



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ  
ΠΜΣ «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»**

**«Χρήση της πληροφορίας που αφορά χαρακτηριστικά των κύκλων ζωής των μακροβενθικών ασπόνδυλων (Πολύχαιτοι), με σκοπό την εκτίμηση της ποιότητας των ενδιατημάτων των θαλάσσιων μεταβατικών οικοσυστημάτων της Μεσογείου»**

Μεταπτυχιακή Διατριβή  
της φοιτήτριας

**ΜΑΡΚΑΝΤΩΝΑΤΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ**

**Υπεύθυνος Καθηγητής: Δρ. Ι. Καρακάσης  
Υπεύθυνος Ερευνητής: Δρ. Χ. Αρβανιτίδης**

Φορέας εκπόνησης Διατριβής  
Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιοποικιλότητας και Γενετικής  
Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.),  
Παράρτημα Κρήτης



*..... Αφιερωμένο .....*

*.....στους γονείς μου Μαρία και Βασίλη,  
την αδερφή μου Πάολα,*

*στην Αγγέλα που πάντα είναι μαζί μας...*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια φαίνεται να υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για τον τρόπο που οι βιοκοινωνίες και το περιβάλλον αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και για την επίδρασή τους στη λειτουργικότητα οικοσυστήματος. Η φυλογενετική ποικιλότητα, η οποία στις σχέσεις συγγένειας των οργανισμών και εκφράζεται, σύμφωνα με τους Clarke & Warwick (2001), από τους δείκτες Ταξινομικής Διακριτότητας (Taxonomic Distinctness)  $\Delta^+$  και  $\Lambda^+$ . Τα νέα ερωτήματα που προέκυψαν για τις σχέσεις των οργανισμών και των διαδικασιών μέσω των οποίων ανταποκρίνονται στις περιβαλλοντικές αλλαγές εκφράζονται με την έννοια της λειτουργικής ποικιλότητας. Τα ερωτήματα αυτά είναι πολύ σημαντικά στην προσπάθειά μας να κατανοήσουμε και να προβλέψουμε μελλοντικές μεταβολές της βιοποικιλότητας και άλλα περιβαλλοντικά θέματα που αφορούν την ανθρωπογενή πίεση που δέχονται τα παράκτια οικοσυστήματα.

Η Λειτουργική Ποικιλότητα (Functional Diversity) συνδέεται με τη γενική συμπεριφορά που εμφανίζει ένας οργανισμός μέσα σ' ένα συγκεκριμένο περιβάλλον και περιγράφεται με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά είναι αυτά που ορίζουν τα είδη στο επίπεδο του οικολογικού τους ρόλου σε ένα οικοσύστημα, εκφράζοντας τον τρόπο που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον αλλά και με τα υπόλοιπα είδη.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η απόδοση προσφάτων πολυμεταβλητών μεθόδων καθώς και νέων δεικτών περιγραφής της Λειτουργικής Διακριτότητας (Functional Distinctness)  $\chi_{eq}^+$  και  $\Psi_{eq}^+$ , που στηρίζονται στη μεθοδολογία που πρότειναν οι Petchey & Gaston (2002). Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται στη χρήση πολυμεταβλητών αναλύσεων, γνωστή και ως Αναλύση Βιολογικών Χαρακτηριστικών (Biological Trait Analysis, BTA), οι οποίες συνδυάζουν πληροφορία σχετική με τους κύκλους ζωής των μακροβενθικών πολύχαιτων στα μεσογειακά και ελληνικά μεταβατικά οικοσυστήματα. Η προσέγγιση αυτή (ABX) έχει εφαρμοστεί ελάχιστα μέχρι τώρα στα θαλάσσια περιβάλλοντα, σε αντίθεση με τα χερσαία και τα γλυκά νερά, όπου πρώτο- εφαρμόστηκε και πλέον αποτελεί μέρος της τυπικής προσέγγισης.

Τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Βιολογικών Χαρακτηριστικών συγκρίθηκαν με εκείνα από αντίστοιχη εργασία στο ταξινομικό/ φυλογενετικό επίπεδο που πραγματοποιήθηκε στο παρελθόν και εντοπίστηκαν σχέσεις συμπληρωματικότητας στα πρότυπα της πληροφορίας που παίρνουμε από τα δύο διαφορετικά επίπεδα. Παρά τις δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν στο επίπεδο της μεθοδολογίας, σε ορισμένες περιπτώσεις η προσέγγιση της λειτουργικής διακριτότητας, καθώς και των αντίστοιχων πολυμεταβλητών μεθόδων, φαίνεται να αποδίδουν καλύτερα από την αντίστοιχη προσέγγιση της ταξινομικής διακριτότητας, ενώ άλλες φορές όχι. Αυτό φαίνεται να έχει σχέση με τη κλίμακα της παρατήρησης.

Με την εργασία αυτή έγινε κατανοητό ότι η ποσοτικοποίηση της Λειτουργικής Ποικιλότητας, δηλαδή η ποικιλία και το εύρος των λειτουργικών χαρακτηριστικών που κατέχει η πανίδα ενός οικοσυστήματος, όσο και η ανάπτυξη πρότυπης μεθόδου για το σκοπό αυτό, είναι δύσκολη και απαιτείται καλή γνώση του συστήματος, των διεργασιών και των οργανισμών που αλληλεπιδρούν μέσα σε αυτό. Η πληροφορία που παρέχεται από το λειτουργικό επίπεδο είναι συμπληρωματική αυτής που προέρχεται από το ταξινομικό επίπεδο.

Λέξεις Κλειδιά: βιοποικιλότητα, λειτουργική ποικιλότητα, ταξινομική διακριτότητα, λειτουργική διακριτότητα, Ανάλυση Βιολογικών Χαρακτηριστικών, λειτουργικά χαρακτηριστικά, λειτουργικές ομάδες, λειτουργικότητα οικοσυστήματος

## ABSTRACT

In recent years, the potential of species in playing important roles in ecosystems and the rapidly emerging interest in biodiversity conservation have prompted ecologists to ask new questions on the relationships between 'diversity' and 'ecosystem function'.

*Phylogenetic Diversity* is based on the relationships between organisms and is expressed, according to Clarke & Warwick (2001) by the *Taxonomic Distinctness* indices  $\Delta^+$  and  $\Lambda^+$ . The relationships between organisms and processes through which they are adapted to environmental changes are expressed by a new term called "*Functional Diversity*". Measuring *Functional Diversity* is very important in order to understand and predict future variation of biodiversity, concerning also issues about human impact on transitional waters.

*Functional Diversity* refers to the general function of an organism within a given environment, and is described by the *functional traits* this organism possesses. *Functional traits* are those that define species in terms of their ecological roles - how they interact with the environment and with other species.

In the present study we tested the performance of a recently described multivariable methods and new indices describing *Functional Distinctness*  $X_{eq}^+$  and  $\Psi_{eq}^+$ , based on the methodology proposed by Petchey & Gaston (2002). This approach uses multivariate statistical analysis, commonly known as *Biological Traits Analysis* (BTA), which combines information concerning life cycles of macrobenthic polychaetes in Mediterranean and Hellenic transitional waters.

Most experimental evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning comes from terrestrial and fresh water ecosystems, where this method has become part of the typical analysis, in contrast to the marine environment where this approach is still under questions.

The results produced by the *Functional Distinctness* performed on the datasets from the Mediterranean and Greek coastal lagoons where compared with

those from the same set of data as produced by the *Taxonomic Distinctness* (TD) approach. The comparison shows patterns deriving from the functional level are complementary to those from the taxonomic/ phylogenetic level.

The results stemming from the functional level performed better the status of the coastal lagoons examined as compared to the taxonomic/ phylogenetic level. This is probably linked to the scale of observation we have each time.

Quantifying *Functional Diversity* (i.e. the range and variability of functional traits a biota possesses), and the development of an appropriate methodology for this purpose, is extremely difficult demanding good knowledge of the ecosystem and the biology of the organisms living in the ecosystem.

Keywords: biodiversity, functional diversity, taxonomic distinctness, functional distinctness, Biological Traits Analysis, functional traits, functional groups, ecosystem functioning

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

A_1. Λειτουργικότητα των Οικοσυστημάτων και Βιοποικιλότητα	1
A_2. Λειτουργική ποικιλότητα (Functional Diversity)	3
A_3. Τεχνικές Γρήγορου Προσδιορισμού (Rapid Assessment Techniques, RATs)	5
A_4. Ανάλυση Βιολογικών Χαρακτηριστικών (Biological Trait Analysis, BTA)	8
A_5. Υπολογισμός Λειτουργικής Ποικιλότητας	10
A_6. Παράκτια Μεταβατικά Οικοσυστήματα της Μεσογείου	13
A_7. Υπόθεσεις και Στόχος εργασίας	15

### B. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

B_1. Περιοχές Μελέτης	17
B_2. Προεπεξεργασία Δεδομένων	23
B_2.1. Συλλογή και οργάνωση πληροφορίας	23
B_2.1.α. Επιλογή λειτουργικών χαρακτηριστικών	23
B_2.1.β. Τύπος πληροφορίας για τα λειτουργικά χαρακτηριστικά	24
B_2.1.γ. Ορισμοί των λειτουργικών χαρακτηριστικών για τα μακροβενθικά Πολύχαιτα	25
B_2.1.δ. Οργάνωση της πληροφορίας και των ποιοτικών τιμών για τα λειτουργικά χαρακτηριστικά	26
B_2.2. Εύρεση πληροφορίας για τις ποιοτικές τιμές των λειτουργικών χαρακτηριστικών στα είδη Πολυχαίτων	27
B_2.2.α. Συλλογή πρωτογενούς πληροφορίας για τις τιμές των χαρακτηριστικών κύκλου ζωής των μακροβενθικών πολυχαίτων ("scores")	28
B_2.3. Δημιουργία Βάσης Δεδομένων	29
B_2.3.α. Σύνθεση Γλωσσάριου λειτουργικών χαρακτηριστικών	30
B_2.3.β. Αρχή Λειτουργίας της Βάσης Δεδομένων και Ενημέρωση δεδομένων	30
B_2.4. Δημιουργία αρχείων με τη λειτουργική πληροφορία για τη στατιστική ανάλυση	31
B_3. Δείκτες Ταξινομικής και Λειτουργικής Διακριτότητας	33
B_3.1. Δείκτες Ταξινομικής/ Φυλογενετικής Διακριτότητας	33
B_3.2. Δείκτες Λειτουργικής Διακριτότητας	37
B_4. Συντελεστές Gamma+ (G+) και Theta+ (Th+)	45

B_5. Πολυμεταβλητές Αναλύσεις	48
B_5. 1. Χωνιά κατανομής (Probability Funnels) των δεικτών βιοποικιλότητας	48
B_5. 2. Διαγράμματα εφαρμογής Μη μετρικής Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (Non metric -Multi Dimensional Scaling, nmMDS )	49
B_5. 3. Διαγράμματα εφαρμογής Δευτέρου Επιπέδου Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης	51
B_5. 4. Διαγράμματα εφαρμογής Τρίτου Επιπέδου Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης	51
B_5. 5. Ιεραρχική Ομαδοποίηση (Hierarchical Clustering)	52

## Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Γ_1. Αποτελέσματα στο Μεσογειακό επίπεδο	55
Γ_1. 1. Διαγράμματα αριθμού λειτουργικών χαρακτηριστικών και κατανομής των ταξινομικών επιπέδων που ανήκουν τα είδη της κάθε μεσογειακής λιμνοθάλασσας	55
Γ_1. 2. Χωνιά Κατανομής με βάση τους δείκτες της Λειτουργικής Διακριτότητας στις Μεσογειακές λιμνοθάλασσες	57
Γ_1. 3. Διαγράμματα Ιεραρχικής ομαδοποίησης (Cluster Analysis) βασισμένο στα λειτουργικά χαρακτηριστικά για τους συντελεστές ομοιότητας Gamma <sup>+</sup> και Theta <sup>+</sup>	60
Γ_1. 4. Διαγράμματα εφαρμογής Μη μετρικής Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (nm MDS) και Ιεραρχικής ομαδοποίησης (Cluster Analysis) στις Μεσογειακές Λιμνοθάλασσες	62
Γ_2. Αποτελέσματα στο Ελληνικό επίπεδο	68
Γ_2. 1. Διαγράμματα αριθμού λειτουργικών χαρακτηριστικών και κατανομής των ταξινομικών επιπέδων που ανήκουν τα είδη της κάθε ελληνικής λιμνοθάλασσας	68
Γ_2. 2. Χωνιά Κατανομής με βάση τους δείκτες της Λειτουργικής Διακριτότητας (Χε <sub>q</sub> <sup>+</sup> και Ψε <sub>q</sub> <sup>+</sup> ) στις ελληνικές λιμνοθάλασσες	70
Γ_2. 3. Διαγράμματα Ιεραρχικής ομαδοποίησης (Cluster Analysis) βασισμένο στα λειτουργικά χαρακτηριστικά για τον συντελεστή Gamma <sup>+</sup> στις Ελληνικές Λιμνοθάλασσες	75
Γ_2. 4. Διαγράμματα εφαρμογής Μη μετρικής Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (nm MDS) και Ιεραρχικής ομαδοποίησης (Cluster Analysis) στις Ελληνικές Λιμνοθάλασσες	76
Γ_2. 4. α. Πρώτου επιπέδου μη μετρική Πολυδιάστατη Κλιμάκωση (nm MDS)	76
Γ_2. 4. β. Δεύτερου επιπέδου πολυδιάστατη κλιμάκωση (2 <sup>nd</sup> stage MDS)	77
Γ_2. 4. γ. Τρίτου επιπέδου πολυδιάστατη κλιμάκωση (3 <sup>rd</sup> stage MDS)	79



## Δ. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Δ_1. Απόδοση προτεινόμενης μεθοδολογίας και απόκρισή της στα πραγματικά δεδομένα	82
Δ_1. 1. Απόδοση δεικτών λειτουργικότητας $X_{eq^+}$ και $\Psi_{eq^+}$	82
Δ_1. 2. Απόδοση Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης Βιολογικών Χαρακτηριστικών (MDS)	84
Δ_2. Γενική Απόδοση της προτεινόμενης μεθοδολογίας της Πολυμεταβλητής Ανάλυσης Βιολογικών Χαρακτηριστικών	86
Δ_2. 1. Επιλογή λειτουργικών χαρακτηριστικών	87
Δ_2. 2. Μελλοντική έρευνα: <i>Εμπλουτισμός της Βάσης Δεδομένων</i>	89
Δ_2. 3. Δοκιμή χαρακτηριστικών- Δημιουργία λίστας προτεινόμενων χαρακτηριστικών	89
Δ_2. 4. Δημιουργία θεωρητικού μοντέλου	90
Δ_2. 5. Περιορισμοί στην ερμηνεία	91

## Ε. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 92

### ΣΤ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα I: Παρουσίαση λειτουργικών χαρακτηριστικών

Παράρτημα II: Δεδομένα για Ελληνικές λιμνοθάλασσες

Παράρτημα III: Δεδομένα για Μεσογειακές λιμνοθάλασσες

Παράρτημα IV: Γλωσσάριο, ορισμοί λειτουργικών χαρακτηριστικών

Παράρτημα V: Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν κατά την εύρεση και την οργάνωση πληροφορίας

Παράρτημα VI: Αρχή λειτουργίας Βάσης Δεδομένων

## A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### A\_1. Λειτουργικότητα των Οικοσυστημάτων και Βιοποικιλότητα

Τα τελευταία χρόνια, η διαπίστωση ότι ο ρόλος των ειδών σε ένα οικοσύστημα είναι πιο πολύπλοκος από όσο φανταζόμαστε, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη ανάγκη για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, έχουν ωθήσει τους επιστήμονες να θέσουν νέα ερωτήματα για τις σχέσεις μεταξύ βιοποικιλότητας (*'biodiversity'*) και λειτουργικότητας του οικοσυστήματος (*'ecosystem function'*) (Walker, 1992; Schultze and Mooney, 1993; Loreau *et al.*, 2002). Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η παγκόσμια πανίδα εξαφανίζεται με ταχύτατους ρυθμούς (Chapin *et al.*, 2000) και υπολογίζεται ότι μέχρι το 2050 θα έχουμε χάσει το 18-35% των ειδών ως αποτέλεσμα των κλιματικών αλλαγών (Thomas *et al.*, 2004).

Η μελέτη των συνεπειών, εξαιτίας της μείωσης της βιοποικιλότητας, είναι ένας πολύπλοκος τομέας που αναζητά την κατανόηση του τρόπου που επηρεάζουν τη λειτουργικότητα ενός συστήματος παράγοντες όπως οι αλλαγές στη σύνθεση των ειδών, στη κατανομή και στην αφθονία τους (Schulze & Mooney 1993; Kinzig *et al.* 2002; Loreau *et al.*; 2002; Naem 2002; Naem and Wright, 2003).

Η λειτουργικότητα ενός οικοσυστήματος είναι η γενική έννοια που αναφέρεται στη συνολική απόδοση των συστημάτων (Jax, 2005; Bremner, 2008). Στο παρελθόν έχουν αποδοθεί στον όρο πολλές ερμηνείες, αλλά σε γενικές γραμμές ο όρος λειτουργικότητα συστήματος περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες (ιδιότητες, αγαθά και υπηρεσίες) που διέπουν ένα οικοσύστημα και τις συνιστώσες που το χαρακτηρίζουν (Bremner, 2008).

Η λειτουργικότητα ενός οικοσυστήματος, δεν καθορίζεται μόνο από τη φυλογενετική σύνθεση της πανίδας του, αλλά και από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, τη κατανομή και την αφθονία των ατόμων, καθώς και τη βιολογική τους δραστηριότητα (Naem and Wright, 2003).

Η σχέση βιοποικιλότητας (*"biodiversity"*) και λειτουργικότητας του οικοσυστήματος (*"ecosystem function"*), ή όπως αλλιώς μνημονεύεται στους

επιστημονικούς κύκλους η “*BEF agenda*”, είναι κεντρικές έννοιες στην οικολογία. Θα πρέπει να μελετηθούν διεξοδικά ώστε να γίνουν προβλέψιμες σε ό,τι αφορά τον τρόπο που οι βιοκοινωνίες και τα οικοσυστήματα αντιδρούν στις περιβαλλοντικές αλλαγές. Επίσης είναι αναγκαίο να γίνει απόλυτα κατανοητός ο τρόπος που επηρεάζει η μείωση της βιοποικιλότητας τα οικοσυστήματα και τις υπηρεσίες που μας προσφέρουν σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο (Duffy, 2003), αν δεν επιθυμούμε ως κοινωνία να έρθουμε σύντομα αντιμέτωποι με προβλήματα που θα δημιουργηθούν από τις ελλείψεις αυτές.

## A\_2. Λειτουργική ποικιλότητα (Functional Diversity)

Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει σαφής σχέση ανάμεσα στην αφθονία των ειδών και τη *λειτουργική ποικιλότητα*, παρόλο που μια διαπίστωση του τρόπου που μεταβάλλονται οι ιδιότητες ενός οικοσυστήματος σε σχέση με την αφθονία, θα ήταν πολύ χρήσιμη (Sommerfeld *et al.*, 2008).

Η *Λειτουργική Ποικιλότητα* ορίζεται ως η ποικιλία και το εύρος των λειτουργικών χαρακτηριστικών που κατέχει η πανίδα ενός οικοσυστήματος (Wright *et al.*, 2006), η οποία είναι πιθανό να εκφράζει και τη λειτουργικότητα του ίδιου του οικοσυστήματος (Hooper *et al.*, 2002, 2005; Heemsbergen *et al.*, 2004). Παρόλα αυτά, τόσο η ποσοτικοποίηση αυτής της έννοιας, όσο και η ανάπτυξη πρότυπης μεθόδου για τη μελέτη της, είναι ακόμη πολύ δύσκολη (Hooper *et al.*, 2005).

Η λειτουργική ποικιλότητα συνδέεται με τον αριθμό, τον τύπο και την κατανομή των λειτουργιών που εμφανίζουν τα είδη μέσα σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον (Diaz & Cabido 2001). Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά (*functional traits*) είναι αυτά που εκφράζουν τον τρόπο που αλληλεπιδρούν τα είδη με το περιβάλλον αλλά και με τα υπόλοιπα είδη (Bremner *et al.*, 2003). Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν τα είδη ικανά να επιτελούν διάφορες λειτουργίες του οικοσυστήματος, όπως η σταθερότητα της σύστασης και ο εμπλουτισμός των ιζημάτων με οξυγόνο. Για το λόγο αυτό οι κύριες λειτουργικές ιδιότητες των ειδών λαμβάνονται υπόψη από τη μοντέρνα προσέγγιση του οικοσυστήματος: τη *μεταβολική θεωρία* (*metabolic theory*, Brown *et al.*, 2004).

Παραδοσιακά, στα θαλάσσια οικοσυστήματα η *λειτουργική ποικιλότητα* καθοριζόταν από την ταξινομική σύσταση των δειγμάτων, παρόλο που σήμερα γνωρίζουμε ότι αυτό περιγράφει ελάχιστες αλλαγές στα χαρακτηριστικά των λειτουργικών ρόλων (Bremner *et al.*, 2003). Αυτή η προσέγγιση έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως για την εκτίμηση ανθρωπογενών επιπτώσεων και πολλές φορές συνδέθηκε η μεταβολή χαρακτηριστικών όπως οι τροφοληπτικοί μηχανισμοί, η διάρκεια ζωής, το μέγεθος σώματος και η κινητικότητα με αλλαγές στη σύνθεση της κοινωνίας όσο αυτή εκτίθεται σε παράγοντες πίεσης και διατάραξης, όπως τα αστικά απόβλητα (Poore & Kudenov 1978, Grizzle 1984), ανοξία (Beukema *et al.* 1999) και η αλιεία

(Brown & Wilson 1997; Ramsay *et al.* 1998; Spencer *et al.* 1998; Hall-Spencer *et al.* 1999). Παρόλο που η ταξινομική προσέγγιση φαίνεται να ανταποκρίνεται στις περιβαλλοντικές μεταβολές που προκαλούνται από την επιβάρυνση, δεν είναι ξεκάθαρο ποιές είναι οι οικολογικές λειτουργίες που τις προκαλούν. Οργανισμοί που παρουσιάζουν ίδιους οικολογικούς ρόλους δεν ανταποκρίνονται πάντα με τον ίδιο τρόπο στη μεταβολή ενός παράγοντα (Ramsay *et al.* 1998) γιατί παρόλο που μοιράζονται κάποιες σημαντικές συμπεριφορές, πιθανώς να διαφέρουν σε κάποιες με πιο πολύπλοκο τρόπο (Bremner *et al.*, 2003).

Δυστυχώς, οι περισσότερες μελέτες που έχουν ερευνήσει τη σχέση βιοποικιλότητας και λειτουργικότητας προέρχονται από τα χερσαία οικοσυστήματα (Naeem *et al.* 1994; Tilman *et al.* 1997; Hector *et al.* 1999; Schmid *et al.* 2001; Giller *et al.*, 2004). Το μωσαϊκό των ενδιαιτημάτων στα θαλάσσια οικοσυστήματα είναι πολύπλοκότερο χωρικά σε αντίθεση με εκείνα της χέρσου (Schindler and Scheuerell 2002), αφόσον υπάρχει ισχυρή αλληλεπίδραση μεταξύ των ενδιαιτημάτων (π.χ. πελαγική και βενθική ζώνη, Giller *et al.*, 2004). Κάθε οικοσύστημα αποτελείται από πολυάριθμους και διαφορετικούς τύπους ενδιαιτήματος, με αποτέλεσμα η αλλαγή χωρικής κλίμακας να μην αναφέρεται πάντα σε ομοιογενείς περιοχές (Giller *et al.* 2004) και η σύγκριση του θαλάσσιου με τον χερσαίο χώρο να μην είναι πάντα επιτυχής.

### A\_3. Τεχνικές Ταχείας Εκτίμησης (Rapid Assessment Techniques, RATs)

Η περιγραφή και μέτρηση της λειτουργικότητας ενός οικοσυστήματος φαίνεται δύσκολη, ειδικά αν λάβουμε υπόψη τις διαφωνίες της ερευνητικής κοινότητας για τον ορισμό του όρου (Bremner, 2008). Δεν υπάρχει μοναδική παράμετρος που να περιγράφει τη λειτουργικότητα ολόκληρου του οικοσυστήματος (Giller *et al.*, 2004), και έτσι ο πιο κατάλληλος τρόπος ενδέχεται να είναι οι πολυμεταβλητές αναλύσεις (Duffy and Stachowicz, 2006) οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιούν όλη τη πληροφορία που υπάρχει σε οποιαδήποτε μήτρα του τύπου *είδη x σταθμοί*, ή *λειτουργικά χαρακτηριστικά x σταθμοί*.

Στην προσπάθεια ποσοτικοποίησης και μέτρησης της αλλαγής της βιοποικιλότητας όμως οι ευρωπαϊκοί και εθνικοί οργανισμοί απαιτούν ταχύτερες τεχνικές υπολογισμού των μεταβολών της (Féral *et al.*, 2003). Η δημιουργία *Τεχνικών Ταχείας Εκτίμησης (Rapid Assessment Techniques, RATs)* έρχεται να καλύψει την ανάγκη αυτή. Πολλές τεχνικές αναπτύχθηκαν σ' αυτό τον τομέα (Clark, 1997; Gray, 2000; Clarke & Warwick, 2001; Magurran, 2004) και απέδειξαν ότι η πληροφορία που βασίζεται στην κατανομή των ανώτερων ταξινομικών επιπέδων μπορεί να είναι εξίσου χρήσιμη σε θέματα που αφορούν τη βιοποικιλότητα και το περιβάλλον (Warwick, 1988). Οι προσεγγίσεις που χρησιμοποιούν την ταξινομική πληροφορία στην θαλάσσια οικολογία είναι:

- ✓ Ανάλυση που εφαρμόζεται σε ταξινομικά επίπεδα ανώτερα από αυτό του είδους (Warwick, 1988; Warwick *et al.*, 1990; Somerfield and Clarke, 1995; Olsgard *et al.*, 1997; 1998), προσέγγιση που ονομάζεται «ταξινομική επάρκεια» (*taxonomic sufficiency*)

- ✓ Ανάλυση που χρησιμοποιεί δείκτες βιοποικιλότητας οι οποίοι εμπεριέχουν πληροφορία σχετικά με τις φυλογενετικές/ ταξινομικές σχέσεις μεταξύ των επιπέδων (τάξα), όπως για παράδειγμα ο μέσος όρος ταξινομικής διακριτότητας ( $\Delta^+$ , *average taxonomic distinctness*) και η μεταβλητότητα της ταξινομικής διακριτότητας ( $\Lambda^+$ , *variation in taxonomic distinctness*).

Οι δείκτες προσπαθούν να απεικονίσουν ποσοτικά την αλλαγή στο περιβάλλον, μειώνοντας την πολυπλοκότητα του συστήματος μετατρέποντάς την σε απλό αριθμητικό πρόβλημα. Πρόκειται δηλαδή για αριθμούς των οποίων η μεταβολή υποτίθεται ότι αντιπροσωπεύει συγκεκριμένη περιβαλλοντική αλλαγή (Sommerfield *et al.*, 2008). Ένας τέτοιος δείκτης θα μπορούσε να είναι χρήσιμος σε θέματα διαχείρισης, αν πληροί συγκεκριμένες προϋποθέσεις (Rice, 2003; Leonard *et al.*, 2006).

Στα θαλάσσια οικοσυστήματα πιο συγκεκριμένα, η διακύμανση των δεικτών ποικίλλει (Féral *et al.*, 2003) και χρησιμοποιούνται κυρίως για την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων ή για μια γενικότερη εκτίμηση της βιοποικιλότητας. Συνήθως εκφράζονται μέσω του αριθμού των παρόντων τάξων σε ένα σύστημα (αφθονία ειδών, species richness), την κατανομή των σχετικών αφθονιών των τάξων μέσα στο δείγμα (κυριαρχία ή ομοιοκατανομή, dominance or evenness), ή μετρήσεις με σκοπό τον συνδυασμό των δύο αυτών διαστάσεων (π.χ. Shannon-Wiener diversity) (Rosenzweig, 1995). Αυτές οι προσεγγίσεις όμως εξαρτώνται από τη δειγματοληπτική προσπάθεια και το μέγεθος του δείγματος. Για παράδειγμα, για την εκτίμηση μιας περιοχής, η μέθοδος θα είναι προβληματική εάν τα δομικά χαρακτηριστικά των περιοχών αυτών που επιλεχθούν (σημεία αναφοράς ή σημεία ελέγχου) δεν είναι συγκρίσιμα (Sommerfield *et al.*, 2008).

