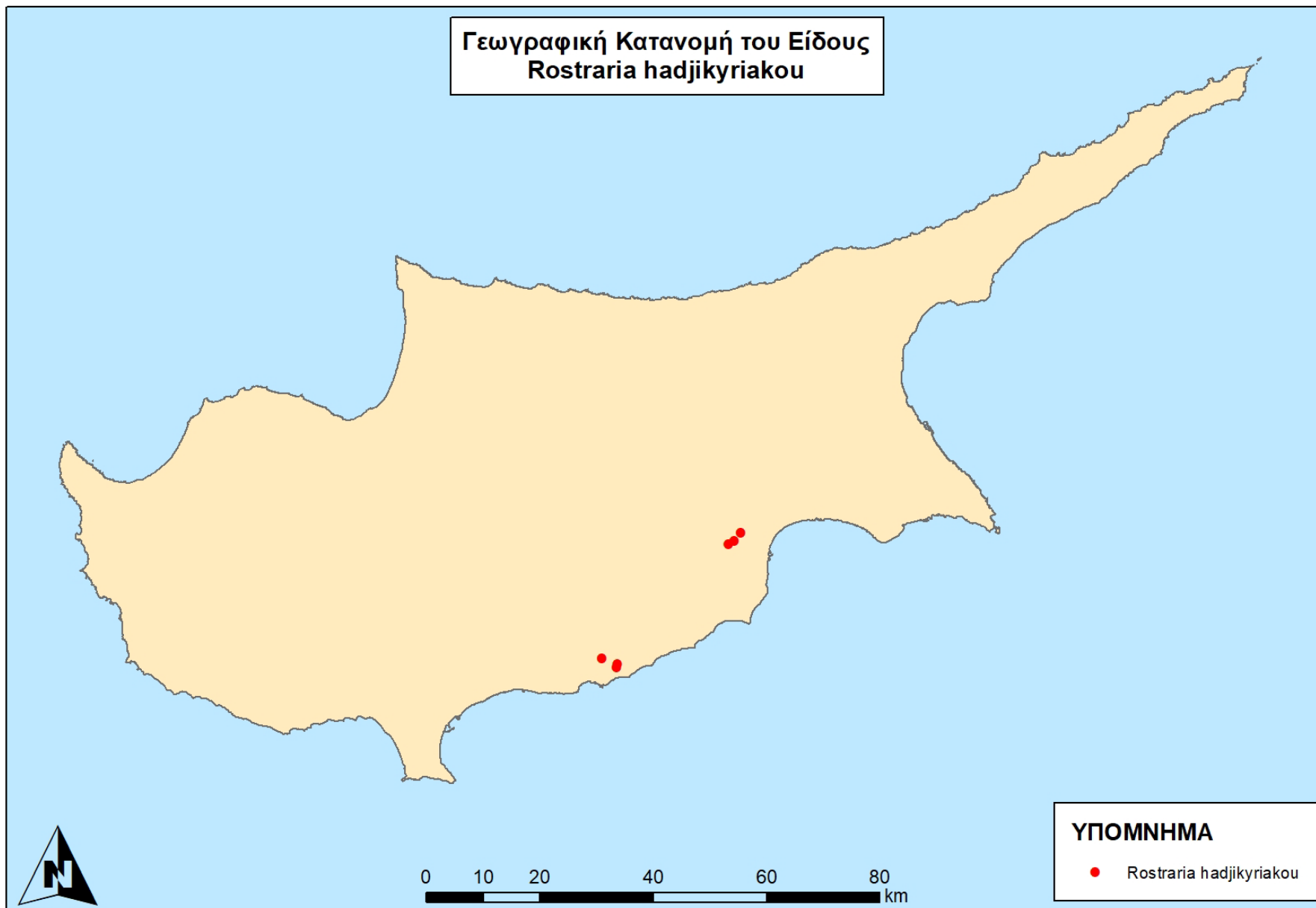
## **Zygophyllaceae**

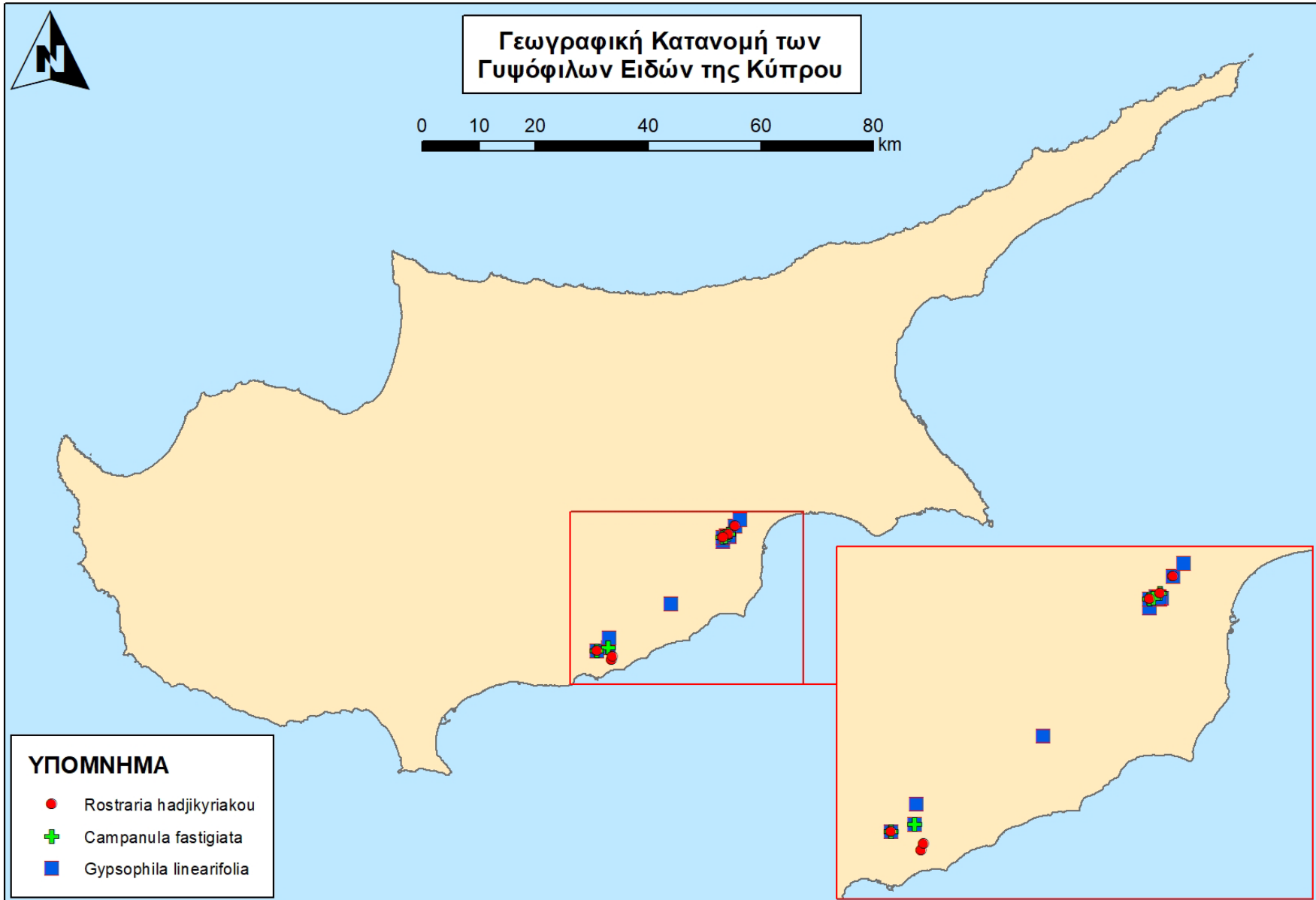


Γεωγραφική Κατανομή του Είδους  
*Campanula fastigiata*









**Χάρτης 6:** Γεωγραφική κατανομή των τριών γυψόφιλων ειδών της Κύπρου, στις περιοχές που βρίσκονται κάτω από τον αποτελεσματικό έλεγχο της Κυπριακής Δημοκρατίας.