Αντίθετα, οι δείκτες βιοποικιλότητας εμφανίζονται ανεξάρτητοι από το μέγεθος του δείγματος, με την εξαίρεση των πολύ μικρών δειγμάτων. Η ιδιότητα αυτή (ανεξαρτησία από το μέγεθος του δείγματος) έχει ως συνέπεια οι δείκτες αυτοί να μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κάτω από προϋποθέσεις, σαν συγκριτικό μέσο για διάφορες μελέτες με διαφορετικά μεγέθη δειγματοληπτικής προσπάθειας. Επιπρόσθετα, δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης καταλόγων ειδών με ιστορικά δεδομένα περιοχών, των οποίων η σύγκριση της βιοποικιλότητας ήταν αδύνατη παλαιότερα (Warwick and Clarke, 2001). Τέλος οι Warwick & Clarke (1998) διαπίστωσαν ότι οι δείκτες ταξινομικής διακρίσιμότητας δεν επηρεάζονται από τα μειονεκτήματα της αφθονίας των ειδών.

Έτσι, οι δείκτες αυτοί είναι ικανοί να απεικονίσουν το βαθμό της ρύπανσης σε σχέση με αυτές που προέρχονται από την αφθονία, οι οποίες θεωρείται ότι

επηρεάζονται περισσότερο από τις φυσικές διακυμάνσεις (Olsgard *et al.*, 1997; 1998; Olsgard and Somerfield, 2000; Arvanitidis *et al.*, 2008).

Οι συγκρίσεις των προτύπων σε επίπεδο ειδών και ανώτερων ταξινομικών κατηγοριών φαίνεται να είναι πιο κοντά σε επιβαρημένες περιοχές από ότι σε καθαρές («Υπόθεση της Ιεραρχικής απόκρισης στην πίεση», «*hierarchical response-to-stress hypothesis*»; Olsgard *et al.*, 1997, 1998; Olsgard and Somerfield, 2000). Σε ανθρωπογενώς επιβαρημένες περιοχές λοιπόν, οι αφθονίες μπορούν να διακριθούν σε λίγες κατηγορίες ταξινομικών ειδών, με αποτέλεσμα στο ακραίο παράδειγμα μιας ενδεχόμενης ρύπανσης η οποία μειώνει τον αριθμό των ειδών κάθε οικογένειας σε ένα είδος, τα πρότυπα σε επίπεδο γένους κι οικογένειας θα παραμείνουν ίδια (Arvanitidis *et al.*, 2008).

Μελέτες που βασίζονται σε ανώτερα ταξινομικά επίπεδα (π.χ. οικογένεια ή και ανώτερο), απαιτούν ελάχιστο κόστος και χρόνο σε σύγκριση με αυτές που στηρίζονται στο επίπεδο των ειδών (Warwick, 1988; Kingston and Riddle, 1989; Ferraro and Cole, 1995) καθώς οι δεύτερες δεν περιγράφουν απαραίτητα χωρικά πρότυπα, ιδιαίτερα όταν οι μεταβολές είναι ισχυρές, όπως για παράδειγμα σε ρυπασμένες περιοχές (Pearson and Rosenberg, 1978; Boesch and Rosenberg, 1981; Warwick, 1988; Ferraro and Cole, 1990; Olsgard *et al.*, 1997; 1998).



#### A\_4. Ανάλυση Βιολογικών Χαρακτηριστικών (ABX), (Biological Trait Analysis, BTA)

Μια από τις πλέον γρήγορα εξελισσόμενες πολυμεταβλητές τεχνικές είναι αυτή της Ανάλυσης Βιολογικών Χαρακτηριστικών (Biological Traits Analysis; Statzner *et al.*, 1994).

Η μέθοδος περιγράφει το ρόλο των βιολογικών χαρακτηριστικών των ειδών και θεωρεί ότι τα χαρακτηριστικά αυτά είναι άμεσα συσχετιζόμενα με τα αίτια μεταβολής της κατανομής των ειδών (Usseglio-Polatera *et al.* 2000b), σε αντίθεση με τη ταξινομική/ φυλογενετική προσέγγιση (Bremner *et al.*, 2003). Η αντικατάσταση των ειδών είναι συχνό φαινόμενο που απαντά σε μεγάλη γεωγραφική κλίμακα (Gee & Warwick 1996, Engle & Summers 1999, Lancellotti & Vasquez 1999). Οι γενικεύσεις σχετικά με τη λειτουργικότητα της σύνθεσης των ειδών είναι δύσκολες όταν η κατανομή των ανώτερων ταξινομικών επιπέδων ποικίλει από δείγμα σε δείγμα και από περιοχή σε περιοχή (Bremner *et al.*, 2003). Η ABX χρησιμοποιεί τις ιδιότητες που μοιράζονται πολλά taxa σε μια κοινωνία ανεξάρτητα από την κατανομή των ειδών και από τη γεωγραφική περιοχή (Doledec *et al.* 1999, Charvet *et al.* 2000, Usseglio-Polatera *et al.* 2000b).

Με άλλα λόγια, η BAX στοχεύει στην περιγραφή των πολλαπλών ενδεχομένων της λειτουργικότητας που στηρίζεται στα χαρακτηριστικά των βιολογικών συνιστωσών του οικοσυστήματος, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες ιδιότητες ('functional traits') των ειδών σαν μέτρα προσέγγισης και εκτίμησης της λειτουργικότητας, εξετάζοντας παράλληλα τη συχνότητα εμφάνισης των χαρακτηριστικών στα δείγματα (ή μεταξύ των δειγμάτων, Bremner 2006b).

Η δομή των βιοκοινοτήτων καθορίζεται από τη μεταβλητότητα του ενδιαιτήματος (habitat variability) ενώ τα λειτουργικά χαρακτηριστικά μπορούν να δώσουν πληροφορία για το πώς συμπεριφέρονται οι οργανισμοί και τα συστήματά τους σε συνθήκες ανθρωπογενούς πίεσης (Lavelle *et al.* 1997). Η συγκεκριμένη ανάλυση βασίζεται στη θεωρία του ενδιαιτήματος φόρμας (habitat templet theory) η οποία υποστηρίζει ότι τα λειτουργικά χαρακτηριστικά είναι αποκλειστικά

αποτέλεσμα της απόκρισης των οργανισμών στις μεταβολές του περιβάλλοντος (Southwood 1977).

Η *Ανάλυση Βιολογικών Χαρακτηριστικών* λαμβάνει υπόψη ένα εύρος των γνωρισμάτων των ειδών μέσα σε ένα δείγμα, ώστε να μην αγνοήσει καμία λειτουργία και να μην υπερεκτιμήσει κάποια σε βάρος άλλης, ενώ ταυτόχρονα συμπεριλαμβάνει την πολυπλοκότητα του συστήματος (Bremner *et al.*, 2003) αφού χρησιμοποιεί όλη τη διαθέσιμη πληροφορία και δεν χρησιμοποιεί δείκτες για την περιληπτική εκτίμησή του. Αλλαγές στα πρότυπα της έκφρασης των λειτουργικών χαρακτηριστικών μεταξύ των δειγμάτων, σε επίπεδο μεταβολής των σχετικών αφθονιών/ βιομάζας των τάξων που διαθέτουν συγκεκριμένα γνωρίσματα, είναι ικανές να συσχετιστούν με τις επιπτώσεις της αθροιστικής πίεσης (Usseglio-Polatera *et al.*, 2000). Τα βιολογικά χαρακτηριστικά μπορούν να υπάρχουν σε οργανισμούς από εντελώς διαφορετικές ταξινομικές ομάδες (Doledec and Statzner, 1994) και σε μεγάλου εύρους γεωγραφική κλίμακα (Charvet *et al.*, 2000; Statzner *et al.*, 2001; Bremner 2006b).

Η μη- παραμετρική πολυδιάστατη κλιμάκωση (nMDS) χρησιμοποιείται συχνά για να απεικονίσει αλλαγές στα πρότυπα θαλάσσιας βιοποικιλότητας (Clarke, 1993). Η ABX χρησιμοποιεί τη πολυμεταβλητή ανάλυση για να περιγράψει τα πρότυπα της κατανομής των βιολογικών χαρακτηριστικών σε όλα τα δείγματα, δηλαδή τους τύπους των λειτουργικών χαρακτηριστικών που είναι παρόντα στα δείγματα και τη σχετική συχνότητα με την οποία εμφανίζονται (Bremner, 2006b).

Η προσέγγιση αυτή δεν έχει εφαρμοστεί συχνά στα θαλάσσια οικοσυστήματα, αλλά χρησιμοποιείται πλέον συστηματικά στα χερσαία (Olf *et al.* 1994, McIntyre *et al.* 1995) και στα γλυκά νερά (Townsend & Hildrew 1994, Castella & Speight 1996; Bremner *et al.*, 2003).

## A\_5. Φιλοσοφία και προσέγγιση της Λειτουργικής Ποικιλότητας

Αναγνωρίζοντας τη χρησιμότητα της μέτρησης των διαφορετικών επιπέδων της βιοποικιλότητας που απορρέουν από τη “συγγένεια” (“relatedness”) των ειδών (Harper and Hawksworth, 1994), οι Warwick and Clarke (2001) περιέγραψαν ποικιλία μετρήσεων που στηρίζονταν στη ταξινομική διασπορά των ειδών μέσα στα δείγματα, και όχι απλώς στην αφθονία των ειδών. Χρησιμοποιώντας προσομοιώσεις και με μηδενική υπόθεση ότι κάθε είδος του αποθέματος έχει την ίδια πιθανότητα να επιλέγεται σε όλα τα δείγματα και σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, απέδειξαν ότι ο Μέσος ορος Ταξινομικής διακριτότητας ( $\Delta^+$ ) μπορεί να υπερπηδήσει όλα τα προβλήματα που είχαν οι μετρήσεις που αφορούσαν τον αριθμό των ειδών. Μάλιστα, χαρακτηρίζονται από πολλές επιθυμητές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα αυτή της ανεξαρτησίας από τη δειγματοληπτική προσπάθεια και το μέγεθος του δείγματος.

Οι Warwick and Clarke (2001) εφάρμοσαν τη δοκιμασία της τυχαιότητας Monte Carlo με σκοπό να συγκρίνουν την παρατηρούμενη τιμή της *ταξινομικής διακριτότητας* με την “αναμενόμενη” τιμή που προέρχεται από την αρχική λίστα των ειδών, δηλαδή το απόθεμα. Τυχαία υποδείγματα (τυπικά για 1000) με έναν συγκεκριμένο αριθμό ειδών επιλέγονται από το απόθεμα, και χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της τυχαίας (“αναμενόμενης”) κατανομής των τιμών του  $\Delta^+$  και του  $\Lambda^+$ . Αν η ίδια διαδικασία επαναληφθεί για διαφορετικούς αριθμούς ειδών, οι αναμενόμενες τιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό ενός χωνιού κατανομής πιθανότητας με όρια εμπιστοσύνης 95%. Εάν το δείγμα έχει μικρότερη ή μεγαλύτερη από την αναμενόμενη τιμή ταξινομικής διακριτότητας για το συγκεκριμένο αριθμό ειδών θα φανεί από το αν η τιμή του τοποθετείται πάνω ή κάτω από το 95% των ορίων του χωνιού κατανομής (Clarke and Warwick, 1998). Αυτό που αναμένεται είναι οι τιμές της ταξινομικής διακριτότητας από μια ποικιλία μη διαταραγμένων περιοχών να τοποθετηθούν μέσα στα όρια εμπιστοσύνης αυτής της κατανομής ενώ οι διαταραγμένες περιοχές να τοποθετηθούν έξω και κάτω από αυτά (Warwick and Clarke, 2001) εκφράζοντας το γεγονός ότι έχουν μικρότερες τιμές ταξινομικής διακριτότητας από τις αναμενόμενες.

Σύμφωνα με τους Petchey και Gaston (2002b), η *Λειτουργική Ποικιλότητα* προσεγγίζεται με το συνολικό μήκος των κλάδων του λειτουργικού δενδρογράμματος (“Υλικά και Μέθοδοι”, διάγραμμα 3), το οποίο πολύ συχνά χρησιμοποιείται στις πολυμεταβλητές προσεγγίσεις χωρίζοντας τα είδη σε *λειτουργικές ομάδες (functional groups, FGs; Chapin et al., 1996; Diaz and Cabido, 1997; Lavorel et al., 1997; Petchey and Gaston, 2002b; Warwick and Clarke, 2001)*.

Σαν μονάδα μέτρησης, η *Λειτουργική Ποικιλότητα* έχει κάποιες αξιοσημείωτες ιδιότητες: μετράει το μέγεθος της συμπληρωματικότητας μεταξύ των λειτουργικών χαρακτηριστικών των ειδών, με τον ίδιο τρόπο που η φυλογενετική ποικιλότητα είναι συνδεδεμένη με τα σπάνια εξελισσόμενα χαρακτηριστικά μεταξύ των ειδών, εκτιμώντας τη διασπορά των ειδών στο λειτουργικό χώρο (Petchey and Gaston, 2002b). Με τον όρο “*συμπληρωματικότητα*” εννοούμε την ιδιότητα ενός συνόλου αντικειμένων που υφίσταται όταν τουλάχιστον κάποια αντικείμενα (χαρακτηριστικά) στη μία ομάδα αντικειμένων (είδη), διαφέρουν από ένα άλλο σύνολο αντικειμένων (ειδών) (Williams, 2001). Για παράδειγμα, μεγάλες διαφορές μεταξύ των λειτουργικών χαρακτηριστικών των ειδών, συνεπάγεται σε μεγαλύτερη λειτουργική συμπληρωματικότητα και αυξημένη *Λειτουργική Ποικιλότητα* (Petchey and Gaston, 2002b).

Το *λειτουργικό δενδρόγραμμα* απεικονίζει τις σχέσεις των ειδών όπως αποτυπώνονται στα ανώτερα λειτουργικά επίπεδα, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο ομαδοποιούνται τα είδη σε ανώτερες κατηγορίες ανάλογα με τις ομοιότητες των λειτουργικών χαρακτηριστικών τους. Από το δενδρόγραμμα αυτό υπολογίζεται το συνολικό μήκος των κλάδων του και μπορούν να κατασκευαστούν τα λειτουργικά χωνιά κατανομής και ο θεωρητικός λειτουργικός μέσος όπως ακριβώς και στην περίπτωση της *ταξινομικής διακρίτοτητας* (Petchey & Gaston, 2002b).

Οι πολύχαιτοι αποτελούν μία από τις πιο διαδεδομένες ομάδες με παρουσία σε όλα τα θαλάσσια οικοσυστήματα και με μεγάλη εξελικτική επιτυχία. Η μαζική τους παρουσία, ακόμα και στα πιο ασταθή περιβάλλοντα (είναι άφθονοι και ευρέως διαδεδομένοι σε οικολογική και γεωγραφική κλίμακα τόσο στα θαλάσσια περιβάλλοντα, όσο και στα γλυκά νερά, αλλά και στη χέρσο), σε συνδυασμό με το γεγονός ότι

αποτελούν μια από τις πιο καλά μελετημένες ομάδες, τους καθιστά κατάλληλους για τη κατανόηση των στρατηγικών ζωής που επιλέγουν οι οργανισμοί ώστε να αναπαραχθούν και να διαβιώσουν σε τέτοιου είδους περιβάλλοντα. Η παρουσία τους δε σε ακραία περιβάλλοντα έχει ευνοήσει την ικανότητά τους να προσαρμόζονται σε οριακές συνθήκες, καθιστώντας τους ιδανικούς οργανισμούς για τη μελέτη των χαρακτηριστικών των κύκλων ζωής (Prevedelli and Simonini, 2003). Η ποικιλομορφία των τρόπων επιβίωσης που υιοθετούν τα θαλάσσια σκουλήκια, αντανακλά την τεράστια πλαστικότητα που τα χαρακτηρίζει (Prevedelli and Simonini, 2003) και την ανοχή τους σε διαφορετικά επίπεδα στρες (Dauer, 1984). Οι ιδιότητες των μακροβενθικών οργανισμών, όπως η σχετική κινητικότητα και τα σχετικά μεγάλα χρονικά διαστήματα ζωής (lifespan) κάποιων ειδών, τα καθιστούν καλούς δείκτες της περιβαλλοντικής κατάστασης μιας περιοχής (Dauer, 1984).

## A\_6. Παράκτια Μεταβατικά Οικοσυστήματα της Μεσογείου

Τα παράκτια μεταβατικά οικοσυστήματα αποτελούν ιδανικό περιβάλλον για την εκτίμηση της σημαντικότητας των διαφόρων δυναμικών συνιστωσών μιας κοινότητας και της δομής της σε τοπικό επίπεδο, εξαιτίας των χαρακτηριστικών τους, που όταν συνδυάζονται, κάνουν τα συγκεκριμένα οικοσυστήματα ιδιαίτερα στο παράκτιο τοπίο (Basset *et al.*, 2006).

Οι εκβολές των ποταμών, οι λίμνες και οι παράκτιες ημίκλειστες περιοχές (ponds) που επικοινωνούν με τη θάλασσα, αποτελούν μεταβατικά περιβάλλοντα, εξαιτίας της μορφολογικής και δυναμικής μεταβολής που συμβαίνει μεταξύ των οριακών περιβαλλόντων χέρσος- θάλασσα. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η διαρκής μεταβολή των φυσικο- χημικών παραμέτρων, με κυριότερη αυτή της αλατότητας (Cognetti and Maltagliati, 2000).

Τα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα έχουν χαρακτηριστικά που μπορούν να γενικευτούν και για άλλου τύπου μεταβατικά συστήματα (Basset *et al.*, 2006; Elliott and McLusky, 2006). Το εύρος της ανταλλαγής και πρόσμιξης αλμυρού και θαλασσινού ύδατος, σε συνδυασμό με την ανομοιογένεια των διαδικασιών απόθεσης και διάβρωσης, αποτελούν κρίσιμο παράγοντα σε πολλά είδη (Basset, Galuppo & Sabetta, 2006). Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά μπορεί να καθορίζουν σημαντικά τη διαδικασία *διήθησης του θώκου* (*niche filtering*) στα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα, επιλέγοντας ανάλογα είδη σύμφωνα με κάποιες λειτουργίες όπως η ωσμωρρύθμιση (Hauxwell, *et al.*, 1998), η αντοχή στην ανοξία (Smale and Rabeni, 1995), και η προσαρμογή στις θερμοκρασιακές μεταβολές (Nair and Anger, 1972).

Τα μεταβατικά οικοσυστήματα αποικούνται από οργανισμούς που προέρχονται απευθείας από τις πηγές εισόδου νερού. Εφόσον αυτά τα συστήματα παρέχουν επαρκείς πόρους για τα είδη (θρεπτικά, οργανικό άνθρακα κλπ.), η διασπορά και η διάχυσή τους, είναι αναμενόμενο να αποτελούν συσχετιζόμενες διαδικασίες για τη παρουσία πολλών ειδών και για αυτό η σχετική ομοιογένεια της σύστασης και σύνθεσης των βιο- κοινωνιών είναι αναμενόμενη λόγω της ισχυρής διήθησης και διασποράς. Από την άλλη πλευρά, τα παράκτια μεταβατικά οικοσυστήματα διαμορφώνονται σε κατηγορίες σύμφωνα με τη γεωμορφολογία τους (Kjerfve, 1994), την αλατότητα (Battaglia, 1959) και τον βαθμό απομόνωσής τους από τη θάλασσα (Guelorget and Perthuisot, 1983; Guelorget *et al.*, 1983), οπότε είναι

αναμενόμενο να έχουμε ισχυρή διήθηση του θόκου, ως αποτέλεσμα του βαθμού ανομοιογένειας της σύνθεσης των ειδών στους διάφορους τύπους λιμνοθάλασσας.

Στη Μεσόγειο, τα παράκτια μεταβατικά οικοσυστήματα και οι οργανισμοί τους έχουν αποτελέσει αντικείμενο πολλών μελετών είτε σε επίπεδο ειδών και των προσαρμογών τους (Cognetti and Maltagliati, 2000), είτε σε επίπεδο ρύπανσης, μέσω της μελέτης της απόκρισης του συστήματος και δεικτών (Reizopoulou and Nicolaidou, 2004; Mouillot, *et al.*, 2006).

## A\_7. Υπόθεσεις και Στόχος εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια προσπάθεια προσέγγισης της βιοποικιλότητας βασισμένη στα λειτουργικά γνωρίσματα των ειδών των πολυχαίτων που ζουν στα μεταβατικά οικοσυστήματα της Μεσογείου (λιμνοθάλασσες). Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά είναι αυτά που καθορίζουν τον οικολογικό ρόλο των ειδών μέσα στο οικοσύστημα, εκφράζοντας τον τρόπο που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον αλλά και τα υπόλοιπα είδη. Συνεπώς η μέτρηση της λειτουργικής ποικιλότητας είναι απαραίτητη για να εξακριβώσουμε τον τρόπο που η κατανομή των λειτουργικών χαρακτηριστικών μεταβάλλεται μεταξύ των δειγμάτων/σταθμών/περιοχών.

Στη μελέτη αυτή, επιχειρείται η επέκταση της έννοιας της ταξινομικής διακριτότητας ώστε να δύναται να ενσωματώνει τις λειτουργικές σχέσεις των ειδών αλλά και των ανώτερων λειτουργικών επιπέδων, προς την παραγωγή αντίστοιχων δεικτών λειτουργικής διακριτότητας. Επιπλέον, η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται και για την εφαρμογή πρόσφατων πολυμεταβλητών μεθόδων (ntMDS, bdMDS; Arvanitidis *et al*, 2008), αντίστοιχων των δεικτών της διακριτότητας.

Η κεντρική υπόθεση εργασίας είναι ότι ένα υγιές οικοσύστημα θα περιλαμβάνει είδη με λειτουργικά χαρακτηριστικά τα οποία έχουν επιλεγεί τυχαία από τη διαθέσιμη ποικιλότητα των λειτουργικών χαρακτηριστικών των ειδών που συνιστούν το απόθεμα της ευρύτερης περιοχής. Σύμφωνα με την υπόθεση της «ιεραρχικής-απόκρισης-στο-στρές» (“*hierarchical response- to-stress hypothesis*”, Olsgard *et al.*, 1997), οι περιβαλλοντικές συνθήκες απαιτούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και έτσι τα είδη που δεν τα διαθέτουν θα εξαφανισθούν πρώτα.

Η εξαφάνιση ειδών που προκαλείται από μια ενδεχόμενη ανθρωπογενή πίεση, ξεκινάει από τα είδη που έχουν μοναδικές λειτουργίες σε σύγκριση με τα κοινά είδη, τα οποία θα έχουν τη τάση να εμφανίζουν και κοινά λειτουργικά χαρακτηριστικά. Καθώς η διατάραξη αυξάνεται, οι επιδράσεις γίνονται αισθητές σε ανώτερα επίπεδα λειτουργικής πολυπλοκότητας (σε αντιστοιχία με εκείνα της ταξινόμησης). Πρακτικά, αυτό σημαίνει, όπως υποστηρίζει η υπόθεση της «ιεραρχικής-απόκρισης-στο-στρές», ότι θα μειωθούν τα λειτουργικά επίπεδα πολυπλοκότητας, και συνεπώς θα μειωθούν οι αποστάσεις και τα κλαδιά του



αντίστοιχου λειτουργικού δενδρογράμματος, που συνεπάγεται σε μείωση της λειτουργικής διακριτότητας.

Πρακτικά, αυτό σημαίνει σύμφωνα με τα παραπάνω, ότι οι περιβαλλοντικά διαταραγμένες περιοχές θα εμφανίσουν χαμηλότερες τιμές λειτουργικής ποικιλότητας από αυτές που αναμένονται. Επιπλέον, οι λιμνοθάλασσες που δέχονται μεγαλύτερη ανθρωπογενή πίεση θα διαφοροποιηθούν από τις υπόλοιπες που έχουν χαρακτηριστεί μη-επιβαρυμένες.

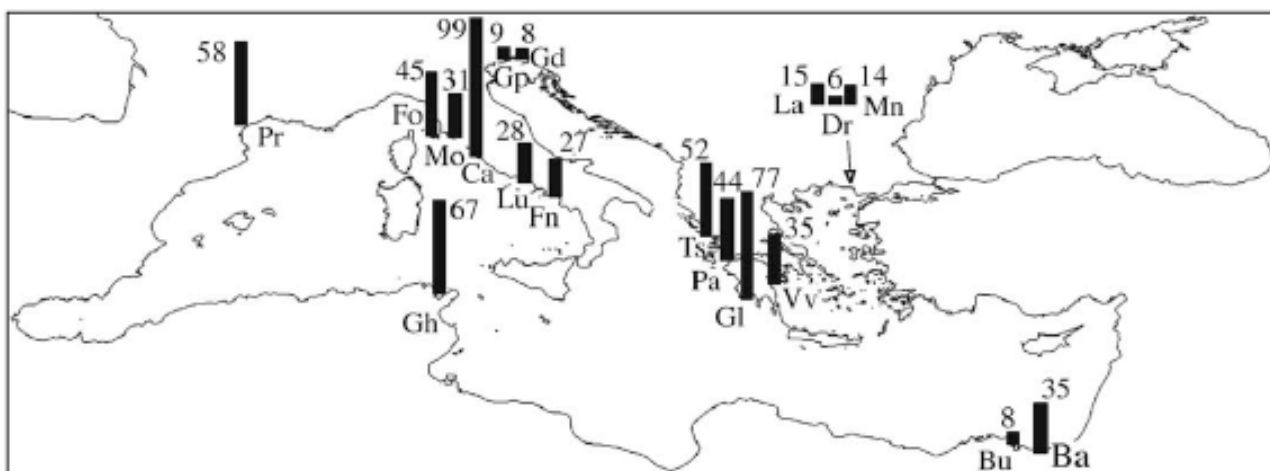
## B. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### B\_1. Περιοχές Μελέτης στα μεσογειακά και ελληνικά παράκτια μεταβατικά οικοσυστήματα

Οι δύο σειρές των δεδομένων οι οποίες αναλύθηκαν στα πλαίσια της εργασίας αυτής, προέρχονται από διαφορετικές χρονικές περιόδους δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν σε λιμνοθάλασσες τόσο του μεσογειακού (εικ.1) και του ελλαδικού χώρου (εικ.2).

Τα βιοτικά δεδομένα για την επεξεργασία των μεσογειακών μεταβατικών οικοσυστημάτων αφορούν 77 είδη Πολυχαίτων όπου έχουν αναφερθεί από συνολικά 15 λιμνοθάλασσες (πίν. 1), 4 από τις οποίες ανήκουν στον ελλαδικό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα κατάλογο ειδών μακροβενθικών πολυχαίτων από τις λιμνοθάλασσες Prevost (Guelorget & Michel, 1997a,b), Fogliano, Monaci, Caprolace, Fondi & Lungo (Gravina *et al.*, 1989), Ghar el Melh (Romdhane & Chakroun, 1986), Goro (τόσο το ρυπασμένο- “polluted” όσο και το αναμοχλευμένο-“dredged” τμήμα της), Τσοπέλι και Βιβάρι (Reizopoulou *et al.*, 1996), Γιάλοβα (Koutsoubas *et al.*, 2000), Μεσολόγγι (Nikolaidou *et al.*, 1988), Burollus (Samaan *et al.*, 1989) και Bardawil (Aboul-Ezz, 1988). Πάνω στον ίδιο κατάλογο ειδών, οι Arvanitidis *et al.* (2005a,b) εφάρμοσαν τόσο πολυμεταβλητές αναλύσεις, όσο και τους δείκτες ταξινομικής διακριτότητας με σκοπό την εύρεση κατάλληλων μεθόδων που διακρίνουν φυσικά διαταραγμένες λιμνοθάλασσες, από εκείνες που δέχονται ισχυρή ανθρωπογενή επίδραση.

Τα βιοτικά δεδομένα των ελληνικών λιμνοθαλασσών, αφορούν 65 είδη Πολυχαίτων τα οποία έχουν αναφερθεί από 7 θαλάσσια μεταβατικά οικοσυστήματα του ελλαδικού χώρου (πίν. 1). Ο κατάλογος ειδών μακροβενθικών πολυχαίτων προέρχεται από τις λιμνοθάλασσες Τσοπέλι, Βιβάρι (Reizopoulou *et al.*, 1996), Γιάλοβα (Koutsoubas *et al.*, 2000), Πάπας (Reizopoulou and Nicolaidou, 2004), Μονολίμνη, Λακί και Δράνα ([http://elnet-net.hcmr.gr/data\\_sets/data\\_sets.zip](http://elnet-net.hcmr.gr/data_sets/data_sets.zip)).



**Εικόνα 1:** Γεωγραφική διανομή των μεσογειακών λιμνοθαλασσών που μελετήθηκαν στη παρούσα εργασία. Οι αριθμοί απεικονίζουν τον αριθμό ειδών για όλη τη μακροπανίδα των συγκεκριμένων περιοχών, όπως αυτές χρησιμοποιήθηκαν σε παλαιότερη μελέτη από τους Arvanitidis *et al.* (2005b).