**Πίνακας 11:** Περιοχές μελέτης, έκταση, πλούτος των ειδών και αφθονία γυψόφυτων.

Αριθμός patch	Περιοχή	Έκταση Γυψούχας Επιφάνειας (Patch) m <sup>2</sup>	Συνολικός Αριθμός Φυτικών Ειδών εντός της επιφάνειας	Αριθμός Γυψόφιλων και Γυψόκλινων ειδών	Είδος και Συνολικός Πληθυσμός Γυψόφυτων ατόμων
1	Άλωνα	923	20	1	Gypsophila linearifolia: 550
2	ΕΔΠ Ριζοελιάς	129	14	2	Campanula fastigiata: 250 Rostraria hadjikyriakou: 70
3	Μαρώνι	2609	28	2	Herniaria hemistemon: 25 Rostraria hadjikyriakou: 200
4	Μαρώνι	10885	30	1	Herniaria hemistemon: 3
5	Μαρώνι	14014	32	1	Herniaria hemistemon: 2
6	Ψεματισμένος	854	11	3	Gypsophila linearifolia: 800 Campanula fastigiata: 300 Chaenorhinum rubrifolium : 30
7	Μαρώνι	3370	16	2	Herniaria hemistemon: 10 Rostraria hadjikyriakou: 20
8	Άλωνα	6125	34	5	Gypsophila linearifolia: 73 Campanula fastigiata: 26 Herniaria hemistemon: 9 Chaenorhinum rubrifolium : 13 Rostraria hadjikyriakou: 50
9	ΕΔΠ Ριζοελιάς	23668	39	1	Gypsophila linearifolia: 2000
10	ΕΔΠ Ριζοελιάς	319	9	1	Herniaria hemistemon: 26

11	Άλωνα	766	22	2	Campanula fastigiata: 1250 Herniaria hemistemon: 5
12	ΕΔΠ Ριζοελιάς	965	15	2	Gypsophila linearifolia: 280 Chaenorhinum rubrifolium : 2
13	ΕΔΠ Ριζοελιάς	231	9	2	Gypsophila linearifolia: 150 Herniaria hemistemon: 25
14	ΕΔΠ Ριζοελιάς	4270	22	1	Gypsophila linearifolia: 950
15	Αραδίπου	11807	37	4	Gypsophila linearifolia: 1300 Herniaria hemistemon: 460 Chaenorhinum rubrifolium : 18 Rostraria hadjikyriakou: 21
16	Κελιά	4807	19	1	Gypsophila linearifolia: 1250
17	Κελιά	1041	14	1	Herniaria hemistemon: 13
18	ΕΔΠ Ριζοελιάς	640	12	1	Gypsophila linearifolia: 20
19	ΕΔΠ Ριζοελιάς	248	10	1	Gypsophila linearifolia: 300
20	Λεμώννα	38538	24	0	0
21	Λετύμβου	21796	18	0	0
22	Καλαβασός- Τόχνη	384337	29	3	Gypsophila linearifolia: 800 Campanula fastigiata: 300 Rostraria hadjikyriakou : 30
23	Αλέκτορα	12600	25	0	
24	Κάτω Μονή	6687	17	1	Chaenorhinum rubrifolium : 22
25	Αναφωτίδα	8443	14	1	Gypsophila linearifolia: 65
26	Αναφωτίδα	7996	13	0	0
27	Τόχνη	11671	21	1	Gypsophila linearifolia: 30

**Πίνακας 12:** Συντεταγμένες, υψόμετρο, γεωλογία κάθε θέσης.

Αριθμός patch	Περιοχή	Κέντρο Θέσης		Υψόμετρο (m)	Έκθεση	Κλίση	Γεωλογία/ Λιθολογία	Γεωλογική Ηλικία
		Χ	Ψ					
1	Άλωνα	551461	3866096	96	Νότια	20-30	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
2	ΕΔΠ Ριζοελιάς	552412	3867317	73	Επίπεδο	0	Calcarenites, sands and gravels	Μειοκαινικής
3	Μαρώνι	531646	3845007	74	Επίπεδο	0	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
4	Μαρώνι	531544	3845922	108	Ανατολική	10-20	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
5	Μαρώνι	531725	3846343	99	Ανατολική	20-30	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
6	Ψεματισμένος	531089	3847233	113	Νότια	10-20	Chalks, marls, marly chalks, chalky marls and calc	Μειοκαινικής
7	Μαρώνι	531881	3845550	85	Επίπεδο	0	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
8	Άλωνα	551482	3866851	94	Δυτική	10-20	Chalks, marls, marly chalks, chalky marls and calc	Μειοκαινικής
9	ΕΔΠ Ριζοελιάς	552434	3866883	72	Νοτια	0-10	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
10	ΕΔΠ Ριζοελιάς	552473	3867064	86	Νοτια	0-5	Calcarenites, sands and gravels	Μειοκαινικής
11	Άλωνα	551824	3866919	88	Ανατολική	0-10	Chalks, marls, marly chalks, chalky marls and calc	Μειοκαινικής
12	ΕΔΠ Ριζοελιάς	552333	3867037	91	Επίπεδο	0	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
13	ΕΔΠ Ριζοελιάς	552047	3867082	89	Νοτια	0-10	Chalks, marls, marly chalks, chalky marls and calc	Μειοκαινικής
14	ΕΔΠ Ριζοελιάς	552563	3866915	73	Νοτια	0-10	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
15	Αραδίπου	553514	3868857	78	Δυτική	10-20	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
16	Κελιά	554463	3869953	53	Ανατολική	30-40	Chalks, marls, marly chalks, chalky marls and calc	Μειοκαινικής
17	Κελιά	556182	3871345	54	Ανατολική	0-5	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
18	ΕΔΠ Ριζοελιάς	552162	3866886	85	Νοτια	0-5	Chalks, marls, marly chalks, chalky marls and calc	Μειοκαινικής

19	ΕΔΠ Ριζοελιάς	552353	3867001	86	Νοτιοανατολική	0-10	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
20	Λεμώνα	459212	3857671	294	Νοτιοανατολική	20-30	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
21	Λετύμβου	455148	3857863	446	Νοτια	10-20	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
22	Καλαβασός-Τόχνη	529024	3846588	121	Νοτια	10-20	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
23	Αλέκτορα	470170	3841013	236	Ανατολική	0-10	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
24	Κάτω Μονή	509177	3879990	405	Βορεια	0-10	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου
25	Αναφωτίδα	542261	3854949	139	Νοτιοδυτική	0-5	Chalks, marls, marly chalks, chalky marls and calc	Μειοκαινικής
26	Αναφωτίδα	542479	3855084	136	Νοτιοδυτική	0-5	Chalks, marls, marly chalks with cherts in places	Παλαιόκαινο έως Μέσο Ηώκαινο
27	Τόχνη	531211	3848976	162	Νοτιοανατολική	10-20	Gypsum alternating with chalky marls and marly chalk	Μεσσηνίου

**Πίνακας 13:** Αριθμός κοινών ειδών ανα ζεύγος θέσεων.

a = number of species common to both quadrats

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1	x	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
2	0	x	1	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
3	0	1	x	1	1	0	2	2	0	1	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	x	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	1	x	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	0	0	0	x	0	3	1	0	1	2	1	1	2	1	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0	1	
7	0	1	2	1	1	0	x	2	0	1	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
8	1	2	2	1	1	3	2	x	1	1	2	2	2	1	4	1	1	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1	
9	1	0	0	0	0	1	0	1	x	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
10	0	0	1	1	1	0	1	1	0	x	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	1	1	1	1	1	1	2	0	1	x	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	X	1	1	2	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	
13	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	X	1	2	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
14	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	x	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
15	1	1	2	1	1	2	2	4	1	1	1	2	2	1	x	1	1	1	1	0	0	2	0	1	1	0	1	
16	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	x	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
17	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	x	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
19	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	x	0	0	1	0	0	1	0	1	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0
22	1	2	1	0	0	2	1	3	1	0	1	1	1	1	2	1	0	1	1	0	0	x	0	0	1	0	1	

23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0
25	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	x	0	1
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0
27	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	X

**Πίνακας 14:** Αριθμός ειδών μοναδικά στην πρώτη θέση.

b: number of species unique to the first quadrat

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	x	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
2	1	x	1	1	1	2	1	3	1	1	1	2	2	1	3	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1
3	1	1	x	0	0	3	0	3	1	0	1	2	1	1	2	1	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0	1
4	1	2	1	X	0	3	1	4	1	0	1	2	1	1	3	1	0	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1
5	1	2	1	0	x	3	1	4	1	0	1	2	1	1	3	1	0	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1
6	0	1	2	1	1	x	2	2	0	1	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	1	1	0	0	0	3	x	3	1	0	1	2	1	1	2	1	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	2	2	1	1	2	2	4	x	1	2	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
10	1	2	1	0	0	3	1	4	1	x	1	2	1	1	3	1	0	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1
11	1	1	1	0	0	2	1	3	1	0	x	2	1	1	3	1	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0	1
12	0	2	2	1	1	1	2	3	0	1	2	X	1	0	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
13	0	2	1	0	0	2	1	3	0	0	1	1	X	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
14	0	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	x	3	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
15	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
16	0	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	x	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
17	1	2	1	0	0	3	1	4	1	0	1	2	1	1	3	1	x	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1
18	0	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	0	1	x	0	0	0	2	0	1	0	0	0
19	0	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	0	1	0	x	0	0	2	0	1	0	0	0
20	1	2	2	1	1	3	2	5	1	1	2	2	2	1	4	1	1	1	1	x	0	3	0	1	1	0	1
21	1	2	2	1	1	3	2	5	1	1	2	2	2	1	4	1	1	1	1	0	x	3	0	1	1	0	1
22	0	0	1	1	1	2	1	2	0	1	1	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	x	0	1	0	0	0