Pr: Prevost (Γαλλία), Gh: Ghar El Mehl (Μαρόκο), Gp: Goro “polluted” (Ιταλία), Gd: Goro “dredged” (Ιταλία), Fo: Fogliano (Ιταλία), Mo: Monaci (Ιταλία), Ca: Caprolace (Ιταλία), Lu: Lungo (Ιταλία), Fn: Fondi (Ιταλία), Ts: Τσοπέλι (Ελλάδα), Pa: Πάπας (Ελλάδα), Gl: Γιάλοβα (Ελλάδα), Vv: Βιβάρτι (Ελλάδα), La :Λακί (Ελλάδα), Dr: Δράνα (Ελλάδα), Mn: Μονολίμνη (Ελλάδα), Bu: Burollus (Αίγυπτος), Ba: Bardawil (Αίγυπτος).

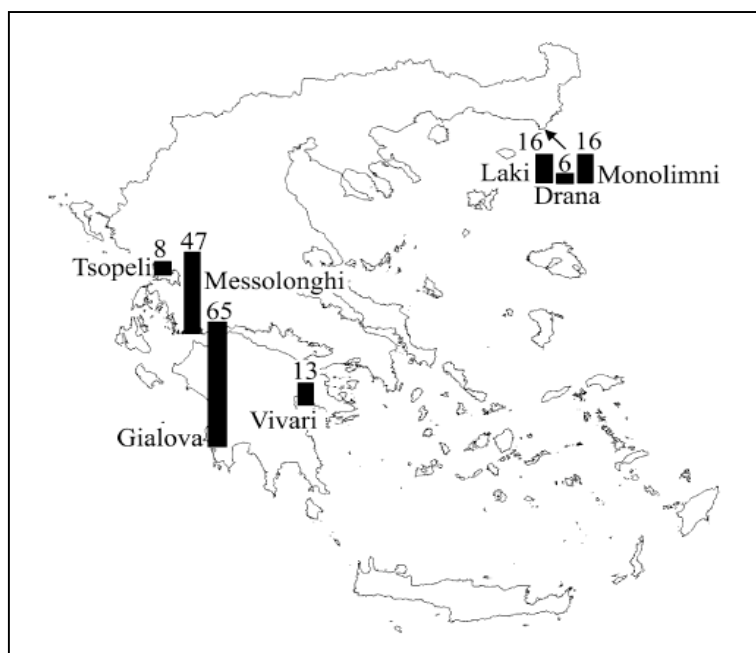
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όλες οι λιμνοθάλασσες που μελετήθηκαν, έχουν δεχτεί εντατική ερευνητική δραστηριότητα (τουλάχιστον εποχιακές δειγματοληψίες).

Γενικά, οι εποχιακές μεταβολές των περιβαλλοντικών παραμέτρων στις λιμνοθάλασσες, προκαλούν μεταβολές στο πρότυπο της αφθονίας των ειδών, κυρίως κατά το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Αντίθετα το χειμώνα και την άνοιξη φαίνεται να υπάρχει περισσότερο ομοιογενές πρότυπο (Arvanitidis *et al.*, 2008).

Αυτές οι τάσεις στις διακυμάνσεις της αφθονίας είναι συνηθισμένες στα παράκτια μεταβατικά συστήματα της Μεσογείου και περιγράφονται αναλυτικά από το κλασικό μοντέλο που πρότειναν οι Guelorget και Perthuisot (1983) κατά το οποίο εντοπίζονται δύο ακραίες καταστάσεις στο εποχιακό πρότυπο: τις θερινές περιόδους η αφθονία εμφανίζεται ομοιόμορφη στον άξονα χέρσου- θάλασσας, το χειμώνα όμως, και ιδιαίτερα την άνοιξη, η διακύμανση στον άξονα αυτό εμφανίζεται μεγάλη, με μεγάλη ποικιλότητα και μικρές αφθονίες προς τη πλευρά της θάλασσας και αντίθετα χαρακτηριστικά προς τη πλευρά της χέρσου.

Στις περισσότερες από τις λιμνοθάλασσες της Μεσογείου (Prevost, Carpolace, Fondi, Lungo, Fogliano, Monaci, Τσοπέλι, Μεσολόγγι, Γιάλοβα και Βιβάρι), όλες οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν συντείνουν στο ότι πρόκειται για συστήματα με φυσική επιβάρυνση, ενώ δεν εντοπίζουν ισχυρές ανθρωπογενείς επιδράσεις. Υπάρχουν μόνο αναφορές για οργανικό φορτίο και εποχιακή φυσική διατάραξη εξαιτίας των μεγάλων διακυμάνσεων των περιβαλλοντικών συνθηκών (Guelorget and Michel 1979a,b; Gravina *et al.* 1989; Reizopoulou *et al.* 1996; Koutsoubas *et al.* 2000).

Όμως, κάποιες από αυτές (π.χ. Ghar El Mehl) δέχονται συστηματική ανθρωπογενή επιβάρυνση από υδατοκαλλιέργειες, ενώ έχουν μεγάλη αφθονία μακροβενθικής πανίδας, χωρίς όμως αυτό να αποτελεί δείκτη επιβάρυνσης (Romdhane and Chakroun 1986; Gravina *et al.* 1989; Koutsoubas *et al.* 2000).



**Εικόνα 2:** Γεωγραφική διανομή των ελληνικών λιμνοθαλασσών που μελετήθηκαν στη παρούσα εργασία. Οι αριθμοί απεικονίζουν τον αριθμό ειδών για όλη τη μακροπανίδα των συγκεκριμένων περιοχών, όπως αυτές χρησιμοποιήθηκαν σε παλαιότερη μελέτη από τους Arvanitidis *et al.* (2005a).

**Πίνακας 1:** Συνολικός αριθμός ειδών μακροβενθικών πολυχαίτων σε κάθε μία από τις 19 μεσογειακές και 7 ελληνικές λιμνοθάλασσες που μελετήθηκαν.

Λιμνοθάλασσα	Μεσογειακός χώρος	Ελλαδικός χώρος
Γιάλοβα	28	29
Τσοπέλι	5	22
Βιβάρι	4	22
Μεσολόγγι	7	
Πάπας		23
Δράνα		6
Μονολίμνη		4
Λακή		6
Fogliano	27	
Monaci	13	
Caprolace	42	
Fondi	5	
Lungo	10	
Prevost	24	
Goro Poll.	4	
Goro Dr.	6	
Ghar El Mehl	8	
Burollus	1	
Bardawill	18	
<b>Συνολικός αριθμός ειδών</b>	<b>77</b>	<b>65</b>

Οι ιταλικές λιμνοθάλασσες Caprolace και Fogliano οι οποίες βρίσκονται πάνω στην ακτογραμμή της κεντρικής Ιταλίας στο Circeo National Park (Latium), συμπεριλαμβάνονται στη συνθήκη Ramsar από το 1978. Ο πυθμένας της λίμνης Caprolace με έκταση 2.26 km<sup>2</sup> και μέγιστο βάθος 2.9m είναι σκεπασμένος με φανερόγαμα *Ruppia cirrhosa* και *Zostera noltii* (Izzo *et al.*, *in press*; Prato *et al.*, 2008). Και τα δύο οικοσυστήματα δέχονται ελάχιστη έως μηδαμινή ανθρωπογενή επιβάρυνση (Prato *et al.*, 2008). Οι Sacca di Goro (Αδριατική) και Burollus (Θάλασσα Λεβαντίνης) όμως θεωρούνται ανθρωπογενώς επιβαρυμένα οικοσυστήματα (Arvanitidis *et al.*, 2005; 2008).

**Πίνακας 2:** Δείκτες ποικιλότητας, γεωμορφολογικές και φυσικο-χημικές παράμετροι των μεσογειακών παράκτιων μεταβατικών οικοσυστημάτων που μελετήθηκαν (από Arvanitidis *et al.*, 2008).

Ο δείκτης 1 αντιστοιχεί στις ετήσιες μέσες τιμές, ενώ ο δείκτης 2 αναφέρεται σε δείκτες από τις ετήσιες μέσες τιμές αφθονίας των ειδών της συνολικής μακροπανίδας, όπως έχουν προκύψει από τις μελέτες που προαναφέρθηκαν. Στον πίνακα συμπεριλαμβάνονται και οι αντίστοιχες κύριες βιβλιογραφικές αναφορές για κάθε περιοχή, από όπου και προέρχονται τα δεδομένα.

Lagoons	Mean macrobenthic density <sup>1</sup>	H <sup>2</sup>	J <sup>2</sup>	Surface (km <sup>2</sup> )	Mean Depth (m)	Salinity range	Temperature range	Reference
Bardawil	3,850	—	—	1,440	2.5	33.1-93.56	15.6-32.7	Abou-Ezz (1988); Siliem (1989)
Burollus	440	—	—	500	1	—	17-29.3	Samaan et al. (1989)
Carpolace	1,239	4.23	—	2.26	1.3	—	8-30	Gravina et al. (1989)
Drana	9,051	1.15	0.43	2.2	1.2	0.9-8.7	2-34	Malea et al. (2004)
Fogliano	2,489	2.6	—	4.04	0.9	18-45	7.5-28.2	Gravina et al. (1989)
Fondi	10,482	1.55	—	38	9.1	13-33	—	Gravina et al. (1989)
Ghar El Melh	—	—	—	30	—	—	9-29.5	Romdhane and Chakroun (1986); Ben Abdallah and Maamouri (2006)
Gialova	5,792	2.5	0.57	2.4	0.7	13-60	14-24	Dounas et al. (1998); present study
Laki	9,063	1.16	0.43	1	0.2	0.1-35.1	6.7-25.9	Mogias and Kevrekidis (2005)
Lungo	4,516	1.36	—	47	4.5	13-33	—	Gravina et al. (1989)
Monaci	1,687	2.99	—	0.95	0.8	—	8.9-29.2	Gravina et al. (1989)
Monolimni	27,538	1.5	0.57	1.12	0.65	0.3-5.7	1.8-28.5	Kevrekidis (2004a,b)
Papas	8,633	2.33	0.61	—	—	20-42.5	10-32	Reizopoulou and Nicolaidou (2004)
Prevost	5,485	0.51	—	38	1	17-40	24.9-12.2	Guelorget and Michel (1979a,b)
Sacca di Goro	—	—	—	25	1.5	18.4-35.6	4.9-26.9	Reizopoulou et al. (1996)
Sacca di Goro (polluted)	5,866	1.7	0.53	—	—	18.4-34.7	—	Reizopoulou et al. (1996)
Sacca di Goro (dredged)	13,921	1.7	0.52	—	—	19.9-35.6	—	Reizopoulou et al. (1996)
Tsopeli	1,648	2.35	0.59	1	—	21-35	8-29	Reizopoulou et al. (1996)
Vivari	3,716	1.42	0.41	0.5	—	31.5-40	12-34	Reizopoulou et al. (1996)

Η λιμνοθάλασσα Sacca di Goro σχηματίζεται στο δέλτα του ποταμού Po River στη βόρειο Αδριατική. Οι πιο πρόσφατες μελέτες (π.χ. Reizopoulou *et al.*, 1996) έχουν δείξει ότι ο ποταμός Po είναι δέκτης πολλών ανθρωπογενών ρυπαντών με βιομηχανική, αγροτική και κτηνοτροφική προέλευση, καθιστώντας ανοξικό το μεγαλύτερο τμήμα του βυθού της λιμνοθάλασσας της Goro, που είναι καλυμμένο με το πράσινο φύκος *Ulva rigida* χαρακτηρίστηκε ως «Goro ρυπασμένη» (“Goro polluted”). Η περιοχή χαρακτηριζόμενη ως «Goro αναμοχλευόμενη» (“Goro dredged”) δέχεται την πίεση της αλίευσης του είδους *Ruditapes philippinarum* και θεωρείται ότι δέχεται και αυτή πίεση ανθρωπογενούς προέλευσης. Και στις δύο περιοχές έχει διαπιστωθεί κυριαρχία των μικρών σε βιομάζα, αλλά άφθονων ειδών, ένδειξη ισχυρής περιβαλλοντικής πίεσης (Reizopoulou *et al.*, 1996; Viaroli *et al.*, 2006; Marchini *et al.*, 2004).

Η λιμνοθάλασσα Burollus αποτελεί μία από τις πιο επιβαρυνμένες λιμνοθάλασσες του δέλτα του Νείλου, δέκτης αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, αλλά και αποβλήτων από εκτατικές υδατοκαλλιέργειες. Τα τελευταία χρόνια έχουν σημειωθεί τεράστιες αλλαγές στη μακροπανίδα και ιδιαίτερα στην ιχθυοπανίδα της περιοχής (Arvanitidis *et al.*, 2008).

Σε ότι αφορά τις ελληνικές λιμνοθάλασσες που εξετάστηκαν στη παρούσα εργασία, αυτές που δέχονται ισχυρή ανθρωπογενή επίδραση, είναι αυτές της Δράνας (Αιγαίο) και του Πάπα (Ιόνιο).

Ο χαρακτηρισμός της Δράνας ως ανθρωπογενώς επιβαρυνόμενο οικοσύστημα απορρέει από τον αποκλεισμό της επικοινωνίας του συστήματος με τη θάλασσα, το οποίο προκαλεί ελλιπή ανανέωση υδάτων, αλλά και αποξήρανσή της για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Malea *et al.*, 2004).

Η λιμνοθάλασσα του Πάπα, επικοινωνεί με τον Πατραϊκό κόλπο και το Ιόνιο πέλαγος και χαρακτηρίζεται από φαινόμενα ευτροφισμού με εκτεταμένες περιόδους υποξίας, αλλά και συχνά ανοξικά επεισόδια (Reizoroulou and Nicolaidou, 2004).

Το λιμνοθαλάσσιο οικοσύστημα της Γιάλοβας, χαρακτηρίζεται από μια πλούσια σε αριθμό ειδών βιοκοινότητα. Η απότομη μείωση τόσο του αριθμού των ειδών όσο και της πυκνότητας που έχει καταγραφεί στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας κατά την περίοδο τέλος καλοκαιριού – αρχές φθινοπώρου αποδόθηκε στις ανοξικές συνθήκες που επικρατούν στο μεγαλύτερο τμήμα της εξαιτίας των ‘δυστροφικών κρίσεων’ (Dounas *et al.*, 1998, Arvanitidis *et al.*, 1999, McArthur *et al.*, 1999, Koutsoubas *et al.*, 2000). Η συσχέτιση του προτύπου κατανομής της βενθικής ενότητας με διαφορετικούς αβιοτικούς παράγοντες (τόσο της στήλης του νερού όσο και του ιζήματος) δείχνει ότι στη διάρκεια του καλοκαιριού κυρίαρχο ρόλο διαδραματίζει ένας μικρός αριθμός κυρίαρχων αβιοτικών παραγόντων (θερμοκρασία και συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων). Αντιθέτως, στη διάρκεια του φθινοπώρου οι αβιοτικοί παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για την κατανομή των οργανισμών στη λιμνοθάλασσα έχουν πολύ πιο κρίσιμο ρόλο (Χατζηγεωργίου, 2005).

## B\_2. Προεπεξεργασία δεδομένων

### B\_2.1. Συλλογή και Οργάνωση της Πληροφορίας

#### B\_2.1.α. Επιλογή λειτουργικών χαρακτηριστικών για τα μακροβενθικά Πολύχαιτα

Το αρχικό στάδιο της ανάλυσης απαιτεί την ενδελεχή σπουδή των βασικών λειτουργικών διεργασιών που συμβαίνουν στη ζωή ενός μακροβενθικού Πολυχαίτου, των αλληλεπιδράσεων μεταξύ οργανισμών και περιβάλλοντος, και την έκφρασή τους μέσα από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του κύκλου ζωής (Bremner, 2008). Το πιο σημαντικό βήμα στο στάδιο αυτό είναι η κατανόηση των μηχανισμών με τους οποίους τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των οργανισμών, δηλαδή τα χαρακτηριστικά του κύκλου ζωής τους (π.χ. μέγεθος, κατάληψη ενδαιτήματος, προνυμφικά στάδια, αναπαραγωγή) έχουν πραγματική επίδραση στις λειτουργίες του οικοσυστήματος όπως η παραγωγικότητα και η ολοκλήρωση των βιογεωχημικών κύκλων.

Εξαιτίας της πολυπλοκότητας των σχέσεων μεταξύ χαρακτηριστικών του κύκλου ζωής και οικολογικής *ευπάθειας* (*vulnerability*) μιας περιοχής η ορθή περιγραφή των σχέσεων αυτών είναι ελλιπής (Amano & Yamaura, 2007). Αυτό συμβαίνει είτε λόγω ανεπάρκειας της πληροφορίας για τα χαρακτηριστικά που μελετούνται, είτε εξαιτίας κάποιων χαρακτηριστικών στον κύκλο ζωής των οργανισμών με ρόλο σημαντικότερο σε σχέση με κάποια άλλα (Bremner, 2008).

Ανάλογα με το στόχο και το αντικείμενο της κάθε μελέτης, η επιλογή των λειτουργικών χαρακτηριστικών καθορίζεται από αυτά που θεωρούνται με ρόλο σημαντικό για τη λειτουργία που μελετάμε. Συνεπώς, η επιλογή των χαρακτηριστικών είναι υποκειμενική (Petchey and Gaston, 2006) και συχνά δύσκολα πραγματοποιήσιμη ώστε να καλύπτει όλες τις δυνατές περιπτώσεις που εμφανίζονται στο πεδίο. Η γνώση όμως του τρόπου με τον οποίο οι συγκεκριμένοι οργανισμοί αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον και μεταξύ τους, και του τρόπου που αυτά τα λειτουργικά χαρακτηριστικά μεταβάλλονται ανάλογα με τη μεταβολή των περιβαλλοντικών συνθηκών, είναι ικανά να περιορίσουν σημαντικά την υποκειμενικότητα αυτή (Petchey and Gaston, 2006).

Τελικά, το σημαντικό ερώτημα για την επεξεργασία των λειτουργικών δεδομένων ανάγεται στο αν αυτά τα χαρακτηριστικά που έχουν επιλεχτεί, είναι ικανά



να περιγράψουν επιτυχώς τις λειτουργικές ιδιότητες ενός συστήματος. Ο αριθμός των λειτουργικών χαρακτηριστικών και οι συσχετίσεις τους μπορούν, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, να μεταβάλλουν το επίπεδο της λειτουργικής ποικιλότητας που χαρακτηρίζει ένα δείγμα (Petchey and Gaston, 2002; 2006 Rosenfeld, 2002). Οι Petchey και Gaston (2006) τόνισαν ότι χρήση μεγαλύτερου αριθμού λειτουργικών χαρακτηριστικών από τον πραγματικά απαραίτητο, δημιουργεί τάση ένα δείγμα να εμφανίζει μικρότερη ποικιλότητα από την πραγματική (η λειτουργική ποικιλότητα είναι ευαίσθητη σε αλλαγές της αφθονίας των ειδών), ενώ αντίθετα, χρήση μικρότερου αριθμού λειτουργικών χαρακτηριστικών από αυτόν που πραγματικά χρειάζεται, κάνει ένα δείγμα με μεγάλη ποικιλότητα να εμφανίζεται φτωχότερο (αλλαγές στην αφθονία έχουν μικρή επίδραση στη λειτουργική ποικιλότητα). Έτσι, η ποικιλότητα και η επιλογή των λειτουργικών χαρακτηριστικών αποτελεί σ' ένα μεγάλο βαθμό υποκειμενικό κριτήριο.

Για τους παραπάνω λόγους, στην παρούσα εργασία συμπεριλήφθηκαν αρχικά όλα τα σημαντικά λειτουργικά χαρακτηριστικά των κύκλων ζωής των πολυχαίτων που ταυτόχρονα υπήρχε διαθέσιμη πληροφορία στις βιβλιογραφικές πηγές, χωρίς να διαχωριστούν σε βαθμό σημαντικότητας (δες Παράρτημα I, Παρουσίαση λειτουργικών χαρακτηριστικών). Σε επόμενα στάδια χρησιμοποιήθηκαν εκείνα με τα πλέον χρήσιμα για τη λειτουργικότητα του συστήματος (συνολικός αριθμός λειτουργικών χαρακτηριστικών που επιλέχθηκαν: 14). Επιπλέον, ακολούθησε η προσέγγιση του υπολογισμού των δεικτών της διακριτότητας, η οποία αφαιρεί την εξάρτησή τους από το μέγεθος και την προσπάθεια.

### B\_2.1.β. Τύπος πληροφορίας για τα λειτουργικά χαρακτηριστικά

Τα χαρακτηριστικά κύκλου ζωής που σχετίζονται με τις βιογεωχημικές διεργασίες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες του ρόλου των ειδών σε ένα οικοσύστημα. Κάποια χαρακτηριστικά από αυτά μπορούν να ποσοτικοποιηθούν άμεσα, ενώ άλλα μπορεί να απαιτούν περιγραφικούς όρους (Bremner, 2008).

Ο τύπος πληροφορίας που αναζητήθηκε, περιλαμβάνει έμμεσα ή «μαλακά» (“soft” trait, χαρακτηριστικό συνάφειας), αλλά και άμεσα ή «σκληρά» χαρακτηριστικά (“hard” trait, αφηρημένο χαρακτηριστικό). Για παράδειγμα, η απευθείας εύρεση βιβλιογραφικής αναφοράς για συγκεκριμένα χαρακτηριστικά

αποτελεί υψηλής ποιότητας πληροφορία, η οποία είναι ακριβής και σχετίζεται με την άμεση παρατήρηση των οργανισμών (π.χ. πληροφορία του τροφικού τύπου, συνοδευόμενη από ανάλυση στομαχικού περιεχομένου) και χαρακτηρίζεται «άμεσο» λειτουργικό χαρακτηριστικό (Holmes *et al.*, 1979; Muñoz and Ojeda, 1997). Αντίθετα, τα έμμεσα (Hodgson *et al.*, 1999) χαρακτηριστικά αποτελούν περιγραφική πληροφορία που αφορά έμμεσα τα υπό μελέτη λειτουργικά χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα σε μελέτες που αφορούν τα χερσαία οικοσυστήματα η επιφάνεια του φύλλου, πυκνότητα ιστών κ.ά (Knevel *et al.*, 2003).

#### B\_2.1.γ. Ορισμοί των λειτουργικών χαρακτηριστικών για τα μακροβενθικά Πολύχαιτα.

Η πληροφορία για κάθε λειτουργικό χαρακτηριστικό οργανώθηκε και χωρίστηκε σε κατηγορίες, οι οποίες καλύπτουν όλες τις ενδεχόμενες περιπτώσεις, όσο είναι αυτό εφικτό, χωρίς όμως να αλληλεπικαλύπτεται η πληροφορία που περιέχουν μεταξύ τους (Bremner, 2008).

Για τη συγκέντρωση πληροφορίας σε επίπεδο ορισμών, δηλαδή για την περιγραφή των σταδίων, των χαρακτηριστικών αλλά και του τρόπου που συνδέονται με τη λειτουργικότητα των οικοσυστημάτων, χρησιμοποιήθηκαν περίπου 150 βιβλιογραφικές αναφορές. Παρόλα αυτά, όλη η πληροφορία (πάντα σε θεωρητικό επίπεδο), ήταν απαραίτητο να ελεγχθεί ώστε να υπάρχει πλήρης γνώση του τι ορίζεται όταν αναφέρονται συγκεκριμένοι όροι για κάθε συγγραφέα ή ανάλογα τη χρονική περίοδο της μελέτης, και φυσικά καταγράφηκαν οι περισσότερες από τις πιθανές εκδοχές των ορισμών που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς.

Οι ορισμοί των λειτουργικών χαρακτηριστικών (traits) και των βασικών ποιοτικών τους τιμών (modalities) υιοθετήθηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία, με μοναδικά κριτήρια το πόσο δόκιμοι είναι οι όροι με βάση τη χρήση τους και με τον τρόπο που δίνεται ο ορισμός τους στις πλέον πρόσφατες βιβλιογραφικές πηγές και ιδιαίτερα σε εκείνες που περιέχουν και φυλογενετικές αναλύσεις. Για το βήμα αυτό απαιτήθηκε η χρονοβόρα διαδικασία βιβλιογραφικής ανασκόπησης όλων των συσχετιζόμενων όρων και κατηγοριοποιήσεων που σχετίζονται με αυτούς.

Η πληροφορία που εκφράζεται με αριθμητικές τιμές (π.χ. μέγεθος σώματος), κατηγοριοποιείται σε διαστήματα εύρους (π.χ. 2.5-10mm; 10-20mm; 20-50mm; 50-80mm; 80-100mm; >100mm). Τα διαστήματα του εύρους των τιμών σε ορισμένα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά διαμορφώθηκαν με βάση το χωρισμό των τιμών σε ίσα διαστήματα για τα χαρακτηριστικά που εμφανίζουν μικρό εύρος και σε διαστήματα με βάση την αριθμητική κλίμακα (1-100, 101-1000 σύμφωνα με τη γεωμετρική πρόοδο) για τα χαρακτηριστικά που εμφανίζουν μεγάλο εύρος (π.χ. αριθμός αυγών που παράγονται από το θηλυκό άτομο).

#### B\_2.1.δ. Οργάνωση της πληροφορίας και των ποιοτικών τιμών για τα λειτουργικά χαρακτηριστικά

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά διαχωρίστηκαν σε 3 μεγάλες κατηγορίες που αφορούν:

- i. τα γενικά χαρακτηριστικά του ενήλικου ατόμου: συνολικά 21 λειτουργικά χαρακτηριστικά (π.χ. διατροφικός τύπος, μέγεθος σώματος, κινητικότητα, τύπος υποστρώματος, θέση στην τροφική αλυσίδα, αβιοτικά χαρακτηριστικά που ευνοούν την ανάπτυξη του κ.ά.)
- ii. το στάδιο της αναπαραγωγής από την παραγωγή των γαμετικών κυττάρων και αναπαραγωγικών οργάνων μέχρι το στάδιο παραγωγής προνύμφης: συνολικά 16 λειτουργικά χαρακτηριστικά (π.χ. γονική προστασία, μέγεθος αυγών, περιοχή γονιμοποίησης, παράγοντες που προκαλούν την έναρξη της αναπαραγωγής, τύπος σπέρματος κ.ά.)
- iii. το στάδιο προνύμφης/ νεαρού ατόμου (συνολικά 11 λειτουργικά χαρακτηριστικά (π.χ. διατροφικός τύπος προνύμφης, μεταναστεύσεις, δυναμικό διασποράς, περιοχή εγκατάστασης νεαρών ατόμων, μεταμόρφωση κ.ά.)

Στάδιο κύκλου ζωής Πολυχαίτου	Αριθμός χαρακτηριστικών (Traits)	Αριθμός ποιοτικών κατηγοριών (Modalities)
Στάδιο Ενηλίκου	21	138
Στάδιο Αναπαραγωγής	16	51
Στάδιο Προνύμφης/ Νεαρού ατόμου	11	53
		242

Συνολικά	48	
----------	----	--

**Πίνακας 3:** συνολικός αριθμός λειτουργικών χαρακτηριστικών (Traits) και των αντίστοιχων ποιοτικών κατηγοριών τους (Modalities) για κάθε στάδιο ζωής (ενήλικο- αναπαραγωγή- προνύμφη/ νεαρό άτομο).

Η αναλυτική λίστα με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά που επιλέχθηκαν, οι ορισμοί και ο τρόπος με τον οποίο συμμετέχουν στη λειτουργικότητα ενός οικοσυστήματος, περιγράφονται αναλυτικά στο Παράρτημα IV (Γλωσσάριο, ορισμοί λειτουργικών χαρακτηριστικών).

Στην παρούσα μελέτη, συλλέχθηκαν αναλυτικές πληροφορίες για τον κύκλο ζωής συνολικά 121 ειδών μακροβενθικών Πολυχαίτων που έχουν αναφερθεί από τα 19 παράκτια μεταβατικά οικοσυστήματα της Μεσογείου (μεσογειακές και ελληνικές λιμνοθάλασσες). Επιλέχθηκαν συνολικά 48 χαρακτηριστικά (“traits”), τα οποία αναλύονται σε 242 τύπους ποιοτικών τιμών (“modalities”). Η πληροφορία αυτή προήλθε από 693 βιβλιογραφικές αναφορές καθώς και 20 δικτυακές πηγές.