23	1	2	2	1	1	3	2	5	1	1	2	2	2	1	4	1	1	1	1	0	0	3	x	1	1	0	1
24	1	2	2	1	1	2	2	4	1	1	2	1	2	1	3	1	1	1	1	0	0	3	0	x	1	0	1
25	0	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	2	0	1	x	0	0
26	1	2	2	1	1	3	2	5	1	1	2	2	2	1	4	1	1	1	1	0	0	3	0	1	1	x	1
27	0	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	X

**Πίνακας 15:** Αριθμός ειδών μοναδικά στη δεύτερη θέση.

c = number of species unique to the second quadrat

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	x	1	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
2	2	1	1	1	1	2	1	3	1	1	1	2	2	1	3	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1
3	2	1	x	0	0	3	0	3	1	0	1	2	1	1	2	1	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0	1
4	1	1	1	x	0	3	1	4	1	0	1	2	1	1	3	1	0	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1
5	1	1	1	0	x	3	1	4	1	0	1	2	1	1	3	1	0	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1
6	2	1	2	1	1	x	2	2	0	1	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	2	0	0	0	0	3	x	3	1	0	1	2	1	1	2	1	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0	1
8	4	2	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	2	2	1	1	2	2	4	x	1	1	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
10	1	1	1	0	0	3	1	4	1	x	1	2	1	1	3	1	0	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1
11	2	1	1	0	0	2	1	3	1	0	x	2	1	1	3	1	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0	1
12	1	2	2	1	1	0	2	3	0	1	2	x	1	0	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
13	1	2	1	0	0	2	1	3	0	0	1	1	X	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
14	0	1	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	x	3	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
15	3	2	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
16	0	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	x	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
17	1	2	1	0	0	3	1	4	1	0	1	2	1	1	3	1	x	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1
18	0	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	0	1	x	0	0	0	2	0	1	0	0	0
19	0	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	0	1	0	x	0	0	2	0	1	0	0	0
20	0	2	2	1	1	3	2	5	1	1	2	2	2	1	4	1	1	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1
21	0	2	2	1	1	3	2	5	1	1	2	2	2	1	4	1	1	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1

22	2	0	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	x	0	1	0	0	0
23	0	2	2	1	1	3	2	5	1	1	2	2	2	1	4	1	1	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1
24	1	2	2	1	1	2	2	4	1	1	2	1	2	1	3	1	1	1	1	0	0	3	0	x	1	0	1
25	0	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	2	0	1	x	0	0
26	0	2	2	1	1	3	2	5	1	1	2	2	2	1	4	1	1	1	1	0	0	3	0	1	1	0	1
27	0	2	2	1	1	2	2	4	0	1	2	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	X

Πίνακας 16: Συντελεστής Ποιοτικής Ομοιότητας Sorensen Ss.

Sorensen similarity coefficient

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	x	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.20	1.00	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00	0.25	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
2	0.00	x	0.50	0.00	0.00	0.33	0.50	0.40	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.50	x	1.00	1.00	0.00	1.00	0.40	0.00	1.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.50	x	1.00	0.00	0.50	0.20	0.00	1.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.25	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.50	1.00	x	0.00	0.50	0.20	0.00	1.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.25	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	x	0.00	0.60	1.00	0.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.67	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
7	0.00	0.67	1.00	1.00	1.00	0.00	x	0.40	0.00	1.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.33	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	x	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
9	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.20	x	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00	0.25	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
10	0.00	0.00	0.50	1.00	1.00	0.00	0.50	0.20	0.00	x	0.50	0.00	0.50	0.00	0.25	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	0.33	0.50	0.40	0.00	1.00	x	0.00	0.50	0.00	0.25	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	1.00	0.00	0.00	x	0.50	1.00	0.50	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
13	0.67	0.00	0.50	1.00	1.00	0.33	0.50	0.40	1.00	1.00	0.50	0.50	x	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
14	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.20	1.00	0.00	0.00	0.50	0.50	x	0.25	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
15	0.40	0.40	1.00	0.67	0.67	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	x	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.67	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.20	1.00	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00	0.25	x	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
17	0.00	0.00	0.50	1.00	1.00	0.00	0.50	0.20	0.00	1.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.25	0.00	x	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.20	1.00	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00	0.25	1.00	0.00	x	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
19	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.20	1.00	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00	0.25	1.00	0.00	1.00	x	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	x	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	x	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.50	1.00	0.50	0.00	0.00	0.57	0.50	0.60	1.00	0.00	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	x	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	x	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	x	0.00	0.00	0.00
25	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.20	1.00	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00	0.25	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	x	0.00	1.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	x	0.00
27	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.20	1.00	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00	0.25	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.00	0.00	X

# Βιβλιογραφία

## Αγγλική Βιβλιογραφία

Agiadi, K. 2019. *Mesopelagic Fish Size Reduction in Response to the Messinian Salinity Crisis*. SpringerLink, 49-52.