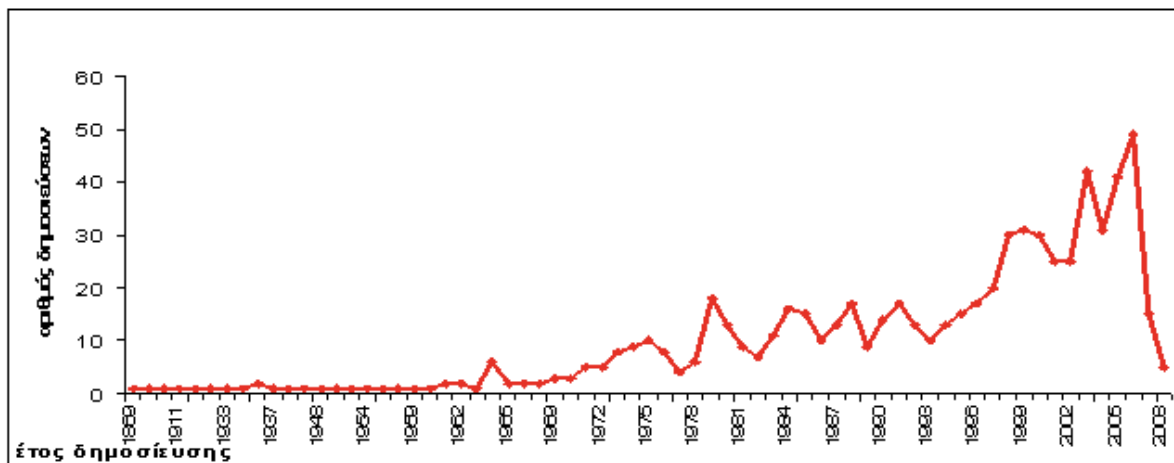
Τέλος, για την μελέτη της λειτουργικής διακριτότητας έγιναν δοκιμές πολυμεταβλητής ανάλυσης σύμφωνα με τη μορφή που παρέχεται η πληροφορία (παρουσία/ απουσία, αφθονία παρουσίας χαρακτηριστικών ανά είδος, τιμές με σειρά κατάταξης). Επίσης, επιλέχθησαν 14 βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά με κριτήριο κυρίως την διαθεσιμότητα πληροφορίας, ώστε να μελετηθεί και η παράμετρος του αριθμού χαρακτηριστικών που ενδείκνυται για τέτοιου τύπου αναλύσεις.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατανομή των βιβλιογραφικών αναφορών που χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα εργασία σύμφωνα με το έτος δημοσίευσής τους, (Διάγρ. 1), όπου φαίνεται ότι η πλειονότητα της πληροφορίας που συλλέχθηκε και αφορά τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, έχει δημοσιευτεί τις 3 τελευταίες δεκαετίες.

## B\_2.2. Εύρεση πληροφορίας για τις ποιοτικές τιμές των λειτουργικών χαρακτηριστικών στα είδη Πολυχαίτων

Οι ποιοτικές κατηγορίες για κάθε λειτουργικό χαρακτηριστικό και σε κάθε είδος παίρνουν μία τιμή (“score”) (Chevenet *et al.*, 1994), με μορφή 1/0 που αντιστοιχεί στη παρουσία/ απουσία του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού. Αυτό το

σύστημα κωδικοποίησης, επιτρέπει το συνδυασμό πληροφορίας της ενδο-ειδικής ποικιλότητας στην έκφραση των λειτουργικών χαρακτηριστικών (Bremner, 2008).



**Διάγραμμα 1:** Κατανομή των βιβλιογραφικών αναφορών που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή πληροφορίας που απαιτείται για τη συγκέντρωση των τιμών των λειτουργικών χαρακτηριστικών κάθε είδους μακροβενθικών πολυχαίτων.

### B\_2.2.α. Συλλογή πρωτογενούς πληροφορίας για τις τιμές των χαρακτηριστικών κύκλου ζωής των μακροβενθικών πολυχαίτων (“scores”)

Η πληροφορία που αφορά τις τιμές των λειτουργικών χαρακτηριστικών σε επίπεδο είδους, αναζητήθηκε σε πρωτογενή βιβλιογραφία (βάσεις δεδομένων, άρθρα δημοσιευμένα σε επιστημονικά περιοδικά και βιβλία). Η πληροφορία γίνεται αποδεκτή τελικά είναι αυτή που προέρχεται από την πιο πρόσφατη έγκυρη πηγή και κατά προτίμηση από την περιοχή της Μεσογείου. Το σύνολο της πληροφορίας καταχωρείται στη Βάση Δεδομένων (βλέπε επόμενη ενότητα).

Η πληροφορία που συγκεντρώνεται δεν περιλαμβάνει λειτουργικά χαρακτηριστικά μόνο σε επίπεδο είδους, αλλά και στις αμέσως ανώτερες ταξινομικές ομάδες (Γένος και Οικογένεια). Ο συνολικός αριθμός βιβλιογραφικών πηγών που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή πληροφορίας είναι μέχρι στιγμής 560 δημοσιεύσεις.

Η διαδικασία του διαχωρισμού της χρήσιμης πληροφορίας από τη συνολικά διαθέσιμη, για τη παρούσα ανάλυση αποτελεί μια επίπονη διαδικασία. Σε ορισμένες περιπτώσεις η πληροφορία για το ίδιο είδος ήταν ασαφής, πολλές φορές αντιφατική ακόμα και σε περιπτώσεις ξεκάθαρου ερωτήματος, όπως για αυτό του αριθμού παραγωγής αυγών από το θηλυκό. Βρέθηκαν τιμές με μεγάλη απόκλιση, αλλά και ασάφεια στο αν αυτές οι τιμές αναφέρονταν σε ένα επεισόδιο απελευθέρωσης αυγών ή σε ολόκληρο τον αναπαραγωγικό κύκλο.

Τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν σε αυτό το στάδιο αναφέρονται αναλυτικά στον Παράρτημα V (Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν κατά τη συλλογή και οργάνωση πληροφορίας).

### B\_2.3. Δημιουργία Βάσης Δεδομένων

Για τη διαχείριση του τεράστιου όγκου πληροφορίας, αναπτύχθηκε βάση δεδομένων ([www.medobis.org/traits2](http://www.medobis.org/traits2)) από το προσωπικό του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας και Γενετικής του ΕΛΚΕΘΕ Κρήτης, που εξειδικεύεται στη διαχείριση δεδομένων. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης η βάση αυτή εμπλουτίστηκε με την πληροφορία που συλλέχθηκε από τη διεθνή βιβλιογραφία.

Η συγκεκριμένη βάση δεδομένων παρέχει:

- ✓ Την ταξινομική κατάταξη των ειδών των παράκτιων μεταβατικών συστημάτων της Μεσογείου
- ✓ Γλωσσάριο με οικολογικούς και λειτουργικούς όρους που χρησιμοποιούνται στη παρούσα μελέτη
- ✓ Το θεωρητικό υπόβαθρο (ορισμοί, ορολογία, απεικόνιση λειτουργικών σχέσεων χαρακτηριστικού και οικοσυστήματος) των λειτουργικών χαρακτηριστικών που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία, καθώς και όλων των κατηγοριοποιήσεων που έχουν γίνει στο παρελθόν με ορισμούς, βιβλιογραφικές αναφορές και αιτίες που μας οδήγησαν στην απόρριψη των τιμών που κατά καιρούς προτάθηκαν
- ✓ Κατάλογο της βιβλιογραφίας από την οποία προέρχεται η πληροφορία
- ✓ Τις τιμές των λειτουργικών χαρακτηριστικών ανά είδος, γένος και οικογένεια με τις αντίστοιχες βιβλιογραφικές πηγές
- ✓ Δυνατότητα αυτόματης δημιουργίας πίνακα μορφής *i- είδη x n- λειτουργικά*

### χαρακτηριστικά

- ✓ Στατιστικά δεδομένα για τα ποσοστά διαθέσιμης πληροφορίας ανά είδος, γένος και οικογένεια
- ✓ Απευθείας ενημέρωση των ταξινομικών ονομάτων των ειδών μέσω της Βάσης Δεδομένων του European Register of Marine Species (ERMS) και του World Register of Marine Species (WoRMS, σε ανάπτυξη).

### B\_2.3.α. Σύνοψη Γλωσσάριου λειτουργικών χαρακτηριστικών

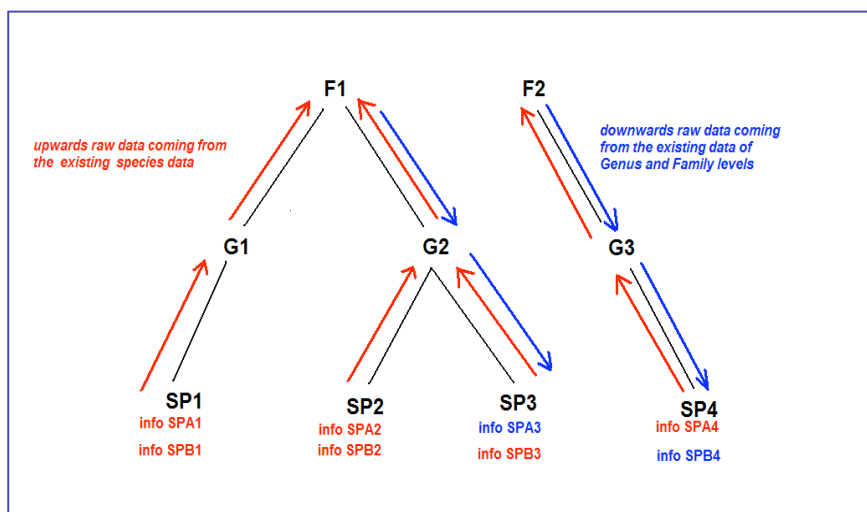
[www.medobis.org/traits/wiki/index.php/Main\\_Page](http://www.medobis.org/traits/wiki/index.php/Main_Page)

Για να είναι δυνατή η παραπέρα χρήση ή συμπλήρωση των δεδομένων από ειδικούς, ήταν απαραίτητη η σύνθεση αγγλικού γλωσσάριου, των συναφών με το αντικείμενο, βιολογικών και λειτουργικών όρων με όλες τις αναφορές τους στη διεθνή βιβλιογραφία, ασχέτως αν αυτές είναι ευρέως αποδεκτές ή όχι. Για τους ορισμούς, χρησιμοποιήθηκαν μέχρι στιγμής πάνω από 6 βιολογικά και οικολογικά λεξικά (έντυπα και ηλεκτρονικά), και ποικίλες άλλες βιβλιογραφικές πηγές (π.χ. Rouse and Pleijel, 2001; Rouse and Pleijel, 2006; Fauchald, 1983; Lincoln, *et al.*, 1998; <http://www.marlin.ac.uk/>).

### B\_2.3.β. Αρχή Λειτουργίας της Βάσης Δεδομένων και Ενημέρωση δεδομένων

Απαιτήθηκε η δημιουργία ειδικού αλγόριθμου, με τον οποίο ήταν δυνατή η συνάθροιση της πληροφορίας στις ανώτερες ταξινομικές κατηγορίες. Πιο συγκεκριμένα, για τις τιμές των λειτουργικών χαρακτηριστικών για τα οποία δεν υπάρχει πληροφορία στο επίπεδο του είδους, η τιμή αντλείται από το επίπεδο του Γένους, και αντίστοιχα, όταν δεν υπάρχει πληροφορία ούτε στο Γένος, η πληροφορία αντλείται από την οικογένεια (ροή πληροφορίας από την ανώτερη ταξινομική κατηγορία προς τη κατώτερη). Αντίστοιχα, για την ενημέρωση των ανώτερων ταξινομικών ομάδων από το είδος, όταν πάλι δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία, ο αλγόριθμος εμπλουτίζει την εξειδικευμένη πληροφορία από τη κατηγορία του είδους στις ανώτερες κατηγορίες (διάγραμμα 2). Περισσότερες λεπτομέρειες για τον

αλγόριθμο και τη ροή πληροφορίας της Βάσης Δεδομένων, υπάρχουν στο Παράρτημα VI.



Διάγραμμα 2 : απλοποιημένη μορφή του αλγόριθμου που χρησιμοποιεί η Βάση Δεδομένων για τη ροή πληροφορίας στις ανώτερες ταξινομικές κατηγορίες και αντίστροφα.

Για μεγαλύτερη ανάλυση του αλγόριθμου και του τρόπου που ενημερώνονται τα διάφορα ταξινομικά επίπεδα, βλέπε Παράρτημα VI.

#### B\_2.4. Δημιουργία αρχείων με τη λειτουργική πληροφορία για τη στατιστική ανάλυση

Η αυτόματη δημιουργία πίνακα μορφής  $i$ - είδη x  $n$ - λειτουργικά χαρακτηριστικά, επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της βάσης δεδομένων που κατασκευάστηκε. Εκεί επιλέγονται τα είδη από εκείνα που συμπεριλαμβάνονται στη λίστα και παράγεται ο πίνακας. Κατά την παραπάνω επεξεργασία ζητάμε, αν επιθυμούμε, από το λογισμικό να ενημερώσει τις τιμές όπου δεν υπάρχει πληροφορία, από τα ανώτερα τάξα, δηλαδή το Γένος και την Οικογένεια στα οποία ανήκει κάθε είδος.

Η διαδικασία αυτή παρέχει έναν πίνακα πληροφορίας που αναφέρεται στα λειτουργικά χαρακτηριστικά των ειδών που υπάρχουν σε ένα δείγμα (πίνακας: είδη x χαρακτηριστικά, πίνακας Π-1). Αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσια, ή σε συνδυασμό με πληροφορία σχετική με την αφθονία των ειδών ή με τη



κατανομή της βιομάζας, ώστε να διαμορφωθεί μια εικόνα για την οικολογική λειτουργικότητα σε ένα δείγμα στο χρόνο ή το χώρο (Bremner, 2008).

Η διαδικασία είναι άμεση και εφαρμόσιμη και πραγματοποιείται από την ιστοσελίδα (*on the fly*).

Ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε έρευνας, μια ποικιλία πολυδιάστατων μεταβλητών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης μπορούν να εφαρμοστούν στα δεδομένα (Bremner *et al.*, 2006; Chevenet *et al.*, 1994; Doledec and Chessel, 1994; Doledec *et al.*, 1996; Grime *et al.*, 1997; Haybach *et al.*, 2004; Lindborg and Eriksson, 2005), τα είδη μπορούν να συνδυαστούν σε λειτουργικές ομάδες (functional groups) μέσω της Ιεραρχικής Ομαδοποίησης (cluster analysis (Ducrot *et al.*, 2005; Grime *et al.*, 1997; Usseglio-Polatera *et al.*, 2000; Wright *et al.*, 2006), ή να υπολογιστούν δείκτες της λειτουργικής ποικιλότητας (indices of functional diversity (FD) (Botta-Dukat, 2005; Mason *et al.*, 2005; Mouillot *et al.*, 2007; Mouillot *et al.*, 2005; Petchey and Gaston, 2002; Walker *et al.*, 1999; Weithoff, 2003; Bremner, 2008).

## B\_3. Δείκτες Ταξινομικής και Λειτουργικής Διακριτότητας

### B\_3.1. Δείκτες Ταξινομικής/ Φυλογενετικής Διακριτότητας

Πρόσφατα διατυπώθηκε η άποψη ότι εξαιτίας της πολυπλοκότητας των θαλασσιών οικοσυστημάτων, είναι αναγκαία η εύρεση μιας ενιαίας στρατηγικής και μεθοδολογίας ικανής να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της βιοποικιλότητας διαφορετικών περιοχών έτσι ώστε τα αποτελέσματα σε κάθε περίπτωση να είναι συγκρίσιμα (Warwick & Clarke, 2001). Η μεθοδολογία που προτάθηκε από τους παραπάνω ερευνητές είναι βασισμένη στο βαθμό φυλογενετικής (/ταξινομικής) συγγένειας των ειδών υπερηδώντας έτσι τα προβλήματα έντασης της δειγματοληπτικής προσπάθειας των προηγούμενων μεθοδολογιών.

Η μεθοδολογία αυτή αποτελείται από τους δείκτες της ταξινομικής διακριτότητας (Taxonomic Distinctness Indices) και συγκρίνει δεδομένα ταξινομικών ή φυλογενετικών σχέσεων μεταξύ των ειδών που συμμετέχουν στις βιοκοινωνίες που μελετούνται. Με τη χρήση των σχέσεων αυτών, αποτυπώνονται και εξετάζονται οι διαφορές μεταξύ των βιοκοινοτήτων τόσο σε χωρική όσο και χρονική κλίμακα. Έχει εφαρμοστεί ήδη σε παράκτιες περιοχές με διαφορετικά αβιοτικά και βιοτικά χαρακτηριστικά και διαφορετικό βαθμό ερευνητικής δραστηριότητας στις Ευρωπαϊκές θάλασσες αποτυπώνοντας με ακρίβεια τη βιοποικιλότητα (Warwick & Clarke, 2001).

Οι δείκτες που δοκιμάστηκαν από τους παραπάνω συγγραφείς και χρησιμοποιούνται πλέον για την εκτίμηση της βιοποικιλότητας είναι οι εξής:

#### *Μέσος όρος Ταξινομικής Διακριτότητας (Average Taxonomic Distinctness (AvTD))*

Οι Warwick & Clarke (1998) εισήγαγαν ένα νέο δείκτη βιοποικιλότητας που είναι η μέση ταξινομική (ή φυλογενετική) απόσταση, οριζόμενη χωριστά για κάθε ζευγάρι ατόμων μέσα στο δείγμα, όπως προκύπτει από το φυλογενετικό (ταξινομικό) δέντρο. Τέτοιου είδους μέτρα δημιουργήθηκαν για να μπορεί ένας δείκτης να συμπεριλαμβάνει πληροφορία η οποία αφορά τόσο την αφθονία των ειδών όσο και την ομοιοκατανομή τους στις ανώτερες ταξινομικές κατηγορίες, ανεξάρτητα από την δειγματοληπτική προσπάθεια.

Ένας τέτοιος δείκτης είναι ο μέσος όρος ταξινομικής διακριτότητας (AvTD) που εκφράζει την μέση ταξινομική (ή φυλογενετική) απόσταση μεταξύ δύο τυχαίων ατόμων με την προϋπόθεση ότι αυτά ανήκουν σε διαφορετικά είδη.

Η μαθηματική έκφραση του δείκτη είναι η εξής:

$$\Delta^* = [\sum_{i < j} \omega_{ij} x_i x_j] / [\sum_{i < j} x_i x_j]$$

το  $\omega_{ij}$  είναι ο βαθμός διακριτότητας (distinctness weight) και ορίζει την απόσταση που χωρίζει τα είδη  $i$  και  $j$  στο φυλογενετικό (ταξινομικό) δέντρο και  $x_i, x_j$  η αφθονία των ειδών  $i$  και  $j$  αντίστοιχα.

Στην ειδική περίπτωση που χρησιμοποιείται σαν δεδομένο η παρουσία / απουσία ειδών και ο δείκτης μετατρέπεται σε:

$$\Delta^+ = [\sum_{i < j} \omega_{ij}] / [s(s-1)/2]$$

όπου  $s$  είναι ο αριθμός των ειδών.

Οι μέσοι όροι των παραπάνω δεικτών εμφανίζουν σχετική ανεξαρτησία από το μέγεθος του δείγματος, με την εξαίρεση των πολύ μικρών δειγμάτων. Η ιδιότητα αυτή (ανεξαρτησία από το μέγεθος του δείγματος) έχει σαν συνέπεια ο δείκτης  $\Delta^+$  να μπορεί να χρησιμοποιηθεί, κάτω από προϋποθέσεις, σαν συγκριτικό μέσο για διάφορες μελέτες με διαφορετικές δειγματοληπτικές προσπάθειες.

Επιπρόσθετα, με το δείκτη αυτό δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης λιστών ειδών με ιστορικά δεδομένα (historic species lists) περιοχών, των οποίων η σύγκριση της βιοποικιλότητας ήταν αδύνατη παλαιότερα.

Το πεδίο τιμών του  $\Delta^+$  («αναμενόμενες τιμές») παράγεται από την κύρια λίστα ειδών (master list) των ειδών που έχουν βρεθεί στην ευρύτερη περιοχή. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι τα είδη που υπάρχουν σε ένα δείγμα (ή σταθμό, ή τομέα, ή περιοχή, ή εποχή) έχουν επιλεγεί τυχαία από τον κατάλογο των ειδών της περιοχής. Οποιοδήποτε είδος που συμπεριλαμβάνεται στο απόθεμα ειδών της ευρύτερης περιοχής έχει τις ίδιες πιθανότητες να επιλεγεί στη σύνθεση κάποιου δείγματος με οποιοδήποτε άλλο. Κατά συνέπεια, οποιαδήποτε σύνθεση ειδών σε οποιοδήποτε δείγμα, αναμένεται να είναι ένα υποσύνολο των ειδών που συμπεριλαμβάνονται στο απόθεμα.

Ο υπολογισμός του  $\Delta^+$  από υποομάδες διαφορετικών αριθμών ειδών της κύριας λίστας, χρησιμοποιείται για την δημιουργία των αναμενόμενων χωνιών κατανομής

(distribution funnels) (βλέπε σχετικό κεφάλαιο παρακάτω) που χρησιμεύουν στον έλεγχο των τιμών της βιοποικιλότητας στα διαφορετικά οικοσυστήματα σε σχέση με τις αναμενόμενες.

Για τον υπολογισμό των χονιών αυτών είναι δυνατό να δοθούν και συντελεστές βαρύτητας στις διάφορες ταξινομικές κατηγορίες. Στις περισσότερες εργασίες έχουν δοθεί οι συντελεστές βαρύτητας με των απλούστερο δυνατό τρόπο ( $\omega=1$  για τα άτομα του ίδιου γένους,  $\omega=2$  για τα άτομα της ίδιας οικογένειας, κοκ.)

#### *Μεταβλητότητα Ταξινομικής Διακριτότητας (Variation in taxonomic distinctness (VarTD))*

Ένας ακόμη δείκτης βιοποικιλότητας που σχετίζεται με τη φυλογενετική (ταξινομική) συγγένεια των ειδών που συμμετέχουν σε μια βιοκοινότητα αναπτύχθηκε από τους Warwick & Clarke (2001) και επικεντρώνεται στην ομοιομορφία της κατανομής των τάξεων στο φυλογενετικό (ή ταξινομικό) δέντρο. Η θεώρηση αυτή προήλθε από την παρατήρηση ότι κατά την σύγκριση της βιοποικιλότητας με βάση τις τιμές του δείκτη  $\Delta^+$  διαφορετικών περιοχών, κάποια τάξη ή ταξινομικές ομάδες (π.χ. Μαλάκια, Πολύχαιτοι) φαινόταν να είναι υπέρ-αντιπροσωπευμένα και κάποια άλλα (π.χ. Καρκινοειδή, Εχινόδερμα) υπό-αντιπροσωπευμένα. Αυτό συνέβαινε κυρίως σε περιοχές που παρουσίαζαν διαφορετικό βαθμό περιβαλλοντικής υποβάθμισης εξαιτίας των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, καθώς και από την ανομοιογένεια των διαφόρων περιοχών, αφού ορισμένες ταξινομικές ομάδες είναι περισσότερο ευαίσθητες από κάποιες άλλες και γρήγορα εξαφανίζονται από μια περιοχή (Pearson & Rosenberg, 1978).

Έτσι οι Warwick & Clarke (2001) υπέθεσαν ότι σε περιοχές που υφίστανται ανθρωπογενείς πιέσεις, τα είδη που θα εξαφανιστούν πρώτα είναι αυτά που χαρακτηρίζονται σαν είδη με μικρή αφθονία (δηλαδή τα σπάνια είδη που αντιπροσωπεύονται στην περιοχή με σχετικά λίγα άτομα), ενώ οι υπόλοιπες ομάδες ειδών που υπάρχουν στο σύστημα είναι αυτά που χαρακτηρίζονται σαν είδη με μεγάλη αφθονία (δηλαδή είδη που διατηρούν μεγάλους πληθυσμούς στην περιοχή). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση στο μέσο όρο της ταξινομικής διακριτότητας. Ενώ λοιπόν ο μέσος όρος της ταξινομικής διακριτότητας ( $\Delta^+$ ) είναι αποτελεσματικός για τη σύγκριση περιοχών με μειωμένο αριθμό ειδών ή ανώτερων ταξινομικών

κατηγοριών, σε περιπτώσεις που ο αριθμός των ειδών είναι ο ίδιος αλλά η κατανομή των ειδών αυτών στις ανώτερες ταξινομικές κατηγορίες είναι ανομοιογενής, ο δείκτης αυτός θα δώσει τα ίδια αποτελέσματα, χάνοντας έτσι ένα μεγάλο μέρος πληροφορίας της βιοποικιλότητας των περιοχών αυτών.

Η παρουσία πολλών ειδών στα γένη έχει την τάση να μειώσει την τιμή του  $\Delta^+$  αλλά αυτή η μείωση μπορεί να αντισταθμιστεί από την παρουσία οικογενειών που αντιπροσωπεύονται από ένα μόνο είδος.

Με βάση τα παραπάνω οι διαφορές στην δομή των οικοσυστημάτων αντικατοπτρίζονται πολύ καλύτερα από ένα νέο δείκτη βιοποικιλότητας που πρότειναν οι προαναφερθέντες συγγραφείς και συγκεκριμένα τη μεταβλητότητα της διακριτότητας.

Η Μεταβλητότητα της Ταξινομικής Διακριτότητας (Variation in taxonomic distinctness, VarTD ή  $\Lambda^+$ ) ορίζεται ως:

$$\Lambda^+ = [\sum_{i < j} (\omega_{ij} - \omega_{\mu})^2] / [s(s-1)/2]$$

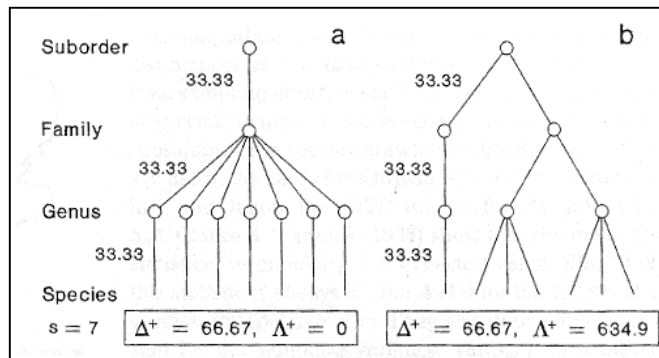
$$= [ \{ \sum_{i < j} \omega_{ij}^2 \} / \{ s(s-1)/2 \} ] - \omega_{\mu}^2$$

όπου

$$\omega_{\mu} = [ \{ \sum_{i < j} \omega_{ij} \} / \{ s(s-1)/2 \} ] \equiv \Delta^+$$

Οι Warwick & Clarke (2001) απέδειξαν ότι και ο δείκτης της Μεταβλητότητας της Ταξινομικής Διακριτότητας  $\Lambda^+$  έχει την ίδια ιδιότητα με τον  $\Delta^+$ , δηλαδή ανεξαρτησία από το μέγεθος του δείγματος.

Οι μελέτες μετά από αρκετά πειράματα έδειξαν ότι οι δύο αυτοί δείκτες ( $\Delta^+$ ,  $\Lambda^+$ ) μπορούν να υπολογίσουν αποτελεσματικά τα χαρακτηριστικά των φυλογενετικών (ταξινομικών) δέντρων. Ο συνδυασμός του  $\Delta^+$  και του  $\Lambda^+$  χαρακτηρίζεται ως στατιστική περίληψη της ταξινομικής συγγένειας ειδών μέσα στις βιοκοινότητες, μέσω της συγκέντρωσης ιστορικών δεδομένων από απλές λίστες ειδών (εικ.). Επιπλέον, έχει δειχθεί ότι οι τιμές των  $\Delta^+$  και  $\Lambda^+$  δεν είναι πάντοτε αλληλοσχετιζόμενες και επομένως θεωρείται ότι δίνουν συμπληρωματική πληροφορία (Sommerfield *et al.*, 2008).



**Εικόνα 3:** Η μέση ταξινομική διακριτότητα είναι η ίδια για κάθε μία από τις κοινωνίες (a) και (b), ενώ η τιμή της μεταβολής της ταξινομικής διακριτότητας εμφανίζει σημαντικές διαφορές που αντιπροσωπεύονται από τα αντίστοιχα δενδρογράμματα, διότι αντικατοπτρίζει την ανομοιότητα στην δομή του δέντρου (b) σε αντίθεση με την ομοιότητα που εμφανίζει το δέντρο (a).

Οι Warwick & Clarke (2001) απέδειξαν επίσης ότι η Ταξινομική Διακριτότητα ξεπέρασε όλα τα προβλήματα που προέκυπταν από τις αναλύσεις με μετρήσεις αφθονίας των ειδών, και επιπλέον πληρούσε πολλές επιθυμητές ιδιότητες για έναν ιδανικό δείκτη ποικιλότητας, με πιο σημαντική ιδιότητα αυτή της ανεξαρτησίας από τη δειγματοληπτική προσπάθεια (Sommerfield *et al.*, 2008).

### B\_3.2. Δείκτες Λειτουργικής Διακριτότητας

Οι δείκτες ποσοτικοποιούν τις περιβαλλοντικές αλλαγές μέσω της έκφρασης των συνιστωσών και της πολυπλοκότητας των συστημάτων με αριθμούς, με τους οποίους εντοπίζονται μετρώνται και συγκρίνονται οι αλλαγές αυτές (Rice, 2003; Leonard *et al.*, 2006; Sommerfield *et al.*, 2008).