Aragon, C.F. & Escudero, A. 2008. *Mating system of Helianthemum squamatum (Cistaceae), a gypsophile specialist of semi-arid Mediterranean environments*. Botanica Helvetica. DOI 10.1007/s00035-008-0855-x

Belnap, J. & Lange, O.L. 2003. *Biological Soil Crusts, Structure Function and Management*. Springer Press, Berlin.

Castillo-Monroy, A. P., Maestre, F. T., Delgado-Baquerizo, M. & Gallardo, A. 2010. *Biological soil crusts modulate nitrogen availability in semi-arid ecosystems, insights from a Mediterranean grassland*. *Plant and Soil* 333, 21–34.

Castillo-Monroy, A., Maestre, F., Rey, A., Soliveres, S., Garcia-Palacios, P. 2011. *Biological Soil Crust Microsites Are the Main Contributor to Soil Respiration in a Semiarid Ecosystem*. *Ecosystems* 14, pp 835-847.

Christodoulou, C. 2006. *Gypsophila linearifolia and Herniaria hemistemon*. In: R. Hand (ed.). *Supplementary notes to the flora of Cyprus V*. Willdenowia, pp 765-768.

Escudero, A., Palacio, S., Maestre, F., Luzuriaga, A. 2014. *Plant life on gypsum: a review of its multiple facets*. *Biological Reviews*, pp 1-18.

Ewing, R.C. 2020. *Inland Dunes of North America: White Sands*. Springer International Publishing.

Fady-Welterlen, B. 2005. *Is There Really More Biodiversity in Mediterranean Forest Ecosystems?* Wiley Online Library. <https://doi.org/10.2307/25065477>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1990. *Management of Gypsiferous Soils*. Soil Resources, FAO Soils Bulletin 62. Management and Conservation Service. FAO Land and Water Development Division, Rome.

Ford DC, Williams PW. 1989. *Karst geomorphology and hydrology*. Unwin Hyman, London, pp 601.

Gaston, K.J. & Spicer, J.I. 1998. *Biodiversity: An Introduction*. First Edition. Blackwell Publishing. Australia.

*Gypsiferous Soils*. Soil Resources, Management and Conservation Service. Land and Water Development Division, Rome.

Hadjikyriakou G. and Hand R. 2011. *Teucrium salaminium (Lamiaceae, Teucrium sect. Polium), a new species from Cyprus*. Candollea, 66: 341-351.

Hammer, O. and Harper, D.A.T. 2005. *Paleontological Data Analysis*. Online ISBN:9780470750711 | DOI:10.1002/9780470750711.

Hand R., Hadjikyriakou G.N. and Christodoulou C.S. (ed.) 2011– (continuously updated): Flora of Cyprus - a dynamic checklist. URL: <http://www.flora-of-cyprus.eu/> [30 July 2015].

Hand, R., Christodoulou, C. S., Kyratzis, A., Chrysostomou, G.& McLoughlin, E. M. 2021 *Rostraria hadjikyriakou (Poaceae), a new gypsophilous and endemic species from Cyprus*. Fl. Medit. 31: 000-000. 2021. ISSN: 1120-4052 printed, 2240-4538 online.

Hassaïri-Krid, F., Felhi, M., Fattah, N., Tlili, A. 2019. *Relationship between granulometric distribution and compressive strength of heat-treated Toarcian-Bajocian gypsum, Tunisia: implications for casting teeth in molds*. Arabian Journal of Geosciences, pp 1-11.

Have, H. and Neves M.C., 2021. Biodiversity. In: Dictionary of Global Bioethics. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54161-3\\_77](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54161-3_77).

Herrero, J. & Porta, J. 2000. *The terminology and the concepts of gypsum-rich soils*. Geoderma 96, 47–61.

Herrero, J., Artieda, O & Hudnall, W.H. 2009. *Gypsum, a tricky material*. Soil Science Society of America Journal 73, pp1757-1763.