Σε ότι αφορά τους δείκτες της θαλάσσιας ποικιλότητας συνήθως εκφράζονται με τον αριθμό των παρόντων τάξων (π.χ. αφθονία ειδών, species richness), την κατανομή των αφθονιών μεταξύ των δειγμάτων (κυριαρχία ή ομοιοκατανομή, dominance or evenness) ή με μετρήσεις που στόχο έχουν το συνδυασμό των δύο προηγούμενων (π.χ. δείκτης ποικιλότητας των Shannon-Wiener, α-ποικιλότητα) (Sommerfield *et al.*, 2008). Οι μετρήσεις όμως που στηρίζονται στην αφθονία, στην κυριαρχία ή την ομοιότητα των ειδών μεταξύ των δειγμάτων είναι εξαρτημένες από τη δειγματοληπτική προσπάθεια ή το μέγεθος δείγματος και αυτό είναι ιδιαίτερα προβληματικό όταν η πληροφορία προέρχεται από διαφορετικές δειγματοληψίες. Επιπλέον, δεν υπάρχει συγκεκριμένη δομή για να ελεγχθεί η αφθονία μιας περιοχής αν είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη από την αναμενόμενη τιμή και για αυτό

απαιτούνται περιοχές ελέγχου ή σημεία αναφοράς, με την προϋπόθεση ότι και τα ενδιαιτήματα είναι συγκρίσιμα, γεγονός που αποτελεί σπάνια περίπτωση (Sommerfield *et al.*, 2008).

Δεν υπάρχει ξεκάθαρη σχέση μεταξύ της αφθονίας των ειδών και της λειτουργικής ποικιλότητας (Bremner, 2008). Για παράδειγμα, η ελάττωση της τροφικής ποικιλότητας δεν θα οδηγήσει απαραίτητα στην μείωση της αφθονίας των ειδών. Πολλές έρευνες που μελετούν τις συσχετίσεις (relatedness measures) συμπεριλαμβάνουν την ταξινομία των ειδών συγγένειας. Για παράδειγμα η φυλογενετική ποικιλότητα (PD) όπως ορίστηκε από τον Faith (1992; 1994) είναι το συνολικό μήκος του φυλογενετικού/ ταξινομικού δέντρου όπως μετράται με βάση τα είδη που συμμετέχουν σε ένα συγκεκριμένο δείγμα. Μπορεί να επιχειρηματολογήσει κανείς πάνω στην άποψη ότι οι δείκτες που συμπεριλαμβάνουν ταξινομικές ή φυλογενετικές σχέσεις μεταξύ οργανισμών, είναι πιο πιθανό να αποδώσουν τον λειτουργικό ρόλο των δειγμάτων, παρόλο που αυτό δεν έχει δοκιμαστεί (Petchey & Gaston, 2002).

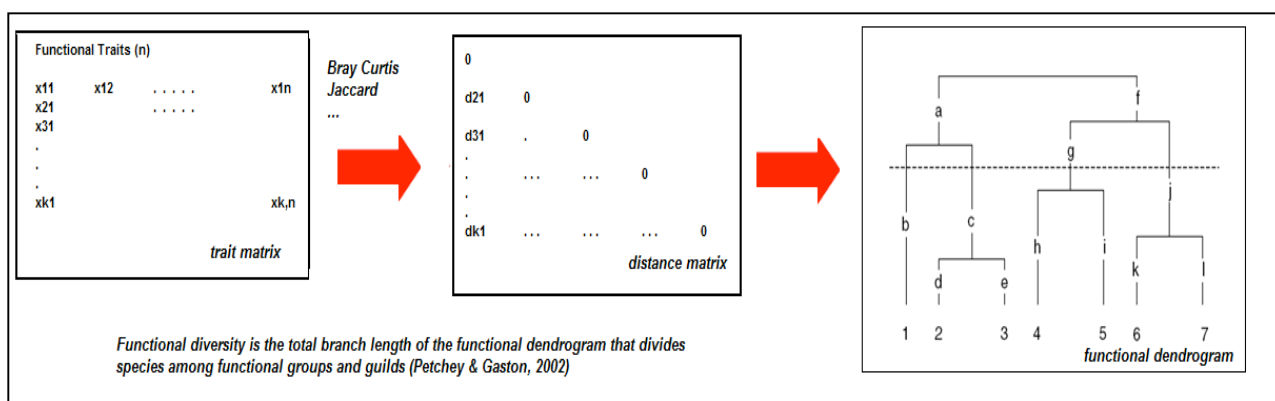
Πάνω στη διαπίστωση αυτή, στηρίζεται η εύρεση ενός δείκτη λειτουργικότητας, αντίστοιχος με αυτούς της ταξινομικής διακριστότητας, ο οποίος θα αντανάκλα τις ομοιότητες μεταξύ των ειδών με βάση τις λειτουργικές τους ιδιότητες, για κάθε δείγμα. Συνεπώς, για την εκτίμηση της λειτουργικής ποικιλότητας ενός οικοσυστήματος είναι απαραίτητη, η δημιουργία δεικτών που να είναι σε θέση να αντανάκλουν με πιστότητα τόσο τον τρόπο που λειτουργούν οι οργανισμοί μέσα στο οικοσύστημα και μεταξύ τους, όσο και τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στη συγκεκριμένη βιοκοινωνία (Sommerfield *et al.*, 2008).

Η Ανάλυση Βιολογικών Χαρακτηριστικών (Biological Trait Analysis, BTA), ενδέχεται να είναι ικανή να προσφέρει νέα διάσταση στον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τις σχέσεις μεταξύ οργανισμών και της λειτουργίας τους σε ένα οικοσύστημα που επιβιώνουν (Bremner, 2008).

Ένας πρόσφατος δείκτης μέτρησης της Λειτουργικής Ποικιλότητας είναι εκείνος που πρότειναν οι Petchey & Gaston (2002; 2006). Τα βήματα για τον υπολογισμό του δείκτη της Λειτουργικής Ποικιλότητας, σύμφωνα με τους παραπάνω συγγραφείς περιλαμβάνουν τα εξής:

1. Δημιουργία ενός πίνακα  $i$ - ειδών  $x$   $j$ - λειτουργικών χαρακτηριστικών (δες κεφάλαιο «Προκαταρκτική επεξεργασία δεδομένων» και διάγραμμα Π-1)
2. Μετατροπή του πίνακα χαρακτηριστικών, σε τριγωνικό πίνακα αποστάσεων
3. Ομαδοποίηση των αποστάσεων στον πίνακα, και δημιουργία λειτουργικού δενδρογράμματος (διάγραμμα Π-3)
4. Υπολογισμός του συνολικού μήκους των κλάδων του λειτουργικού δένδρου.

Τα τρία πρώτα στάδια, αποτελούν κλασσικές πολυμεταβλητές μεθόδους (Pielou, 1984) που έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για να χωριστούν τα είδη σε λειτουργικές ομάδες και χαρακτηριστικά (Petchey & Gaston, 2002).



**Διάγραμμα 3:** Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου παραγωγής λειτουργικού δενδρογράμματος όπως προκύπτει από την Ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster Analysis) και του υπολογισμού Λειτουργικής Ποικιλότητας.

Ο αρχικός πίνακας των  $i$ - ειδών  $x$   $j$ - λειτουργικών χαρακτηριστικών, μετατρέπεται σε τριγωνικό πίνακα αποστάσεων με τη βοήθεια ειδικού συντελεστή ομοιότητας (συνήθως Bray- Curtis ή Jaccard). Αυτές οι αποστάσεις οφείλονται στα λειτουργικά χαρακτηριστικά των ειδών. Από τον τριγωνικό πίνακα αποστάσεων κατασκευάζεται το λειτουργικό δενδρογράμμα που απεικονίζει τις σχέσεις στα ανώτερα λειτουργικά επίπεδα, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο ομαδοποιούνται τα είδη 1-7 ανάλογα με τις ομοιότητες των λειτουργικών χαρακτηριστικών τους στα διάφορα λειτουργικά επίπεδα a-l.

Από εκεί υπολογίζεται το συνολικό μήκος των κλάδων του λειτουργικού δενδρογράμματος, και κατασκευάζονται τα λειτουργικά χωνιά κατανομής και ο θεωρητικός λειτουργικός μέσος όπως ακριβώς και στη περίπτωση της Ταξινομικής Διακρίτοτητας. (Petchey & Gaston, 2002)



### Βήμα 1: Δημιουργία ενός πίνακα $i$ - ειδών x $j$ - λειτουργικών χαρακτηριστικών

Δημιουργείται πίνακας  $i$ - ειδών x  $j$ - λειτουργικών χαρακτηριστικών με τον τρόπο που περιγράφηκε αναλυτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο («Προκαταρκτική επεξεργασία δεδομένων»). Ο πίνακας δεδομένων υπάρχει στο Παράρτημα II.

### Βήμα 2: Μετατροπή του πίνακα χαρακτηριστικών, σε τριγωνικό πίνακα αποστάσεων

Ο πίνακας των λειτουργικών αποστάσεων περιέχει τις αποστάσεις ανά ζεύγος μεταξύ δύο τυχαίων ειδών  $i$  και  $j$  σε έναν  $t$ - διαστάσεων λειτουργικό χώρο και είναι τριγωνικός, δηλαδή τα στοιχεία της διαγωνίου του είναι μηδέν.

Προέρχεται από τον αρχικό πίνακα των χαρακτηριστικών ( $i$ - ειδών x  $j$ - λειτουργικών χαρακτηριστικών), με την εφαρμογή ενός συντελεστή ομοιότητας/ ανομοιότητας (π.χ. οι πιο κοινώς χρησιμοποιούμενοι είναι οι συντελεστές Jaccard ή Bray-Curtis, διάγραμμα 3).

Με τους συντελεστές αυτούς (Bray-Curtis και Jaccard), μπορούμε να εντοπίσουμε ομοιότητες μεταξύ των ειδών, με κριτήριο τα λειτουργικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν αυτά στο σύνολό τους (δηλαδή σε κάθε είδος συμπεριλαμβάνονται όλες οι λειτουργίες που εμφανίζει στα θαλάσσια οικοσυστήματα), αλλά και σε επίπεδο λιμνοθαλασσών, βασιζόμενοι στα χαρακτηριστικά που εμφανίζουν τα παρόντα είδη σε κάθε περιοχή, όταν ο αρχικός πίνακας είναι είδη των μακροβενθικών πολυχαίτων x λειτουργικά χαρακτηριστικά ανά λιμνοθάλασσα.

Ο συντελεστής ομοιότητας Bray- Curtis χρησιμοποιείται όταν τα δεδομένα είναι ποσοτικά, ενώ εκφράζει τις ομοιότητες μεταξύ των ειδών  $i$  και  $j$  βάση του τύπου :

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|}{\sum_{k=1}^n (x_{ik} + x_{jk})}$$

Με  $0 \leq d_{ij} \leq 100$

Όπου,

$d_{ij} = 0$ , όταν δύο είδη δεν έχουν καμία κοινή τιμή στα χαρακτηριστικά

$d_{ij} = 100$  όταν δύο είδη έχουν όλες τις τιμές στα χαρακτηριστικά ίδιες,

ενώ ο συντελεστής ομοιότητας *Jaccard*, ο οποίος χρησιμοποιείται συχνότερα όταν τα δεδομένα είναι με τη μορφή παρουσίας/ απουσίας ενώ έχει χρησιμοποιηθεί και σε ζωογεωγραφικές μελέτες, επηρεάζεται ελάχιστα από την απουσία δεδομένων (Krebs, 1994; Magurran, 2004). Εκφράζει οποιαδήποτε ομοιότητα μεταξύ δύο δειγμάτων βάση του τύπου:

$$S = a / (a+b+c)$$

Όπου  $a$  = ο αριθμός των ειδών που είναι παρόντα και στα δύο δείγματα

$b$  = ο αριθμός των ειδών που είναι παρόντα στο πρώτο δείγμα, αλλά απουσιάζουν από το δεύτερο

$c$  = ο αριθμός των ειδών που απουσιάζουν στο πρώτο δείγμα, αλλά είναι παρόντα στο δεύτερο.

Οι δύο συντελεστές είναι ανάλογοι μεταξύ τους (συγκεκριμένα μονοτονικά συσχετισμένοι), οπότε αναμένεται τα αποτελέσματα που θα προκύψουν να είναι επίσης ανάλογα. Για τους πίνακες με την συχνότητα παρουσίας των λειτουργικών χαρακτηριστικών, χρησιμοποιήθηκε κανονικοποίηση των τιμών και μετατροπή σε δεύτερη και τέταρτη ρίζα.

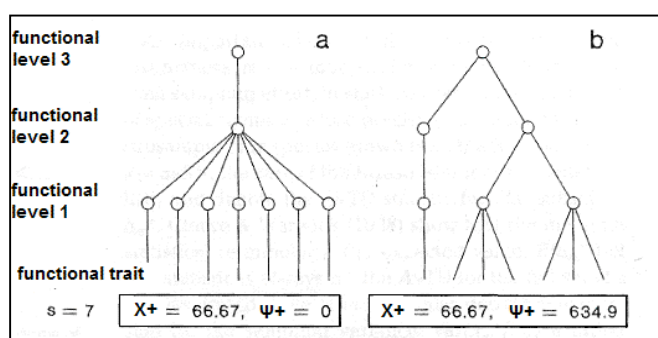
Η ανάλυση εφαρμόστηκε στα δεδομένα για τις ελληνικές και τις μεσογειακές λιμνοθάλασσες.

### Βήμα 3: Ομαδοποίηση των αποστάσεων στον πίνακα, και δημιουργία λειτουργικού δενδρογράμματος

Το λειτουργικό δενδρόγραμμα (εικ. 4) προκύπτει από την πληροφορία των λειτουργικών χαρακτηριστικών των ειδών που διαβιούν σ' ένα οικοσύστημα (Petchey & Gaston, 2007). Για την κατασκευή του και μετέπειτα τον υπολογισμό της λειτουργικής ποικιλότητας, πρέπει να υπολογιστούν οι αποστάσεις ανά ζεύγη μεταξύ των ειδών, και μετά να εφαρμοστεί ένας αλγόριθμος ομαδοποίησης (Petchey & Gaston, 2006b). Η επιλογή του αλγόριθμου και του τύπου της απόστασης που θα χρησιμοποιηθεί, εξαρτάται προφανώς από τον τύπο της πληροφορίας που είναι διαθέσιμη (δυαδικές, κανονικές, συνεχείς, ταξινομημένες) και τον τρόπο με τον οποίο τα είδη είναι κατανεμημένοι στον λειτουργικό χώρο (Pielou, 1984).

Το δενδρόγραμμα αυτό περιγράφει τις λειτουργικές σχέσεις που μοιράζονται τα είδη στο οικοσύστημα, με τον ίδιο τρόπο που ένα ταξινομικό/ φυλογενετικό δένδρο περιγράφει τις αντίστοιχες ταξινομικές/ φυλογενετικές σχέσεις, χωρίς όμως να λαμβάνονται οι εξελικτικές σχέσεις (Petchey & Gaston, 2007). Με άλλα λόγια, το λειτουργικό δένδρο που προκύπτει από την Ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster Analysis), ομαδοποιεί τα είδη μιας βιοκοινότητας σε λειτουργικές ομάδες (ανώτερα επίπεδα λειτουργικής πολυπλοκότητάς τους), και συνεπώς τα είδη που ανήκουν στην ίδια λειτουργική ομάδα θα έχουν κοινά λειτουργικά χαρακτηριστικά (*functional traits*; Tilman, 2001; Tilman *et al.*, 2001; Petchey & Gaston, 2006).

Με τον ίδιο τρόπο που υπολογίζεται η φυλογενετική ποικιλότητα ως το συνολικό μήκος των κλάδων του δενδρογράμματος από το φυλογενετικό δενδρόγραμμα, αντίστοιχα υπολογίζεται η λειτουργική ποικιλότητα ως το συνολικό μήκος των κλαδιών του λειτουργικού δενδρογράμματος (Petchey & Gaston, 2007).



**Εικόνα 4:** Η μέση λειτουργική διακριτότητα είναι η ίδια για κάθε μία από τις κοινότητες (a) και (b), ενώ η τιμή της μεταβολής της λειτουργική διακριτότητας εμφανίζει σημαντικές διαφορές που αντιπροσωπεύονται από τα αντίστοιχα δενδρογράμματα, διότι αντικατοπτρίζει την ανομοιότητα στην δομή του δέντρου (b) σε αντίθεση με την ομοιότητα που εμφανίζει το δέντρο (a).

Αναγνωρίζοντας το γεγονός ότι ένας ιδανικός δείκτης βιοποικιλότητας θα πρέπει να προέρχεται από τις «συγγένειες» μεταξύ των ειδών (“relatedness” of species-Harper & Hawksworth, 1994), θα ορίσουμε αντίστοιχους δείκτες του Μέσου όρου Λειτουργικής Διακριτότητας (*Average Functional Distinctness* ( $X_{eq}^+$ )) και της Μεταβλητότητας Λειτουργικής Διακριτότητας (*Variation in Functional Distinctness* ( $\Psi_{eq}^+$ )), σε αντιστοιχία με τον τρόπο που όρισαν οι Warwick και Clarke (2001) τους δείκτες της Ταξινομικής Διακριτότητας, ως εξής:

☞ Μέσος όρος Λειτουργικής Διακριτότητας (Average functional Distinctness,  $X_{eq}^+$ ) ορίζεται ως η μέση απόσταση, οριζόμενη χωριστά για κάθε ζευγάρι ατόμων μέσα στο δείγμα, όπως ανιχνεύεται μέσα στο λειτουργικό δέντρο, ανεξάρτητα από την δειγματοληπτική προσπάθεια και εκφράζει την μέση απόσταση μεταξύ δύο τυχαίων ατόμων με την προϋπόθεση ότι αυτά ανήκουν σε διαφορετικά είδη, αλλά και ανώτερα λειτουργικά επίπεδα.

$$X_{eq}^+ = [\sum \sum_{i < j} \omega_{ij}] / [s(s-1)/2]$$

όπου s είναι ο αριθμός των λειτουργικών χαρακτηριστικών, με μορφή παρουσίας/απουσίας.

☞ Μεταβλητότητα της Λειτουργικής Διακριτότητας (Variation in functional distinctness,  $\Psi_{eq}^+$ ) ορίζεται ως:

$$\begin{aligned} \Psi_{eq}^+ &= [\sum \sum_{i < j} (\omega_{ij} - \omega_{\mu})^2] / [s(s-1)/2] \\ &= [\{\sum \sum_{i < j} \omega_{ij}^2\} / \{s(s-1)/2\}] - \omega_{\mu}^2 \end{aligned}$$

όπου

$$\omega_{\mu} = [\{\sum \sum_{i < j} \omega_{ij}\} / \{s(s-1)/2\}] \equiv X_{eq}^+$$

Χρησιμοποιώντας προσομοιώσεις που στηρίζονται στη μηδενική υπόθεση ότι τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των ειδών που απαντώνται στο χώρο ή στο χρόνο, καθώς και η κατανομή τους στα ανώτερα επίπεδα λειτουργικής πολυπλοκότητας αποτελούν τυχαία δείγματα του αποθέματος των λειτουργικών χαρακτηριστικών των ειδών (“species pool traits”) αλλά και των ανωτέρων επιπέδων της λειτουργικής πολυπλοκότητα, μελετήθηκε η συμπεριφορά και η απόκριση των νέων λειτουργικών δεικτών που προτείνονται στα πλαίσια της εργασίας αυτής.

Ενώ λοιπόν η κεντρική ιδέα για την ανάπτυξη των δεικτών της Ταξινομικής διακριτότητας είναι οι φυλογενετικές (ή ταξινομικές) σχέσεις των ειδών που συμμετέχουν στις κοινωνίες και επομένως αντικατοπτρίζει την εξελικτική τους ιστορία, εκείνη για την ανάπτυξη των δεικτών της Λειτουργικής διακριτότητας είναι οι σχέσεις των χαρακτηριστικών του κύκλου ζωής των ειδών και αντικατοπτρίζει τα

γεγονότα προσαρμογής των ειδών στο συγκεκριμένο οικοσύστημα και συνεπώς μετρά το βαθμό της οικολογικής τους σύγκλισης (“*ecological convergence*”).

Σε κάθε περίπτωση, η μέτρηση της λειτουργικής διακριτότητας δύναται να εμπεριέχει πληροφορία που ενδεχόμενα δεν περιέχεται στη μέτρηση της Ταξινομικής διακριτότητας. Αναμένεται λοιπόν, τα αποτελέσματα των δύο προσεγγίσεων να δίνουν συμπληρωματικές πληροφορίες για τη βιοποικιλότητα και η πρόκληση στα πλαίσια της μελέτης αυτής είναι να εξεταστεί μέχρι πιο βαθμό τα αποτελέσματα των παραπάνω προσεγγίσεων είναι επιτυχή στο να αποδίδουν την οικολογική κατάσταση των μεταβατικών ενδιαιτημάτων που μελετώνται.

#### B\_4. Συντελεστές Gamma<sup>+</sup> (G<sup>+</sup>) και Theta<sup>+</sup> (Th<sup>+</sup>)

Οι συντελεστές ομοιότητας Theta<sup>+</sup> και Gamma<sup>+</sup> αποτελούν δείκτες για την εκτίμηση της β- ποικιλότητας και μελετούν τον τρόπο που αναδιοργανώνονται τα είδη χωρικά μέσα σε μία διαβάθμιση (gradient), για παράδειγμα μεταξύ δύο διαφορετικών περιοχών (Izsak & Price, 2001).

Η κεντρική ιδέα των δεικτών Theta<sup>+</sup> και Gamma<sup>+</sup> είναι να εντάξουν τα φυλογενετικά/ ταξινομικά δεδομένα στις πολυμεταβλητές αναλύσεις. Βασίζονται στην ίδια μεθοδολογία και κεντρική ιδέα του «καταλληλότερου γραφήματος ταξινομικής ανάλυσης» ('optimal taxonomic mapping statistic') και τους δείκτες ταξινομικής διακριτότητας (Δ<sup>+</sup> και Λ<sup>+</sup>) που όρισαν οι Clarke και Warwick (1998b). Στόχος τους είναι να ποσοτικοποιήσουν την δομική αφθονία στο θαλάσσιο μακροβένθος.

Οι συντελεστές αυτοί έχουν πολλά κοινά αυτούς της ταξινομικής διακριτότητας (Δ<sup>+</sup> και Λ<sup>+</sup>), όπως το γεγονός ότι χρησιμοποιούν την ίδια πληροφορία με σκοπό να υπολογίσουν ομοιότητες μεταξύ των σταθμών. Συνεπώς, για τον υπολογισμό αυτό λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο την αφθονία των ειδών στα είδη, αλλά και την κατάταξή τους στις ανώτερες ταξινομικές κατηγορίες με τον ίδιο τρόπο που συμβαίνει με τους δείκτες Δ<sup>+</sup> και Λ<sup>+</sup>.

Ο συντελεστής ομοιότητας Gamma<sup>+</sup> προέρχεται από την ταξινομική απόσταση (*taxonomic distance, TD*) μεταξύ των ειδών, όταν τα δεδομένα είναι υπό μορφή παρουσίας/ απουσίας, και ορίζεται ως

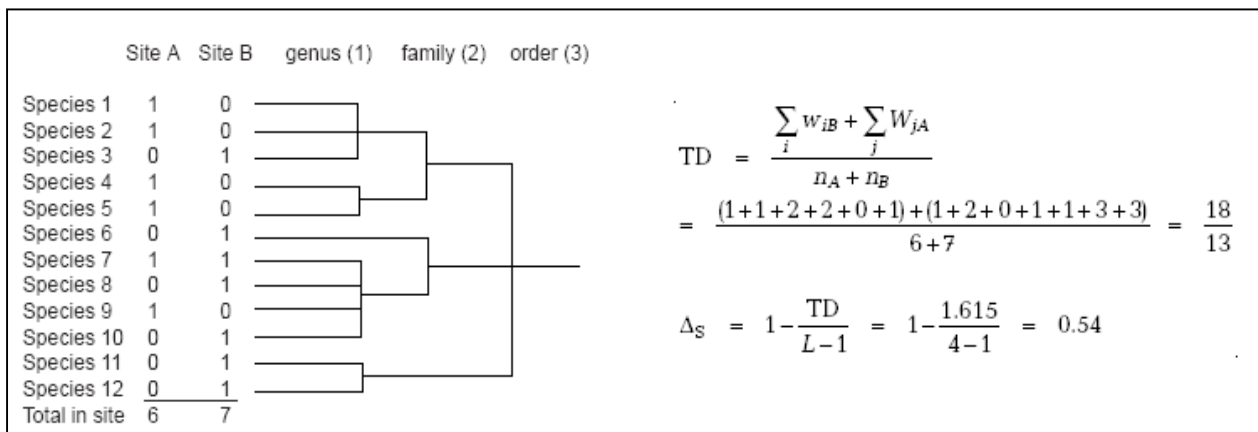
$$\text{Gamma}^+ = 1 - \frac{\text{TD}}{\text{L}-1}$$

Όπου L είναι ο αριθμός των ταξινομικών επιπέδων που χρησιμοποιούνται για την κατάταξη των ειδών. Ο παρανομαστής L-1 είναι η μέγιστη απόσταση στο μονοπάτι που συνδέει δύο είδη. Η ταξινομική απόσταση (*taxonomic distance, TD*) δίδεται αναλυτικά παρακάτω.

Παρόλο που οι συντελεστές αυτοί δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως, τα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο συντελεστής ομοιότητας  $\text{Gamma}^+$  είναι λιγότερο ευαίσθητος στη μεταβολή της δειγματοληπτικής προσπάθειας, και αυτό γιατί αποτελεί μέτρηση της μέσης ταξινομικής συγγένειας, σε αντίθεση με άλλες τυπικές μεθόδους που στηρίζονται μόνο στα κοινά είδη.

Ένα άλλο πιθανό πλεονέκτημα του δείκτη εντοπίζεται στην *ταξινομική ευρωστία* (*taxonomic robustness*), όπου όπως και με τους δείκτες  $\Delta^+$  και  $\Lambda^+$ , επηρεάζεται σχετικά λιγότερο από αντιφατικότητες σε επίπεδο ταξινομικής ακρίβειας (π.χ. λάθος αναγνωρίσεις (Clarke and Warwick, 1998a,b; Izsak & Price, 2001).

Η παραγωγή δενδρογράμματος δίνει τη χωρική κατανομή του τρόπου με τον οποίο η ομοιότητα μεταξύ των ειδών αλλάζει σε μία διαβάθμιση μεταξύ δύο περιοχών, δύο σταθμών ή δύο διαφορετικών οικοσυστημάτων. Μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των κλάδων στο δενδρόγραμμα σημαίνει πολύ χαμηλή ομοιότητα, και συνεπώς μεγάλη  $\beta$ -ποικιλότητα (Price *et al.*, 1999).



**Διάγραμμα 4:** γράφημα απεικόνισης του υπολογισμού του δείκτη  $\text{Gamma}^+$  για δύο διαφορετικές περιοχές A και B. (Izsak & Price, 2001).

Στο διάγραμμα 4, απεικονίζεται ο υπολογισμός του δείκτη  $\text{Gamma}^+$  για δύο διαφορετικές περιοχές A και B. Αρχικά το ελάχιστο μήκος μονοπατιού καθορίζεται μεταξύ κάθε είδους που ανήκει στη περιοχή A με όλα τα είδη που ανήκουν στη περιοχή B. Οι τιμές των ειδών στην περιοχή A είναι: 1 για το είδος\_1 εφόσον δεν εντοπίζεται στη περιοχή B, αλλά το Γένος είναι παρόν στο σημείο B (αναπαριστάνεται από το είδος\_3). Αντίστοιχα, 1 για το είδος\_2, 2 για το είδος\_4, εφόσον τα γένη απουσιάζουν από τη περιοχή B, όχι όμως και οι Οικογένειες που

ανήκουν αυτά τα είδη (αναπαριστάνεται από το είδος\_3) κοκ. Ανάλογα, και για την περιοχή B: 1 για το είδος\_3 το οποίο απουσιάζει από την περιοχή A, αλλά όχι και το γένος στο οποίο ανήκει (αναπαριστάνεται από τα είδη\_1 και 2), και 2 για το είδος\_6 (υπάρχει μόνο η οικογένεια στην οποία ανήκει το είδος στην περιοχή A που αναπαρίσταται από τα είδη\_7 και 9), κοκ. Τα μήκη των μονοπατιών ανταποκρίνονται στο πρώτο άθροισμα (περιοχή A) και στο δεύτερο άθροισμα (περιοχή B) του αριθμητή. Το άθροισμα όλων των μικρότερων αποστάσεων διαιρείται με το άθροισμα του συνολικού αριθμού ειδών σε κάθε περιοχή και δίνει την ταξινομική απόσταση (TD), δηλαδή τη ταξινομική διαφορά που υπάρχει στις περιοχές A και B. Έπειτα, η ταξινομική απόσταση (TD) διαιρείται με τον συνολικό αριθμό των ταξινομικών επιπέδων πλην 1, (δηλαδή με την μεγαλύτερο μήκος μονοπατιού) για να δώσει τον δείκτη ανομοιότητας, ο οποίος όταν αφαιρείται από τη μονάδα δίνει τον συντελεστή ταξινομικής ομοιότητας  $\Theta^+$  (Izsak & Price, 2001).

Αν και η εργασία που παρουσιάζει αναλυτικά τον συντελεστή  $\Theta^+$  δεν έχει ακόμα δημοσιευτεί, ο συντελεστής αυτός καλύπτει τη μεταβλητότητα της ταξινομικής απόστασης και κατά βάση αποτελεί προέκταση του υπολογισμού του δείκτη  $\Lambda^+$ , ώστε τα βασικά του στοιχεία να λαμβάνονται υπ' όψιν στον υπολογισμό της ομοιότητας δύο περιοχών (ή δειγμάτων) (Sommerfield, P., προσωπ. επικοινωνία).



## B\_5. Πολυμεταβλητές Αναλύσεις

### B\_5. 1. Χωνιά κατανομής (Probability Funnels) των δεικτών βιοποικιλότητας

Τα χωνιά κατανομής αποτελούν ένα στατιστικό εργαλείο που σαν σκοπό έχει την τοποθέτηση των σταθμών δειγματοληψίας μέσα σε συγκεκριμένα όρια τιμών διακριτότητας.

Τα βασικά τους στοιχεία είναι ο θεωρητικός μέσος όρος και τα 95% όρια κατανομής. Ο θεωρητικός μέσος δημιουργείται με βάση το σύνολο των ειδών που εξετάζονται και σαν σκοπό έχει να δείξει τη βέλτιστη τιμή (θέση) που θα έπρεπε να είχε κάθε περιοχή/ δείγμα για συγκεκριμένο αριθμό ειδών.

Τα όρια του χωνιού κατανομής σαν σκοπό έχουν να ορίσουν τη μέγιστη αναμενόμενη απόσταση από τον θεωρητικό μέσο. Δηλαδή αν οι περιοχές που ελέγχονται βρίσκονται μέσα στα όρια του χωνιού τότε βρίσκονται μέσα στο  $\pm 95\%$  της κατανομής, ενώ αν βρίσκονται απέξω τότε δεν ανήκουν στο  $\pm 95\%$  της κατανομής των περιοχών με βάση τον δείκτη του Μέσου όρου της Λειτουργικής Διακριτότητας ή τον δείκτη της Μεταβλητότητας της Λειτουργικής Διακριτότητας. Για να δημιουργηθούν τα χωνιά κατανομής χρειάζονται δύο είδη αρχείων, σε πλήρη αντιστοιχία με τη μεθοδολογία του ταξινομικού επιπέδου:

(α) η συναθροιστική λίστα (aggregation file) με τα επιλεγμένα βασικά λειτουργικά επίπεδα (Παράρτημα II, ) σύμφωνα με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά που παρουσίασαν τα είδη για κάθε λιμνοθάλασσα και

(β) ένας πίνακας ειδών (species list) ο οποίος περιέχει τη κατανομή των ειδών στις λιμνοθάλασσες ή τους σταθμούς δειγματοληψίας. Με 0 απεικονίζεται η απουσία του είδους ενώ με 1 η παρουσία του είδους (Παράρτημα III).

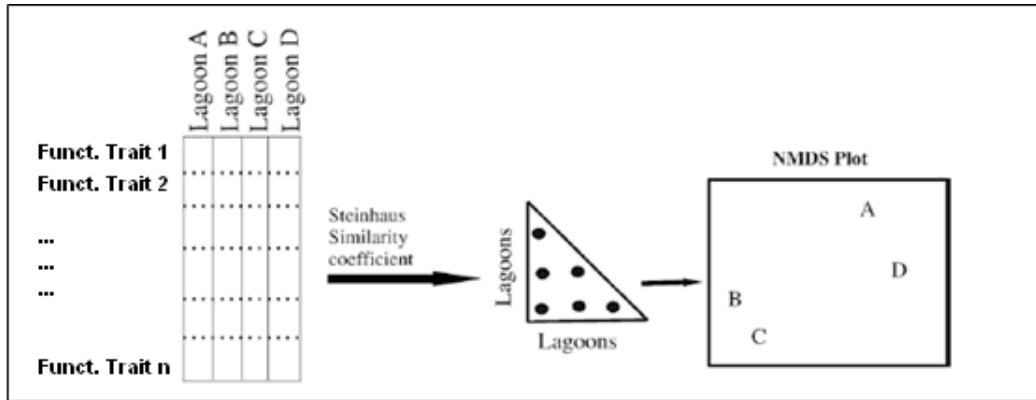
Για να προκύψει το αποτέλεσμα της προσομοίωσης πραγματοποιείται μεγάλος αριθμός τυχαίων δειγματοληψιών ειδών (π.χ. 1000 ή και περισσότερες από τα είδη της συναθροιστικής λίστας). Έτσι οι λιμνοθάλασσες/ σταθμοί δειγματοληψίας που περιείχαν αντιπροσωπευτικά είδη, δηλαδή είδη που εμφανίζονται σε όλες τις περιοχές και επιπλέον διαθέτουν όλο το δυνατό εύρος λειτουργικών χαρακτηριστικών αλλά και λειτουργικών επιπέδων, θα βρίσκονται κοντά στο θεωρητικό μέσο ενώ σταθμοί οι οποίοι εμφανίζουν λίγα σπάνια είδη ή εμφανίζουν πολλά είδη τα οποία απέχουν

(λειτουργικά) σημαντικά από τα είδη των άλλων λιμνοθαλασσών/ σταθμών, τότε αυτές οι περιοχές εμφανίζονται μακριά από τον θεωρητικό μέσο. Όσες περιοχές βρίσκονται έξω από τα όρια του μοντέλου προσομοίωσης τότε είτε η περιοχή χαρακτηρίζεται από μία μεγάλη λειτουργική βιοποικιλότητα (μεγαλύτερη από την αναμενόμενη βιοποικιλότητα με βάση τα δεδομένα) όταν βρίσκονται πάνω από πάνω όριο της κατανομής είτε η περιοχή χαρακτηρίζεται από μειωμένη λειτουργική βιοποικιλότητα όταν η περιοχή εντοπίζεται κάτω από το κάτω όριο της κατανομής.

Η δεύτερη περίπτωση είναι πολύ σημαντική διότι επιτρέπει να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα για το βαθμό ρύπανσης ή ακόμα και το βαθμό διατάραξης της περιοχής η οποία εμφανίζει τιμές κάτω από το αναμενόμενο κατώτατο όριο του χωνιού κατανομής. Αυτή η υπόθεση μπορεί να είναι αληθής για τις λιμνοθάλασσες (/σταθμούς) εκείνες στις οποίες τα είδη που επιλέγονται έχουν χαμηλή λειτουργική ποικιλότητα αλλά και μεγάλη (λειτουργική) συγγένεια μεταξύ τους. Το τελευταίο σημαίνει ότι κρίσιμες βιογεωχημικές διεργασίες όπως η νιτροποίηση και η απονιτροποίηση, ο εμπλουτισμός του ιζήματος με οξυγόνο κλπ., είναι δυνατό να επηρεάζονται σοβαρά και οι διεργασίες αυτές να πραγματοποιούνται, κατά ένα μέρος, από τα μικρόβια. Η τελευταία περίπτωση αποτελεί δείγμα διαταραγμένου ενδιαιτήματος.

## B\_5. 2. Διαγράμματα εφαρμογής Μη μετρικής Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (Non metric -Multi Dimensional Scaling, nMDS )

Ο σκοπός της στατιστικής Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (nMDS) είναι η δημιουργία ενός χάρτη με καθορισμένο αριθμό διαστάσεων στον οποίο τοποθετούνται τα δείγματα (π.χ. λιμνοθάλασσες/ σταθμοί) κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούνται κατά τον καλύτερο τρόπο οι μεταξύ τους σχέσεις συγγένειας.



**Εικόνα 5:** Σχηματική αναπαράσταση της αρχής λειτουργίας της μη παραμετρικής πολυδιάστατης κλιμάκωσης (nMDS), όταν εφαρμόζεται σε ένα θεωρητικό σετ δεδομένων (Argvanitidis *et al.*, 2008).

Ο αλγόριθμος της MDS, όπως και εκείνος της Ιεραρχικής Ομαδοποίησης (Cluster Analysis), αρχικά περιλαμβάνει τη δημιουργία τριγωνικού πίνακα από τις αρχικές μήτρες (πίνακες) δεδομένων με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των ειδών  $x$  λιμνοθάλασσες, με την εφαρμογή ενός συντελεστή ομοιότητας/ ανομοιότητας (π.χ. οι πιο κοινώς χρησιμοποιούμενοι είναι οι συντελεστές Jaccard / Bray- Curtis).

Στην συνέχεια, ακολουθεί η διαδικασία της προσομοίωσης, η οποία καταλήγει στη δημιουργία διαγράμματος (MDS plot).

Για να δημιουργηθεί όμως το τελικό διάγραμμα ακολουθούνται τα παρακάτω έξι βήματα:

1. Καθορίζεται ο αριθμός των διαστάσεων του τελικού διαγράμματος
2. Δημιουργείται μια πρώτη διευθέτηση των δειγμάτων
3. Ορίζονται οι αποστάσεις μεταξύ των δειγμάτων με βάση το ποσοστό ομοιογένειας/ ανομοιογένειας αυτών με την μέθοδο της παλινδρόμησης.
4. Υπολογίζεται η επιτυχία της εφαρμογής της παλινδρόμησης με τον υπολογισμό κατάλληλου μέτρου συνάφειας (stress)
5. Ελέγχεται κατά πόσο επηρεάζονται τα αποτελέσματα αν μειωθεί ο βαθμός συνάφειας
6. Επαναλαμβάνονται τα βήματα 3 – 5 ώστε να βρεθεί ο δυνατόν καλύτερος συνδυασμός.

### B\_5. 3. Διαγράμματα εφαρμογής Δευτέρου Επιπέδου Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης

Αλλαγές στα πρότυπα που προέρχονται από διαφορετικά λειτουργικά επίπεδα σε διαφορετικά οικοσυστήματα (λιμνοθάλασσες) μελετώνται με τη χρήση της δευτέρου επιπέδου Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (Sommerfield and Clarke, 1995). Για αυτού του τύπου ανάλυση απαιτούνται ποσοτικά δεδομένα, και για αυτό το λόγο η εφαρμογή της ήταν δυνατή μόνο για τα ελληνικά δεδομένα, αφού μόνο αυτά ήταν διαθέσιμα με τις εποχιακές τιμές αφθονίας ανά δειγματοληπτική προσπάθεια.

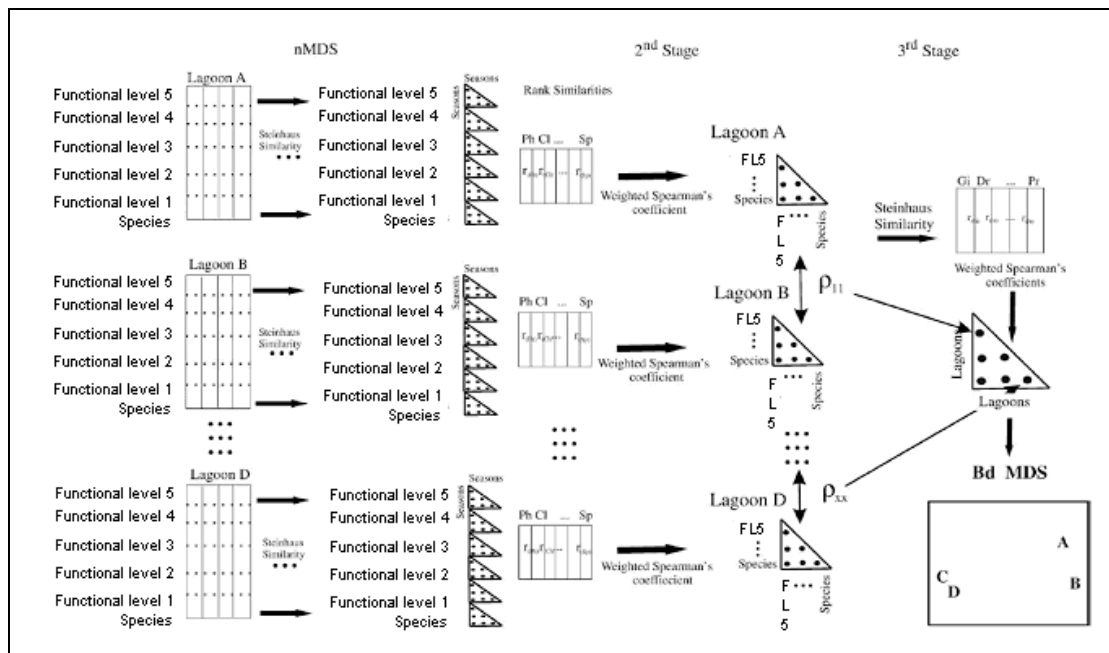
Η Δευτέρου επιπέδου Πολυδιάστατη Κλιμάκωση εφαρμόστηκε για τις μήτρες των ειδών ανά εποχή για κάθε λιμνοθάλασσα. Οι σχέσεις μεταξύ των προτύπων που οργανώνονται από τα λειτουργικά επίπεδα (δηλαδή τα πέντε λειτουργικά επίπεδα που επιλέχθηκαν) σε κάθε λιμνοθάλασσα ανά εποχή εξετάζονται με αρχικές μήτρες σε 5-λειτουργικά επίπεδα ανά εποχή για κάθε λιμνοθάλασσα. Κατασκευάστηκαν οι αντίστοιχοι τριγωνικοί πίνακες για κάθε λιμνοθάλασσα, με χρήση του συντελεστή Bray Curtis και έπειτα, εφαρμόστηκε δευτέρου επιπέδου Πολυδιάστατη Κλιμάκωση στους τριγωνικούς πίνακες συσχέτισης με τη βοήθεια των συντελεστών Spearman, Spearman weighted και Kendall.

### B\_5. 4. Διαγράμματα εφαρμογής Τρίτου Επιπέδου Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης

Για να απεικονιστούν οι σχέσεις μεταξύ των λιμνοθαλασσών, με βάση το πόσο μεταβάλλονται τα πρότυπα όσο η πληροφορία συναθροίζεται σε ολοένα και ανώτερα λειτουργικά επίπεδα, κατασκευάζεται ένας τρίτος τριγωνικός πίνακας χρησιμοποιώντας τις συσχετίσεις μεταξύ των αντίστοιχων στοιχείων στον δεύτερο πίνακα που κατασκευάστηκε κατά το δεύτερο στάδιο. Με αυτόν τον πίνακα επαναλαμβάνεται για τρίτη φορά η ανάλυση Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης στο οποίο οι λιμνοθάλασσες κατανομούνται στον χάρτη ανάλογα με την αρχή που προαναφέρθηκε.

Με τον τρόπο αυτό δε χρησιμοποιείται μόνο η πληροφορία της κατανομής των ειδών, αλλά και τα επίπεδα στα οποία οργανώνονται οι λειτουργικές τους ιδιότητες. Ο τρόπος δε της Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης 3<sup>ου</sup> επιπέδου, μπορεί να

θεωρηθεί το αντίστοιχο με τον υπολογισμό των δεικτών διακριτότητας, σε πολυμεταβλητό, φυσικά, επίπεδο.



**Εικόνα 6:** Σχηματική αναπαράσταση του 3ου επιπέδου Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (biodiversity MDS, bdMDS), με εφαρμογή της σε θεωρητικά δεδομένα (Arvanitidis *et al.*, 2008).

Το προσδοκώμενο αποτέλεσμα στην τρίτου επιπέδου Πολυδιάστατη Κλιμάκωση ή αλλιώς Πολυδιάστατη Κλιμάκωση Βιοποικιλότητας (bdMDS, Arvanitidis *et al.*, 2008), είναι ότι οι επιβαρυνμένες περιοχές, των οποίων τα πρότυπα των σχέσεων μεταξύ τους προέρχονται από τα διάφορα λειτουργικά επίπεδα και αναμένεται να είναι παρόμοια, να ομαδοποιηθούν χωριστά από τα μη-επιβαρυνμένα περιβάλλοντα, σύμφωνα με την υπόθεση της ιεραρχικής- απόκρισης- στο στρες.

### B\_5. 5. Ιεραρχική Ομαδοποίηση (Hierarchical Clustering)

Η τεχνική της Ιεραρχικής ομαδοποίησης διακρίνει τα δείγματα σε ομάδες, έτσι ώστε τα δείγματα που αποτελούν κάθε ομάδα να μοιάζουν περισσότερο μεταξύ τους σε σχέση με τα υπόλοιπα. Η αναπαράσταση της ομαδοποίησης αυτής απεικονίζεται με δενδρογράμματα, όπου στον οριζόντιο άξονα φαίνονται τα υπό σύγκριση δείγματα, ενώ στον κάθετο άξονα φαίνεται ο βαθμός ομοιότητας (Zar, 1983). Η ανάλυση αυτή

χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση των μεσογειακών και ελληνικών λιμνοθαλασσών, με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους.

Επίσης, μια δευτερεύουσα χρήση της Ιεραρχικής Ομαδοποίησης ήταν η ομαδοποίηση των ειδών των μακροβενθικών πολυχαίτων με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους, με σκοπό τη δημιουργία του συναθροιστικού πίνακα και τον υπολογισμό των τιμών των δεικτών λειτουργικής διακριτότητας (aggregation files, πίνακες 3, 4, 5- Παράρτημα II, πίνακας 3- Παράρτημα III). Η διαδικασία συμπεριλαμβάνει το διαχωρισμό των βασικών λειτουργικών επιπέδων της (πίνακες 1, 2 και 3- Παράρτημα II, πίνακες 1 και 2 - Παράρτημα III), από την ιεραρχική ομαδοποίηση, όπου φαίνονται καθαρά τα σημεία που ορίζονται τα σημαντικότερα επίπεδα (δηλαδή αυτά με τις μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ τους). Επιλέχθηκαν διαδοχικά 10, 8, 5 και 4 βασικά λειτουργικά επίπεδα για τις μεσογειακές λιμνοθάλασσες, και αντίστοιχα 4, 6 και 8 βασικά λειτουργικά επίπεδα για τα δεδομένα των ελληνικών λιμνοθαλασσών. Έπειτα κατασκευάστηκαν αντίστοιχες συναθροιστικές λίστες που απεικονίζουν τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται τα λειτουργικά επίπεδα κάθε φορά μεταξύ τους και υπολογίστηκαν οι δείκτες λειτουργικής διακριτότητας (βλέπε παρακάτω).

#### B\_5. 6. Στατιστικός έλεγχος ομοιγένειας με τη δοκιμασία PERMANOVA (permutational multivariate analysis of variance)

Η μέθοδος στατιστικής ανάλυσης PERMANOVA ελέγχει την ταυτόχρονη απόκριση μιας ή περισσότερων μεταβλητών σε έναν ή περισσότερους παράγοντες (μέχρι 9 παράγοντες μέγιστος αριθμός), σε πειραματικό σχεδιασμό τύπου ANOVA, χρησιμοποιώντας αντιμεταθέσεις (permutations). Το πρόγραμμα πραγματοποιεί πολυμεταβλητή ανάλυση των διαφορών (McArdle and Anderson 2001, Anderson 2001; 2005) με οποιαδήποτε μονάδα μέτρησης αποστάσεων (χρησιμοποιώντας αντιμετάθεση για την παραγωγή της κατανομής των αναμενόμενων ψευδο-F (pseudo-F) τιμών. Οι αντιμεταθέσεις αυτές δικαιολογούνται στο πλαίσιο της μηδενικής υπόθεσης που πρεσβεύει πάντα ότι δεν υπάρχουν διαφορές στην ομοιογένεια των ομάδων που εξετάζονται και συνεπώς οι αντιμεταθέσεις που γίνονται στα ονόματα των μεταβλητών από τις οποίες σχηματίζονται οι ομάδες δεν έχει αποτέλεσμα στον έλεγχο της ομοιογένειάς τους. Με τον ίδιο τρόπο επαναλαμβάνουμε τον υπολογισμό

της τιμής του ψευδο-F κάθε φορά που κάνουμε μια αντιμετάθεση και έτσι λαμβάνουμε στο τέλος ένα σύλλογο τιμών που μας βοηθούν να σχηματίζουμε την καμπύλη που εκφράζει την αναμενόμενη κατανομή των τιμών των ψευδο-F. Ο υπολογισμός της τιμής της πιθανότητας μετά είναι απλός: διαιρούμε τον αριθμό των τιμών της κατανομής που ξεπερνούν την πραγματική τιμή του ψευδο-F με το συνολικό αριθμό των υπολογισθέντων από τις αντιμεταθέσεις τιμών (Anderson, 2005). Στην παρούσα εργασία έγινε χρήση δύο παραγόντων που θεωρήθηκαν υπεύθυνοι, αυτοί της γεωγραφικής κατανομής και του βαθμού ρύπανσης που δέχονται οι υπό μελέτη περιοχές ([www.stat.auckland.ac.nz/~mja/Programs.htm](http://www.stat.auckland.ac.nz/~mja/Programs.htm)).

Οι τιμές που δόθηκαν στους παράγοντες ανά περιοχή είναι

α) για τον παράγοντα γεωγραφικής κατανομής

Μεσογειακά δεδομένα: Prevoist, Fogliano, Monacci, Caprolacce, Lungo, Fondi, Ghar El Mehl τιμή παράγοντα=1, καθώς ανήκουν στην δυτική Μεσόγειο. Οι λιμνοθάλασσες Gorro (polluted & dredged), Τσοπέλι, Γιάλοβα και Πάπας που βρίσκονται στη κεντρική Μεσόγειο τιμή παράγοντα =2. Τέλος, για τις λιμνοθάλασσες που ανήκουν στην ανατολική Μεσόγειο, Δράνα, Μονολίμνη, Λακή, Burollus και Bardawill, η τιμή παράγοντα είναι 3.

Ελληνικά δεδομένα: σύμφωνα με τη γεωγραφική τους κατάταξη στον ελλαδικό χώρο οι λιμνοθάλασσες της δυτικής Ελλάδας Γιάλοβα, Πάπας και Τσοπέλι πήραν τιμή παράγοντα=1, το Βιβάρι στην κεντρική Ελλάδα τιμή παράγοντα=2, και τέλος οι λιμνοθάλασσες της ανατολική Ελλάδας, Μονολίμνη, Δράνα και Λακή τιμή παράγοντα=3.

β) για τον παράγοντα βαθμού ρύπανσης

Μεσογειακά δεδομένα: οι λιμνοθάλασσες που δέχονται τη μεγαλύτερη ανθρωπογενή ρύπανση είναι οι Burollus και Gorro (polluted & dredged), που βαθμολογήθηκαν με τιμή=2, ενώ όλες οι υπόλοιπες με τιμή παράγοντα ρύπανσης=1.

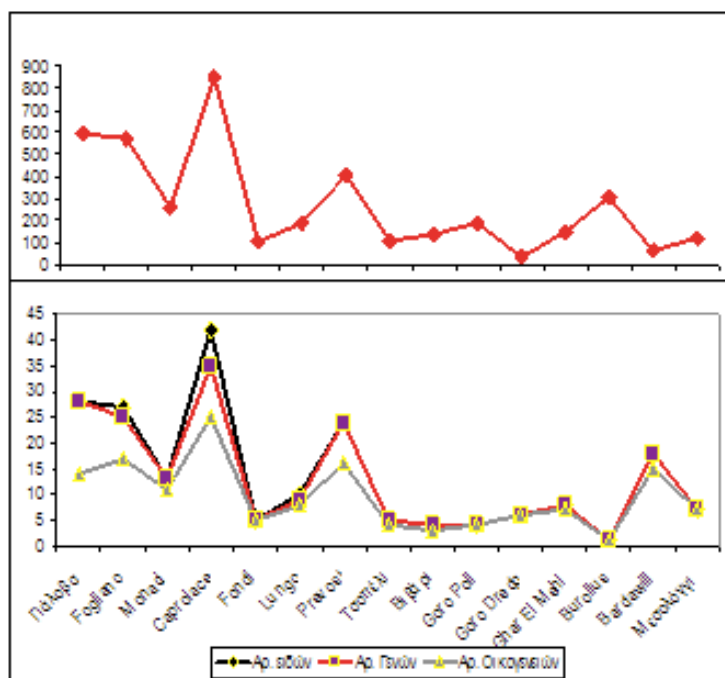
Ελληνικά δεδομένα: όλες οι λιμνοθάλασσες βαθμολογήθηκαν με τιμή παράγοντα=1, με εξαίρεση τις Δράνα και Πάπας, που δεχόμενες την ανθρωπογενή πίεση, βαθμολογήθηκαν με τιμή παράγοντα=2.

## Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Γ\_1. Αποτελέσματα στο Μεσογειακό επίπεδο

Γ\_1. 1. Διαγράμματα αριθμού λειτουργικών χαρακτηριστικών και κατανομής των ταξινομικών επιπέδων που ανήκουν τα είδη της κάθε μεσογειακής λιμνοθάλασσας.

Από το διάγραμμα της κατανομής των ταξινομικών κατηγοριών ανά λιμνοθάλασσα (διάγραμμα 5β), όπως φαίνεται και από τον πίνακα 4, οι λιμνοθάλασσες με αφθονία ειδών πολυχαίτων είναι η Carpolace (42 είδη), ακολουθεί η Γιάλοβα και Fogliano (28 και 27 είδη αντίστοιχα), και Prevost (24 είδη). Η Burollus έχει τα λιγότερα είδη (1 είδος), ακολουθούν η Βιβάρι και η Goro- ρυπ. (4 είδη), ενώ το Τσοπέλι και η Goro- αναμ. έχουν 5 και 6 είδη αντίστοιχα.



**Διάγραμμα 5:** Συνολικός αριθμός (α) των λειτουργικών χαρακτηριστικών του κύκλου ζωής των μακροβενθικών πολυχαίτων και (β) των ανώτερων ταξινομικών κατηγοριών (Είδος, Γένος και Οικογένεια) για κάθε μεσογειακή λιμνοθάλασσα.

Όμοια και για τον αριθμό των Γενών που ανήκουν σε κάθε λιμνοθάλασσα, πιο πλούσιες σε αριθμό Γενών πολυχαίτων είναι οι Carpolace, Γιάλοβα, Fogliano και Prevost με 35, 28, 25 και 24 Γένη αντίστοιχα, Πάπας (23 Γένη), Βιβάρι (22 Γένη) και Τσοπέλι (20 Γένη). Η Burollus έχει τα λιγότερα Γένη (1 Γένος), ακολουθούν το Βιβάρι και το Goro- ρυπ. (4 Γένη), ενώ το Τσοπέλι και το Goro- αναμ. έχουν 5 και 6 Γένη αντίστοιχα.



Στην κατηγορία της Οικογένειας, οι μεσογειακές λιμνοθάλασσες με τη μεγαλύτερη αφθονία Οικογενειών είναι η Carpolace (25 Οικογένειες), Fogliano (17 Γένη), Γιάλοβα (14 Οικογένειες), Prevost (16 Οικογένειες), ενώ τις λιγότερες Οικογένειες έχει το Burollus (1 Οικογένεια), Τσοπέλι και Goro- ρυπ. (4 Οικογένειες), Βιβάρι (3 Οικογένειες).

Λιμνοθάλασσα	Αρ. ειδών	Αρ. Γενών	Αρ. Οικογε- νειών	Αρ. λειτουργικών χαρακτη- ριστικών
Γιάλοβα	28	28	14	596
Fogliano	27	25	17	572
Monaci	13	13	11	261
Carpolace	42	35	25	848
Fondi	5	5	5	101
Lungo	10	9	8	188
Prevost	24	24	16	402
Τσοπέλι	5	5	4	108
Βιβάρι	4	4	3	136
Goro Poll	4	4	4	189
Goro Dredg	6	6	6	32
Ghar El Mehl	8	8	7	152
Burollus	1	1	1	61
Bardawil	18	18	15	306
Μεσολόγγι	7	7	7	121

**Πίνακας 4:** αριθμός ταξινομικών επιπέδων (είδος- γένος- οικογένεια) και λειτουργικών χαρακτηριστικών του κύκλου ζωής των μακροβενθικών πολυχαίτων για κάθε μεσογειακή λιμνοθάλασσα.