Hewitt, J. E., Thrush, S.F., Halliday, J., Duffy C. 2005. *The Importance Of Small-Scale Habitat Structure For Maintaining Beta Diversity*. <https://doi.org/10.1890/04-1099>.

Hsu, K.J., Ryan, W.B.F., Cita, M.B. 1973. *Late Miocene desiccation of the Mediterranean*. Nature, pp 240–244. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-185X.1965.tb00815.x>.

Klimchouk, AB., Ford, DC., Palmer, AN., Dreybrodt, W. (eds). 2000. *Speleogenesis, evolution of karst aquifers*. National Speleological Society, pp 527.

Kumar, A. and Sivapullaiah, P.V. 2017. *Unpredictable Behaviour of Gypseous/Gypsiferous Soil: An Overview*. Indian Geotechnical Journal, Volume 47/Issue 4, pp 503–520.

Layman's Report LIFE12 NAT/CY/000758. 2017. Life+ Project 'Improving The Conservation Status Of The Priority Habitat Types 1520\* And 5220\* At The Rizoelia National Forest Park'.

MacArthur, R.H. 1965. *Patterns of Species Diversity*. Biological Review, 40, 510-533.

Maestre, F. T., Bowker, M. A., Canton, Y., Castillo-Monroy, A. P., Cortina, J., Escolar, C., Escudero, A., Lazaro, R. & Martinez, I. 2011. *Ecology and functional roles of biological soil crusts in semi-arid ecosystems of Spain*. Journal of Arid Environments, pp 1282-1291.

Martinez, I., Escudero, A., Maestre, F. T., de la Cruz, M., Guerrero, C. & Rubio, A. 2006. *Small scale abundance of mosses and lichens forming soil biological crusts in two semi-arid gypsum environments*. Australian Journal of Botany 54, 339–348.

Meikle R.D. 1985. *Flora of Cyprus*. Vol. 2. London: Bentham-Moxon Trust, Royal Botanic Gardens, Kew.

Meikle R.D.1977. Flora of Cyprus. Vol. 1. London: Bentham-Moxon Trust, Royal Botanic Gardens, Kew.

Messinian–Pliocene boundary in the eastern Mediterranean (Southern Cyprus basins): significance of the Messinian Lago–Mare. *Sediment. Geol.* 145, 93– 117.

Meyer, S. E. 1986. *The ecology of gypsophile endemism in the eastern Mojave Desert.* *Ecology* 67, 1303–1313.

Meyer, S. E., García-Moya, E. & Lagunes-Espinoza, L. C. 1992. *Topographic and soil surface effects on gypsophile plant community patterns in central Mexico.* *Journal of Vegetation Science* 3, 429–438.

Mota, J. F., Sola, A. J., Jimenez-Sanchez, M. L., Perez-García, F. J. & Merlo, M. E. 2004. *Gypsiculous flora, conservation and restoration of quarries in the southeast of the Iberian Peninsula.* *Biodiversity and Conservation* 13, 1797–1808.

Moore, M. J. & Jansen, R. K. 2007. Origins and biogeography of gypsophily in the Chihuahuan Desert plant group *Tiquilia* subg. *Eddya* (Boraginaceae). *Systematic Botany* 32, pp 392–414.

Norse, E. A., Rosenbaum, K. L., Wiloove, D. S., Wilcox, B. A., Romme, W. H., Johnson, D. W., and Stout, M. L. 1986. *Conserving biological diversity in our national forests.* The Wilderness Society, Washington, D.C. Google Scholar.

Oyvind, H. PAleontological Statistics, Version 4.08, 1999-2021. Reference manual. Natural History Museum. University of Oslo.

Oyvind, H., & Harper D. 2005. *Paleontological Data Analysis* - Wiley Online Books. Online ISBN:9780470750711 |DOI:10.1002/9780470750711.

Palacio, S., Escudero, A., Montserrat-Martí, G., Maestro, M., Milla, R. & Albert, A. 2007. *Plants living on gypsum: beyond the specialist model.* *Annals of Botany* 99, pp 333–343.

Papadopoulou-Vrynioti K., Bathrellos G.D., Skilodimou H.D., Kaviris G., Makropoulos K. 2013. *Karst collapse susceptibility mapping considering peak ground acceleration in a rapidly growing urban area*. *Engineering Geology*. pp 77-88, doi: 10.1016/j.enggeo.2013.02.009, Elsevier.

Rivas-Martínez, S. & Costa, M. 1970. *Comunidades gipsícolas del centro de Espana*. *Anales del Instituto Botanico A.J. Cavanilles* 27, pp 193–224.

Rouchy, J.M., Orzag-Sperber, F., Blanc-Valleron, M-M., Pierre, C., Riviére, M., Ewing, R. 2020. *Inland Dunes of North America*. Springer Nature Switzerland, pp 207-237.

Verberk, W. 2011. *Explaining General Patterns in Species Abundance and Distributions*. *Nature Education Knowledge*. 3(10):38

## **Ελληνική Βιβλιογραφία**

Αποστόλου, Ι. 2019. *Ποικιλότητα Ιχθύων Υποπαραλιακής Ζώνης στο Αιγαίο Πέλαγος*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Μυτιλήνη.

Δεληπέτρου Π., Χριστοδούλου Χ.Σ. 2016. *Οδηγός αναγνώρισης και χαρτογράφησης των οικοτόπων του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ στην Κύπρο*. Τμήμα Περιβάλλοντος, Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Λευκωσία, Κύπρος.

Δημητρακόπουλος Π, Κόκκορης Δ. Γ., Ντάλιας Π. 2005. *Βιολογική ποικιλότητα*. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Αθήνα.

Ευαγγέλου Μ. 2007. *Προτυπα Βιοποικιλότητας Φυτικών Ειδών Σε Περιοχές Του Δικτύου "Natura 2000" Του Ελληνικού Χωρου*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Αριστοτελείο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Καρανδεινός, Μ.Γ. 2007. *Ποσοτικές οικολογικές μέθοδοι, Από τη θεωρία στην πράξη*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

- Κουζάλη Η., Δημόπουλος Π., Χριστοδούλου Χ., Ανδρέου Μ. 2014. Έκθεση για τη σύνθεση και δομή του τύπου οικοτόπου \*1520. Πανεπιστήμιο Frederick, Λευκωσία
- Κωνσταντίνου Γ., Παναγίδης Ι. 2013. Κύπρος και Γεωλογία. Επιστήμη – Περιβάλλον – Πολιτισμός. Πολιτιστικό Ίδρυμα Τραπέζης Κύπρου. Λευκωσία.
- Μπαθρέλλος, Γ. 2007. Πλανήτης Γη - Καρστικά Φαινόμενα. Τμήμα Γεωλογίας. Τομέας Γενικής, Θαλάσσιας Γεωλογίας & Γεωδυναμικής. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Παπαθεοδώρου, Ε.Μ., Στάμου. Γ.Π, 2013 *Εδαφικές Διεργασίες και Αποκατάσταση Εδαφών*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Παπαμίχου, Ν. 1996. *Δασικά Εδάφη: Σχηματισμός, Ιδιότητες, Συμπεριφορά*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Σελ 35.
- Πετρίδης, Δ. 2015. *Ανάλυση πολυμεταβλητών τεχνικών: Εφαρμογές Περιπτώσεων*. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Αθήνα.
- Σακελλαρίου, Μ.Γ. 2005. *Εργαστήριο Δομικής Μηχανικής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.
- Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης. *Καρστικά φαινόμενα και προβλήματα στα Γυψούχα πετρώματα της Κύπρου*. Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Λευκωσία.
- Τμήμα Δασών. 2013. *Δήλωση Δασικής Πολιτικής*. Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πορών και Περιβάλλοντος. Λευκωσία.
- Τμήμα Δασών. *Διαχειριστικό Σχέδιο του Εθνικού Δασικού Πάρκου Ριζοελιάς και των Δασών Άλωνας και Μελισσιών*. Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Λευκωσία.
- Τσιντίδης Τ., Χατζήκυριακου Γ.Ν. και Χριστοδούλου Χ.Σ. 2002. *Δέντρα και Θάμνοι στην Κύπρο*. Ίδρυμα Α.Γ. Λεβέντη - Φιλοδασικός Σύνδεσμος Κύπρου. Λευκωσία.
- Τσιντίδης Τ., Χριστοδούλου Χ.Σ., Δεληπέτρου Π. και Γεωργίου Κ. 2007. *Το Κόκκινο Βιβλίο της Χλωρίδας της Κύπρου*. Φιλοδασικός Σύνδεσμος Κύπρου. Λευκωσία.

Χατζηχαμπής, Α. 2018. *Βιολογική Ποικιλότητα: Μελέτη Ποικιλότητας Χερσαίων Βιοκοινοτήτων*. Σεμινάρια Παιδαγωγικού Ινστιτούτου Κύπρου. Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού. Λευκωσία.

orykta.gr, [Πρόσβαση: 18.9.2020]