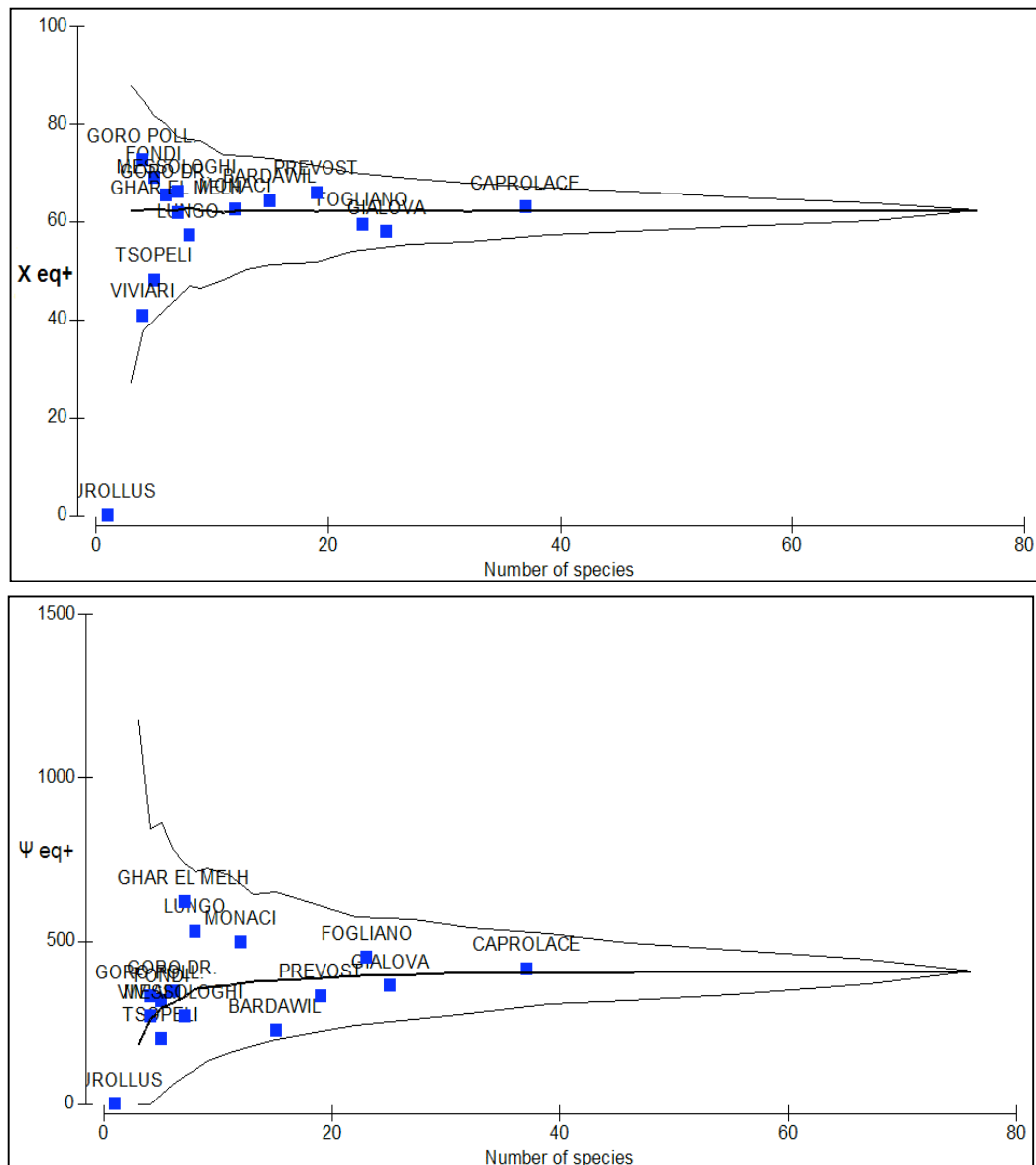
Οι μεσογειακές λιμνοθάλασσες με τον μεγαλύτερο αριθμό λειτουργικών χαρακτηριστικών είναι οι Carpolace (848 συνολικά τιμές), Γιάλοβα (596), Fogliano (572) και Prevost (402). Οι λιμνοθάλασσες με τον μικρότερο αριθμό χαρακτηριστικών είναι οι Goro- αναμ. (32) και Burollus (61).

Παρατηρούμε ότι η Carpolace η οποία έχει τα περισσότερα σε αριθμό είδη, παρουσιάζει και τον μεγαλύτερο αριθμό σε λειτουργικά χαρακτηριστικά. Αντίθετα, οι Burollus και Goro- αναμ. έχουν τον μικρότερο αριθμό ειδών και λειτουργικών ιδιοτήτων.

## Γ\_1. 2. Χωνιά Κατανομής με βάση τους δείκτες της Λειτουργικής Διακριτότητας στις Μεσογειακές λιμνοθάλασσες

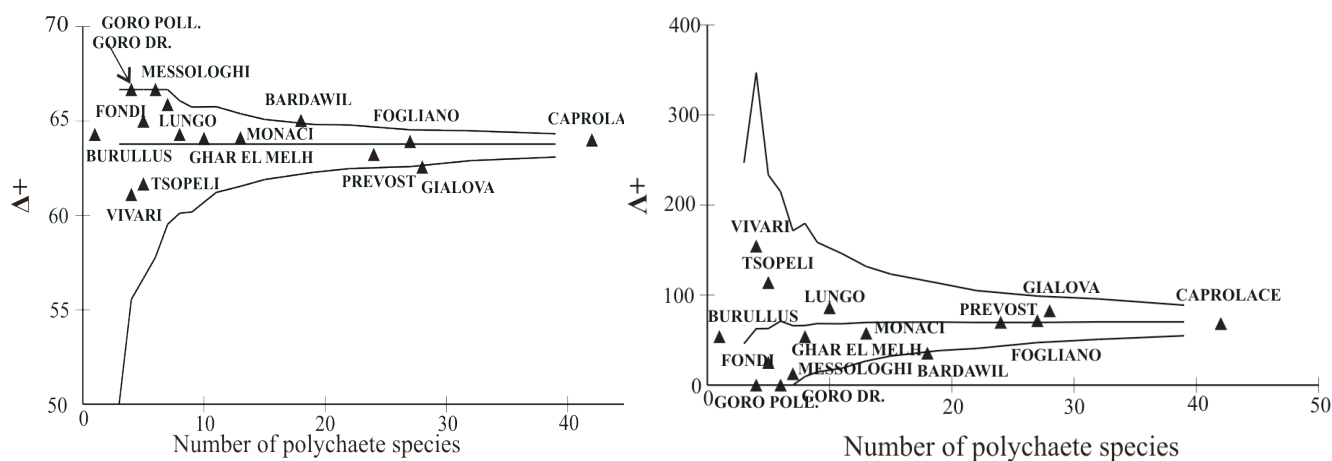
Οι δείκτες λειτουργικότητας  $X_{eq}^+$  και  $\Psi_{eq}^+$  έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα στα χωνιά κατανομής των μεσογειακών λιμνοθαλασσών (διάγραμμα 6). Τα δείγματα εντοπίζονται μέσα στο χωνί, με εξαίρεση τη Burollus, η οποία τοποθετείται κάτω από αυτό. Η συνολική εικόνα που παίρνουμε από τα διαγράμματα δεν είναι ξεκάθαρη, αφού οι δύο περιοχές της Sacca di Goro (και κυρίως το ρυπασμένο τμήμα της) εντοπίζονται στα υψηλότερα τμήματα του χωνιού.

Υπάρχει όμως μια καλή ένδειξη της απόδοσης των δεικτών για τη Burollus, της οποίας η θέση ήταν αναμενόμενη εξαιτίας της φτωχής ταξινομικής και λειτουργικής ποικιλότητας που τη χαρακτηρίζει (έχει ένα μοναδικό είδος, *Heteromastus filiformis*, το οποίο είναι κοινό σε όλες τις περιοχές με εξαίρεση τη Sacca di Goro).



**Διάγραμμα 6:** Λειτουργικά Χωνιά Κατανομής (Probability Functional Funnels) των δεικτών λειτουργικής διακριτότητας  $X_{eq+}$  και  $\Psi_{eq+}$  στις μεσογειακές λιμνοθάλασσες για τα 11 βασικά λειτουργικά επίπεδα, που επιλέχθηκαν με τη βοήθεια της Ιεραρχικής Ομαδοποίησης (Cluster Analysis) και παρουσία/ απουσία ειδών. Οι αναμενόμενες μέσες τιμές απεικονίζονται με την ίδια γραμμή στη μέση κάθε χωνιού.

Δοκιμή με όλα τα λειτουργικά επίπεδα παρόντα στην επεξεργασία, έδωσε παρόμοια αποτελέσματα, αφήνοντας ξανά μόνο τα δείγματα του Burollus κάτω από το χωνί. Συνεπώς, θα μπορούσαμε να αποφανθούμε ότι η μέθοδος δεν φαίνεται να αποδίδει τη πραγματική κατάσταση των λιμνοθαλασσών με βάση τα συγκεκριμένα δεδομένα.



**Διάγραμμα 7:** Χωνιά κατανομής των δεικτών  $\Delta^+$  και  $\Lambda^+$ , όπως προέκυψαν από την ταξινομική επεξεργασία των δεδομένων σε παλαιότερη μελέτη, για τα πολύχαιτα των μεσογειακών λιμνοθαλασσών

Από τη σύγκριση του παραπάνω λειτουργικού προτύπου (διάγραμμα 5) με το ταξινομικό (διάγραμμα 7) που δημοσιεύτηκε από τους Arvanitidis *et al.* (2005) φαίνεται ότι υπάρχει κάποια αντιστοιχία αποτελεσμάτων που προκύπτουν με βάση τους αντίστοιχους δείκτες ( $\Delta^+$  και  $\Lambda^+$  για την Ταξινομική διακριτότητα και  $X_{eq}^+$  και  $\Psi_{eq}^+$  για τη Λειτουργική).

Σημαντική διαφορά στα χωνιά κατανομής που προέρχεται από τις δύο προσεγγίσεις, αποτελεί η Burullus όπου στο πρότυπο του δείκτη  $\Delta^+$  βρίσκεται πάνω στον αναμενόμενο θεωρητικό μέσο, ενώ στο πρότυπο του δείκτη  $X_{eq}^+$  βρίσκεται κάτω από το χωνί.

Για τους δείκτες  $\Lambda^+$  και  $\Psi_{eq}^+$  λιγότερες μεσογειακές λιμνοθάλασσες εμφανίζονται σε αντιστοιχία μεταξύ τους σε σχέση με τις θέσεις που καταλαμβάνουν στα χωνιά με βάση τους προαναφερόμενους δείκτες. Οι λιμνοθάλασσες Prevost, Fogliano, Γιάλοβα, απεικονίζονται κοντά στον αναμενόμενο θεωρητικό μέσο αντίστοιχα και για τα δύο πρότυπα. Η διαφορά της θέσης της λιμνοθάλασσας Burullus στα χωνιά κατανομής εξακολουθεί να είναι μεγάλη καθώς στο πρότυπο του δείκτη  $\Lambda^+$  βρίσκεται πάνω στον αναμενόμενο θεωρητικό μέσο, ενώ στο πρότυπο του δείκτη  $\Psi_{eq}^+$  βρίσκεται κάτω από το χωνί. Επιπλέον, οι δύο περιοχές της Sacca di Goro τοποθετούνται κοντά στον αναμενόμενο θεωρητικό μέσο στο χωνί που προέρχεται

από τις τιμές του δείκτη  $\Psi_{eq}^+$ , ενώ βρίσκεται κάτω από το χωνί στη περίπτωση του δείκτη  $\Lambda^+$  όπου και ανταποκρίνεται περισσότερο στην πραγματική τους κατάσταση.

Γενικά λοιπόν, η επεξεργασία των δεδομένων σε λειτουργικό επίπεδο αναγνωρίζει το Bugollus ως περιοχή που δέχεται ισχυρή ανθρωπογενή επιβάρυνση. Αδυνατεί όμως να κάνει το ίδιο και για τη λιμνοθάλασσα Sacca di Goro.

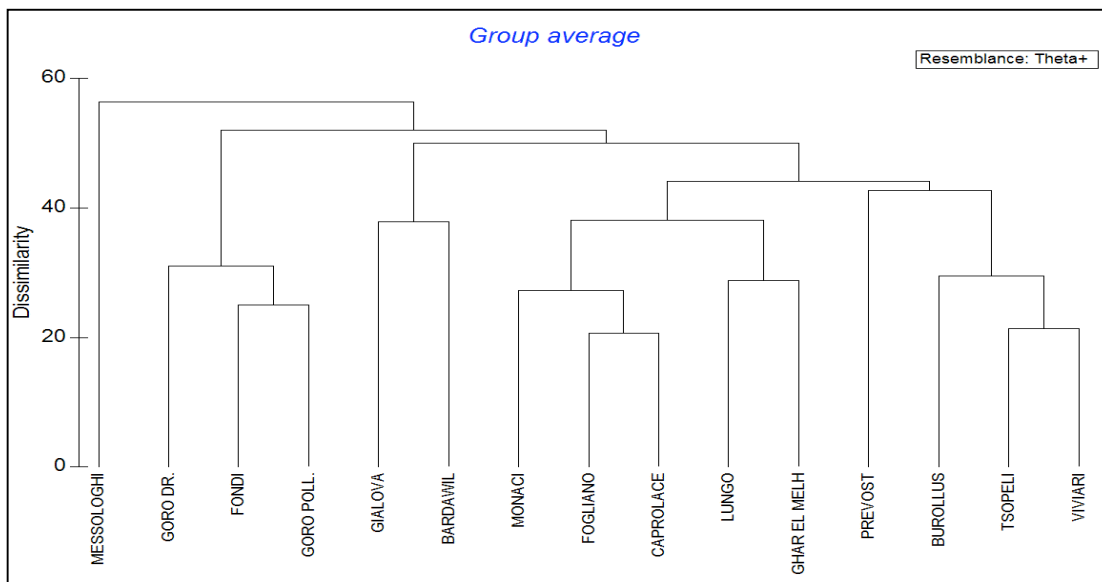
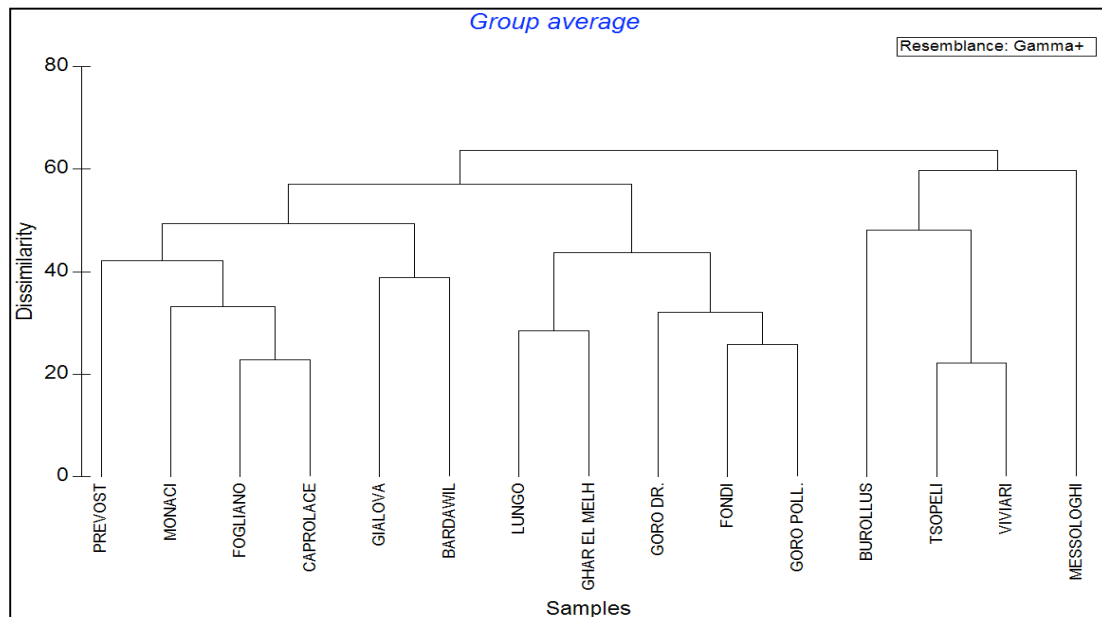
Γ\_1. 3. Διαγράμματα Ιεραρχικής ομαδοποίησης (Cluster Analysis) βασισμένο στα λειτουργικά χαρακτηριστικά για τους συντελεστές ομοιότητας  $\Gamma^+$  και  $\Theta^+$

Στην ιεραρχική ανάλυση για τον συντελεστή ομοιότητας  $\Gamma^+$  (Εικ. 7α) διακρίνεται μία γεωγραφική ομαδοποίηση, από τα Ανατολικά προς τα δυτικά της Μεσογείου. Βέβαια, από τη στατιστική ανάλυση PERMANOVA φαίνεται ότι παρόλη τη γεωγραφική διαβάθμιση που προκύπτει σχηματικά, δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Τα ίδια αποτελέσματα προέκυψαν και όταν μειώθηκαν τα επίπεδα λειτουργικότητας σε 11 (βλέπε Πίνακες III-3, III-4 για τις συναθροιστικές λίστες που χρησιμοποιήθηκαν). Συνεπώς τα επίπεδα λειτουργικότητας που απομακρύνθηκαν από την επεξεργασία, δεν ανταποκρίνονται σε πραγματική μείωση της πολυπλοκότητας του συστήματος.

Η ιεραρχική ανάλυση ομαδοποίησης που προκύπτει με τον συντελεστή  $\Theta^+$  (εικ. 7β) διακρίνει τις λιμνοθάλασσες γεωγραφικά: οι Ιταλικές ομαδοποιούνται μαζί με τη Ghar el Melh από τη Τυνησία, ενώ οι ελληνικές με τις αιγυπτιακές (Bardawil, Bugollus) και γαλλική λιμνοθάλασσα (Prevost). Ιδιαίτερη εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι το Μεσολόγγι εμφανίζει ποσοστό ανομοιότητας με όλες τις υπόλοιπες πάνω από 50%. Η στατιστική ανάλυση PERMANOVA έδειξε ότι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές ώστε να οφείλονται στη γεωγραφική κατανομή ή στον βαθμό πίεσης.

Τα ίδια αποτελέσματα προέκυψαν και όταν μειώθηκαν τα επίπεδα λειτουργικότητας σε 11.



**Εικόνα 7:** Ιεραρχική Ομαδοποίηση (Cluster Analysis) των μεσογειακών λιμνοθαλασσών για τα 11 βασικά λειτουργικά επίπεδα που επιλέχθηκαν με τη βοήθεια της Ιεραρχικής ομαδοποίησης (Cluster Analysis) για τους συντελεστές ομοιότητας Gamma<sup>+</sup> και Theta<sup>+</sup>.

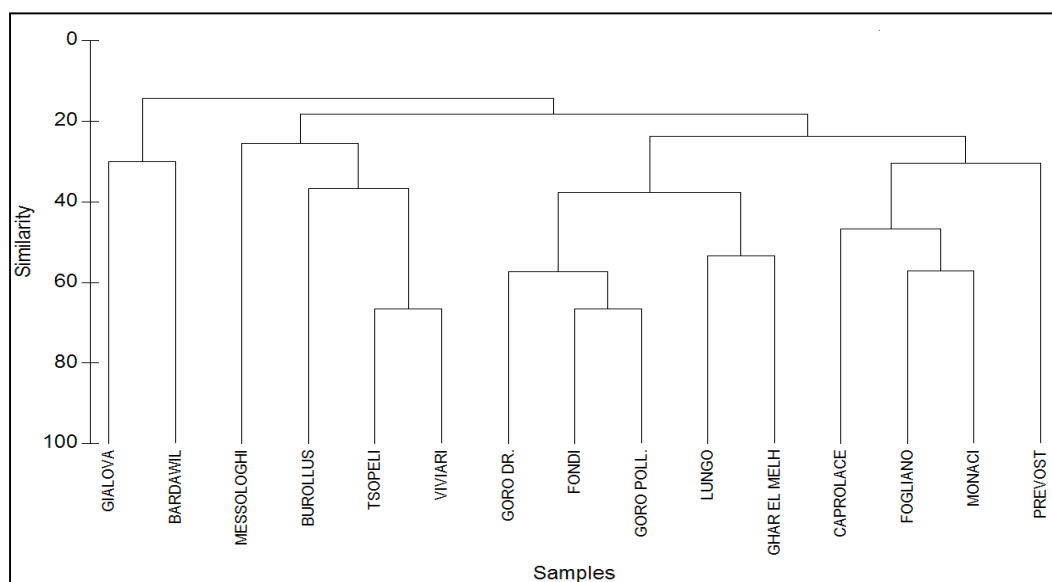
PERMANOVA: a) POLLUTION: Pseudo-F: 1.06, P-value:0.4, GEOGRAPHY: Pseudo-F: 1.64, P-value:0.07  
 b) POLLUTION: Pseudo-F: 0.49, P-value:0.99, GEOGRAPHY: Pseudo-F: 1.6, P-value:0.13

#### Γ\_1. 4. Διαγράμματα εφαρμογής Μη μετρικής Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (nm MDS) και Ιεραρχικής ομαδοποίησης (Cluster Analysis) στις Μεσογειακές Λιμνοθάλασσες

Εκτός από την δημιουργία των χωνιών κατανομής στις μεσογειακές λιμνοθάλασσες εφαρμόστηκε συμπληρωματικά η μέθοδος ιεραρχικής ομαδοποίησης (Hierarchical Clustering) και μη μετρικής Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (nm MDS, non metric Multi Dimensional Scaling) σε πρώτο επίπεδο μόνο λόγω της απουσίας δεδομένων εποχιακότητας, ώστε να υπάρξει μία ακόμα ανάλυση των λειτουργικών χαρακτηριστικών και των επιπέδων τους, στους πολύχαιτους των μεσογειακών λιμνοθαλασσών.

Στην ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster Analysis) με βάση την παρουσία/ απουσία λειτουργικών χαρακτηριστικών και χρήση του συντελεστή Jaccard, δημιουργήθηκαν 4 ομάδες (εικ. 8) οι οποίες εμφανίζουν διαβάθμιση από τα δυτικά προς τα ανατολικά της Μεσογείου. Εδώ οι διαφορές για τη γεωγραφική κατανομή των λιμνοθαλασσών φαίνεται ότι είναι σημαντικές.

Το ίδιο πρότυπο προκύπτει και με τα δεδομένα σε μορφή παρουσίας/απουσίας των λειτουργικών χαρακτηριστικών του κύκλου ζωής με τον συντελεστή Bray Curtis.

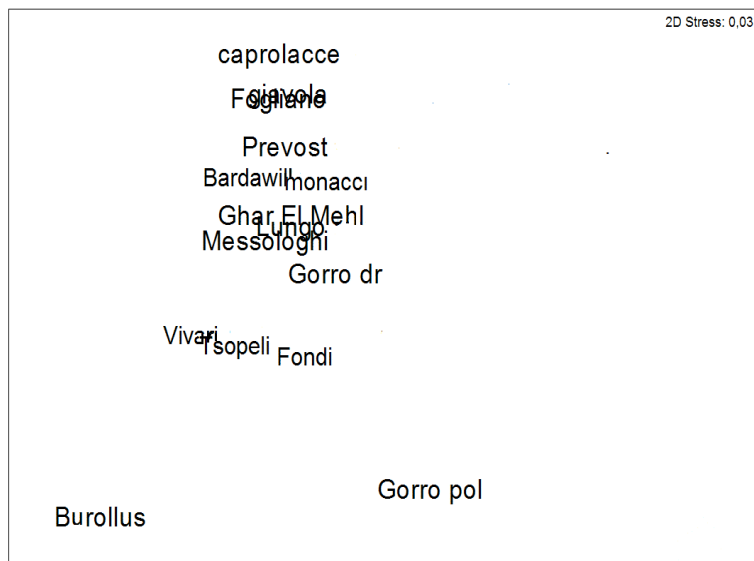
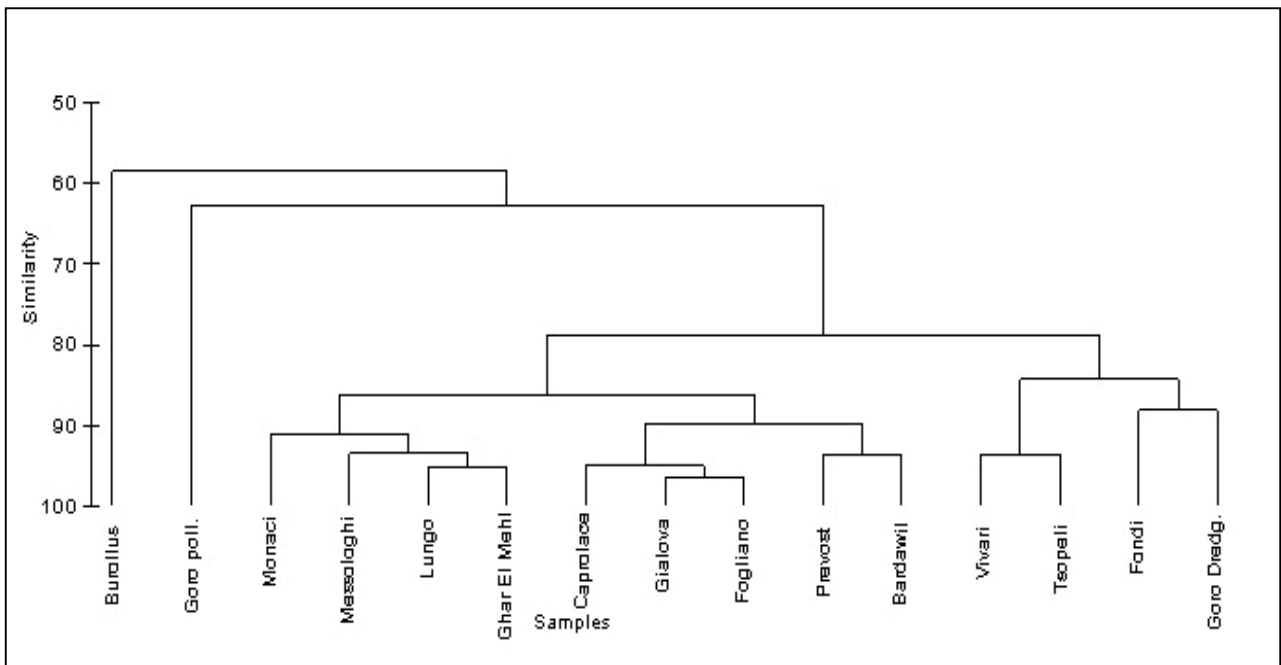


**Εικόνα 8:** Ιεραρχική Ομαδοποίηση (Cluster Analysis) των μεσογειακών λιμνοθαλασσών βάσει ομοιότητας στην παρουσία/ απουσία λειτουργικών χαρακτηριστικών των ειδών ανά μεσογειακή λιμνοθάλασσα, με χρήση του συντελεστή ομοιότητας Jaccard.

PERMANOVA: POLLUTION: Pseudo-F: 0.8, P-value:0.6, GEOGRAPHY: Pseudo-F: 1.74, P-value:0.02

Σε ότι αφορά την ιεραρχική ομαδοποίηση με δεδομένα σε μορφή αφθονίας που εμφανίζουν τα 14 κυριότερα χαρακτηριστικά του κύκλου ζωής ανά λιμνοθάλασσα, (χρήση του συντελεστή ομοιότητας Bray Curtis και μετασχηματισμό τετάρτης ρίζας, εικ. 9), για τα 11 βασικότερα λειτουργικά επίπεδα που επιλέχθηκαν (βλέπε Παράρτημα III για τις συναθροιστικές λίστες που αναφέρονται), δεν φαίνεται να υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο που να αποτυπώνεται στο διάγραμμα.

Είναι όμως άξιο λόγου το γεγονός ότι τα συστήματα Goro- ρυπ. και Burollus εμφανίζονται με ποσοστό ανομοιότητας μεγαλύτερο από 50% σε σχέση με τις υπόλοιπες λιμνοθάλασσες, γεγονός που δείχνει τη διάκριση των δύο πιο επιβαρυσμένων λιμνοθαλασσών από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.



**Εικόνα 9:** Ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster analysis) και μη παραμετρικής πολυδιάστατης κλιμάκωσης (nm MDS) συνολικά για τις μεσογειακές λιμνοθάλασσες, με την αφθονία στην παρουσία των 14 σημαντικότερων χαρακτηριστικών (συνολικά 59 κατηγορίες) του κύκλου ζωής που επιλέχθηκαν. Χρήση της συναθροιστικής λίστας με τα 11 βασικά λειτουργικά επίπεδα  
Μετασχηματισμός τέταρτης ρίζας (4<sup>th</sup> root transformation) και χρήση του συντελεστή ομοιότητας Bray Curtis.

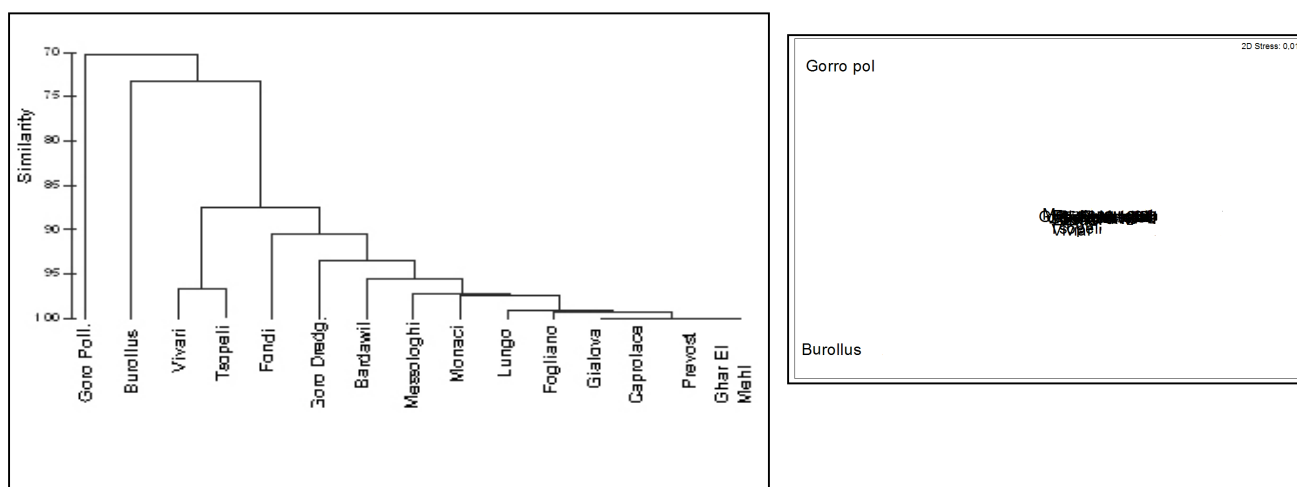
PERMANOVA: POLLUTION: Pseudo-F: 5.85, P-value: 0.008, GEOGRAPHY: Pseudo-F: 2.38, P-value: 0.07



Επίσης, στο ίδιο διάγραμμα, πρώτη φορά εμφανίζονται οι δύο περιοχές της λιμνοθάλασσας Sacca di Goro ( ρυπ. και αναμ.) απομακρυσμένες η μία από την άλλη. Το γεγονός αυτό αποτελεί μία ένδειξη ότι δύο περιοχές, ακόμα κι αν γεωγραφικά είναι κοντά, σε λειτουργικό επίπεδο μπορούν να διαφέρουν κατά πολύ.

Παρατηρώντας τον δι- διάστατο χάρτη που έδωσε η μη παραμετρική πολυδιάστατη κλιμάκωση (nm MDS), οι λιμνοθάλασσες παρατάσσονται στο διάγραμμα με σειρά αφθονίας ειδών, και συνεπώς αφθονίας στην παρουσία των λειτουργικών χαρακτηριστικών (εικ. 9). Στο επάνω μέρος του διαγράμματος της μη παραμετρικής πολυδιάστατης κλιμάκωσης (nm MDS), τοποθετείται η λιμνοθάλασσα Carpiolace (42 είδη μακροβενθικών Πολυχαίτων), ενώ στο κάτω μέρος οι δύο πιο πτωχές σε λειτουργικά χαρακτηριστικά και είδη, οι Sacca di Goro- ρυπ. και Burollus.

Με άλλα λόγια, η μέθοδος με δεδομένα σε μορφή αφθονίας των λειτουργικών χαρακτηριστικών φαίνεται ότι μπορεί να διακρίνει οικολογικά επιβαρυνμένες περιοχές, χωρίς να επηρεάζονται από τη γεωγραφική κατανομή των περιοχών και την αφθονία των ειδών που τις χαρακτηρίζουν.



**Εικόνα 10:** Ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster analysis) και μη παραμετρικής πολυδιάστατης κλιμάκωσης (nm MDS) συνολικά για τις μεσογειακές λιμνοθάλασσες, με την παρουσία/ απουσία των 14 σημαντικότερων χαρακτηριστικών (συνολικά 59 κατηγορίες) του κύκλου ζωής που επιλέχθηκαν, με χρήση της συναθροιστικής λίστας των 11 βασικών λειτουργικών επιπέδων.

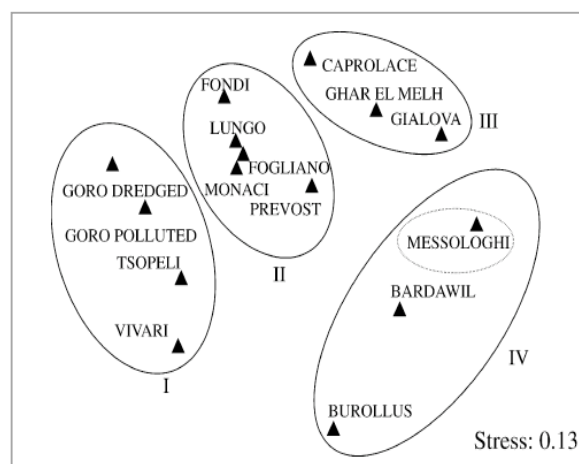
Μετασχηματισμός τέταρτης ρίζας (4<sup>th</sup> root transformation) και χρήση του συντελεστή ομοιότητας Bray Curtis.

PERMANOVA: POLLUTION: Pseudo-F: 3.76, P-value: 0.04, GEOGRAPHY: Pseudo-2.72, P-value: 0.027

Το γεγονός ότι η μέθοδος μπορεί να διακρίνει τις ανθρωπογενώς επιβαρυνόμενες περιοχές σε λειτουργικό επίπεδο επιβεβαιώνεται και από την επεξεργασία των δεδομένων με βάση τη παρουσία/ απουσία λειτουργικών χαρακτηριστικών στους μακροβενθικούς Πολύχαιτους (εικ. 10), αλλά και από τη στατιστική ανάλυση PERMANOVA, όπου και οι δύο παράγοντες, ανθρωπογενούς πίεσης και γεωγραφικής κατανομής, φαίνεται ότι επικρατούν στο σύστημα. Παρατηρώντας τον δι-διάστατο χάρτη της MDS οι λιμνοθάλασσες Sacca di Goro-ρυπ. και Burollus ξεχωρίζουν λειτουργικά από όλες τις υπόλοιπες, οι οποίες εμφανίζονται λειτουργικά πολύ κοντά. Ταυτόχρονα και πάλι το αναμοχλευμένο κομμάτι της Sacca di Goro εμφανίζεται διαφορετικό λειτουργικά από το ρυπασμένο τμήμα, γεγονός που υποδεικνύει ότι δύο περιοχές μπορούν να διαφέρουν λειτουργικά παρόλη τη κοντινή γεωγραφική τους απόσταση.

Από τη σύγκριση των ταξινομικών και λειτουργικών προτύπων, φαίνεται ότι και τα δύο πρότυπα είναι ικανά να διαχωρίσουν σε έναν βαθμό τις ρυπασμένες περιοχές (Burollus, Goro), τα λειτουργικά δεδομένα όμως φαίνεται ότι είναι πιο ικανά να ξεχωρίσουν την ανθρωπογενή επίδραση σε μια περιοχή από τα υγιή περιβάλλοντα, ειδικά στην περίπτωση με την αφθονία της παρουσίας των λειτουργικών χαρακτηριστικών του κύκλου ζωής. Με άλλα λόγια, η οικολογική κατάσταση μιας περιοχής με γνώμονα την ανθρωπογενή πίεση που δέχεται, διακρίνεται καλύτερα από το λειτουργικό πρότυπο της περιοχής, παρά από το ταξινομικό/ φυλογενετικό πρότυπο.

Τα διαγράμματα της ιεραρχικής ομαδοποίησης και της μη- παραμετρικής πολυδιάστατης ανάλυσης με βάση τον αριθμό των ανώτερων λειτουργικών επιπέδων που επιλέχθηκαν από το δενδρόγραμμα (εικ. 12), για κάθε μεσογειακή λιμνοθάλασσα (Παράρτημα III), δίνουν μια εντελώς διαφορετική άποψη των λειτουργικών δεδομένων. Η παράταξη των παράκτιων μεσογειακών μεταβατικών οικοσυστημάτων



**Εικόνα 11:** Διάγραμμα μη- παραμετρικής πολυδιάστατης ανάλυσης που απεικονίζει το πρότυπο της θάλασσας βιοποικιλότητας των μεσογειακών λιμνοθαλασσών (Arvanitidis *et al.*, 2005)

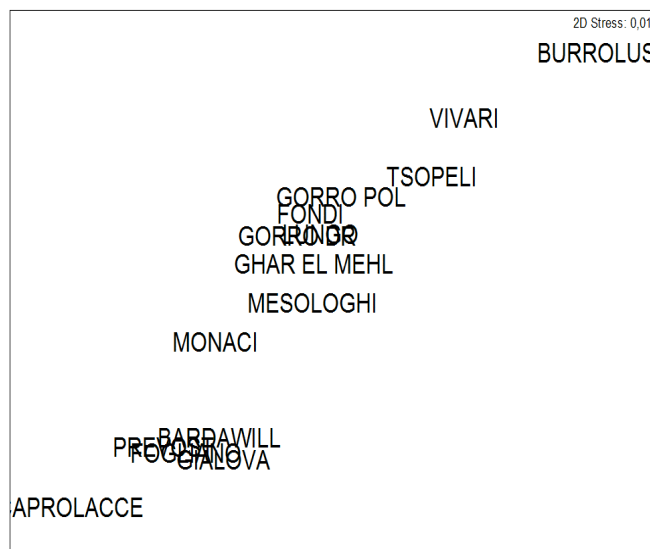
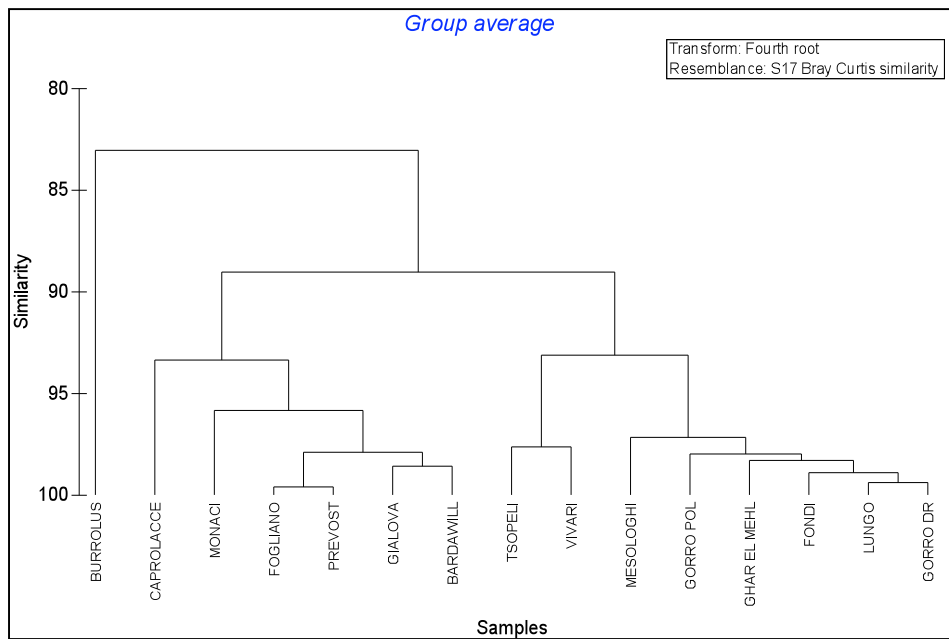
στον δι- διάστατο χάρτη σύμφωνα με τη λειτουργική τους δομή, δηλαδή με βάση το πώς αλλάζει το πρότυπο κατανομή όσο η πληροφορία συναθροίζεται σε ολοένα και ανώτερα επίπεδα λειτουργικότητας (εικ. 12) έδωσε μία σύνθεση των περιοχών βάσει της ποικιλότητας των ειδών.

Σε γενικές γραμμές, φαίνεται ότι η μέθοδος δεν μπορεί να διακρίνει τις ανθρωπογενώς επιβαρυνμένες περιοχές, όπως αυτή του Bugollus και Goro- ρυπ., όπως θα περιμέναμε. Επομένως, η διάκριση των λιμνοθαλασσών με ισχυρή ανθρωπογενή επίδραση επιτυγχάνεται μόνο μερικώς, αφού η Goro- ρυπ. δεν διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες ιταλικές λιμνοθάλασσες.

Η διαβάθμιση όμως κατά το μήκος της διαγωνίου του δι- διάστατου γραφήματος όπου παρατάσσονται όλες οι μεσογειακές λιμνοθάλασσες που παρατηρούμε, είναι από την πιο άφθονη (Cargolace) προς την πιο φτωχή (Bugollus) σε είδη, αλλά και σε λειτουργικά χαρακτηριστικά.

Παρατηρούμε επίσης ότι, με εξαίρεση την τοποθέτηση της Bardawil με τις λιμνοθάλασσες της δυτικής Μεσογείου, υπάρχει μια δευτερεύουσα διαβάθμιση στη διαγώνιο, η οποία έχει γεωγραφικό χαρακτήρα, από τα δυτικά προς τα ανατολικά της Μεσογείου. Η διαβάθμιση αυτή υπάρχει, αλλά δεν υποστηρίζεται από στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα.

Ίδια αποτελέσματα προέκυψαν και με τη χρήση όλου του εύρους των λειτουργικών επιπέδων, καθώς και με μετατροπή της δεύτερης ρίζας και συντελεστή ομοιότητας Bray Curtis.

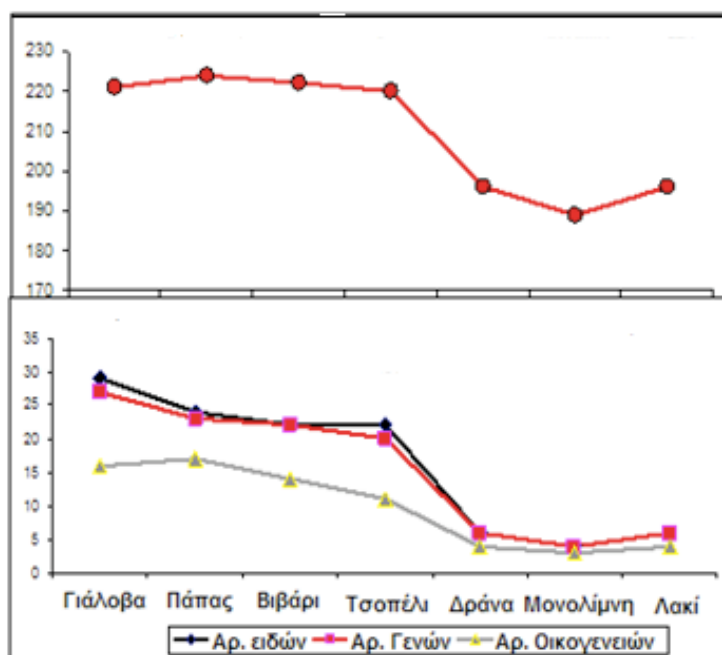


**Εικόνα 12:** Μη παραμετρικής πολυδιάστατης κλιμάκωσης (nt MDS, n=5) και Ιεραρχική Ανάλυση Ομαδοποίησης (Hierarchical Clustering Analysis) όπου οι λιμνοθάλασσες της Μεσογείου τοποθετούνται στο δι- διάστατο γράφημα με βάση τις λειτουργικές ιδιότητες των ειδών. Η ομαδοποίηση έχει προκύψει από τη συναθροιστική λίστα του αριθμού των λειτουργικών επιπέδων σε κάθε λιμνοθάλασσα (Παράρτημα III) PERMANOVA: POLLUTION: Pseudo-F: 3.54, P-value: 0.08, GEOGRAPHY: Pseudo-F: 2.46, P-value: 0.13

## Γ\_2. ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Γ\_2. 1. Διαγράμματα αριθμού λειτουργικών χαρακτηριστικών και κατανομής των ταξινομικών επιπέδων που ανήκουν τα είδη της κάθε ελληνικής λιμνοθάλασσας.

Από το διάγραμμα της κατανομής των ταξινομικών επιπέδων ανά λιμνοθάλασσα (διάγραμμα 8β), αλλά και όπως φαίνεται από τον πίνακα 5, οι πιο πλούσιες λιμνοθάλασσες σε αριθμό ειδών είναι η Γιάλοβα (29 είδη), ακολουθεί ο Πάπας (23 είδη), Βιβάρι και Τσοπέλι (22 είδη). Η Μονολίμνη φιλοξενεί τα λιγότερα είδη (4 είδη), και ακολουθούν η Δράνα και το Λακί (6 είδη). Όμοια και για τον αριθμό των Γενών που ανήκουν σε κάθε λιμνοθάλασσα, με τη Γιάλοβα (27 Γένη), το Πάπα (23 Γένη), το Βιβάρι (22 Γένη) και το Τσοπέλι (20 Γένη) να έχουν τα περισσότερα Γένη. Η Μονολίμνη φιλοξενεί τα λιγότερα Γένη (4 Γένη), και ακολουθούν η Δράνα και το Λακί (6 Γένη). Στο επίπεδο της Οικογένειας, οι πιο πλούσιες μεσογειακές λιμνοθάλασσες σε αριθμό είναι ο Πάπας (17 Οικογένειες), η Γιάλοβα (16 Οικογένειες), το Βιβάρι (14 Οικογένειες) και το Τσοπέλι (11 Οικογένειες). Τις λιγότερες Οικογένειες φιλοξενεί η Μονολίμνη (3 Οικογένειες), η Δράνα και το Λακί (6 Οικογένειες).

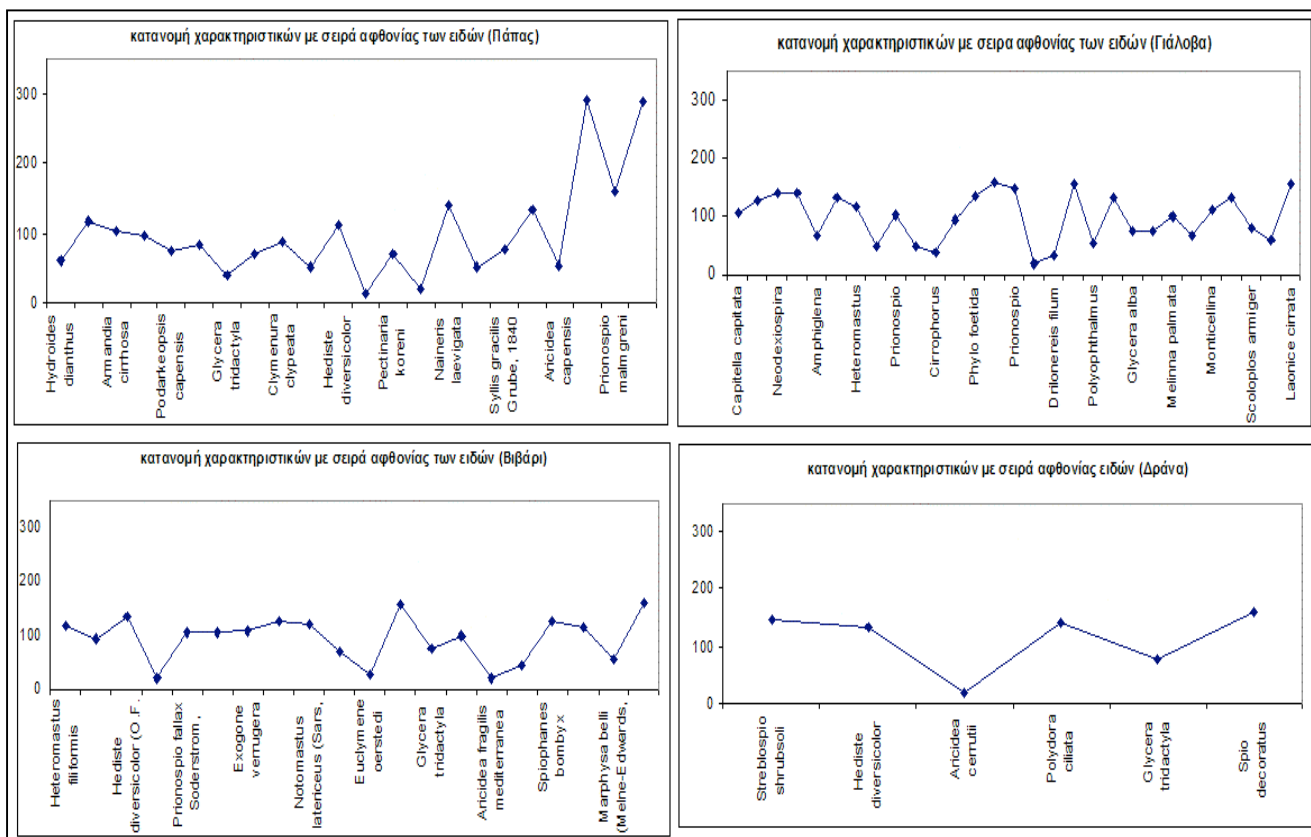


**Διάγραμμα 8:** Συνολικός αριθμός (α) των λειτουργικών χαρακτηριστικών του κύκλου ζωής των μακροβενθικών πολυχαιτών και (β) των ανώτερων ταξινομικών κατηγοριών (Είδος, Γένος και Οικογένεια) για κάθε ελληνική λιμνοθάλασσα.

Λιμνοθάλασσα	Αρ. Λειτουργικών χαρακτηριστικών	Αρ. ειδών	Αρ. Γενών	Αρ. οικογενειών
Γιάλοβα	221	29	27	16
Πάπας	224	23	23	17
Βιβάρι	222	22	22	14
Τσοπέλι	220	22	20	11
Δράνα	196	6	6	4
Μονολίμνη	189	4	4	3
Λακί	196	6	6	4

**Πίνακας 5:** αριθμός ταξινομικών κατηγοριών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των μακροβενθικών πολυχαίτων για κάθε ελληνική λιμνοθάλασσα.

Τέλος, από την κατανομή των λειτουργικών χαρακτηριστικών σε κάθε λιμνοθάλασσα (διάγραμμα 8α), φαίνεται ότι τα περισσότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά εμφανίζονται στον Πάπα, παρόλο που δεν διαθέτει και το μεγαλύτερο αριθμό ειδών, ενώ πιο φτωχή λειτουργικά λιμνοθάλασσα, φαίνεται να είναι η Μονολίμνη η οποία έχει και τον μικρότερο αριθμό ειδών. Αντίστοιχα, παρατηρούμε ότι η Γιάλοβα παρόλο που έχει τα περισσότερα σε αριθμό είδη, δεν παρουσιάζει τον μεγαλύτερο αριθμό λειτουργικών χαρακτηριστικών, ούτε οικογενειών, σε αντίθεση με τον Πάπα, το Βιβάρι και το Τσοπέλι, οι οποίες παρόλο που δεν είναι οι πιο πλούσιες λιμνοθάλασσες σε αριθμό ειδών, είναι οι πιο πλούσιες σε λειτουργικές ιδιότητες.



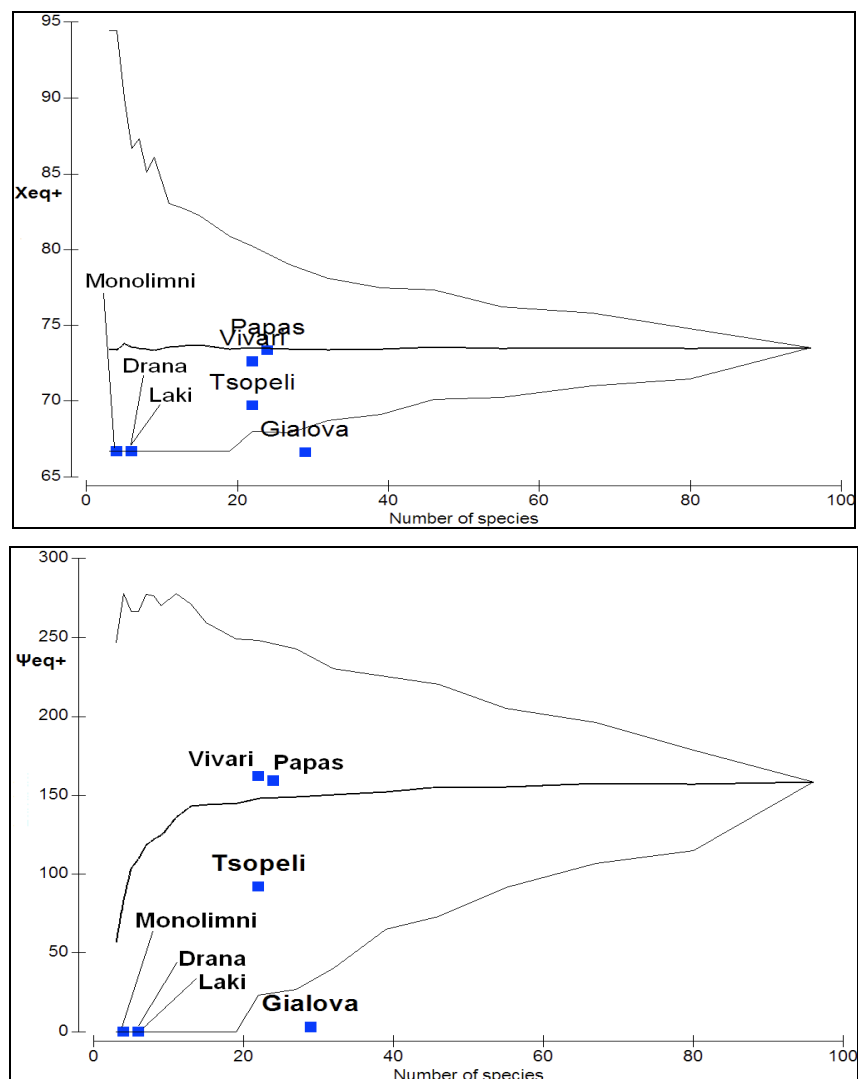
**Διάγραμμα 9:** Κατανομή των λειτουργικών χαρακτηριστικών ανά είδος για 4 χαρακτηριστικές ελληνικές λιμνοθάλασσες, με τα είδη παρατεταγμένα από το πιο άφθονο προς το πιο σπάνιο. (α) Πάπας, (β) Γιάλοβα, (γ) Βιβάρι, (δ) Δράνα.

## Γ\_2. 2. Χωνιά Κατανομής με βάση τους δείκτες της Λειτουργικής Διακριτότητας ( $Xeq^+$ και $\Psi eq^+$ ) στις ελληνικές λιμνοθάλασσες

Στην περίπτωση της κατανομής των μακροβενθικών πολυχαίτων με βάση τους δείκτες λειτουργικής διακριτότητας  $Xeq^+$  και  $\Psi eq^+$ , τα αποτελέσματα αναλύονται παρακάτω:

Για τα οκτώ (8) βασικά λειτουργικά επίπεδα (Διάγραμμα 10α και β): Μέσα στο χωνί τοποθετούνται τα δείγματα των τριών λιμνοθαλασσών, από τις οποίες δύο (Πάπας, Βιβάρι) βρίσκονται κοντά στον αναμενόμενο θεωρητικό μέσο. Οι υπόλοιπες τρεις (Μονολίμνη, Δράνα, Λακί) βρίσκονται πάνω στο κάτω όριο του χωνιού και πρόκειται για λιμνοθάλασσες με είδη που είναι κοινά σχεδόν σε όλες τις λιμνοθάλασσες, εμφανίζοντας ίδια λειτουργικά χαρακτηριστικά. Αντίθετα, η Γιάλοβα τοποθετείται έξω και κάτω από το χωνί κατανομής.

Παρατηρούμε ότι η μέθοδος τοποθετεί τη Γιάλοβα έξω και κάτω από το χωνί, σε αντίθεση με τον Πάπα ο οποίος παρόλο που έχει εξίσου μεγάλη και ανάλογη με τη Γιάλοβα αφθονία ειδών και χαρακτηριστικών, και εμφανίζεται πάνω στον μέσο του χωνιού. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι περίπου το 55% των ειδών που χαρακτηρίζουν τη Γιάλοβα δεν αναφέρονται σε κανένα άλλο ενδιαίτημα, κάνει το συγκεκριμένο οικοσύστημα μοναδικό σε επίπεδο λειτουργικής ποικιλότητας. Σύμφωνα όμως με τα προαναφερόμενα, η Γιάλοβα θα αναμέναμε να εμφάνιζε την μεγαλύτερη ποικιλία στις προσαρμογές των οργανισμών, πράγμα που δεν συμβαίνει στα πραγματικά αποτελέσματα.



**Διάγραμμα 10:** Λειτουργικά Χωνιά Κατανομής (Probability Functional Funnels) των δεικτών λειτουργικής διακριτότητας (α)  $X_{eq+}$  και (β)  $\Psi_{eq+}$  στις ελληνικές λιμνοθάλασσες για τα 8 βασικά λειτουργικά επίπεδα, που επιλέχθηκαν με τη βοήθεια της Ιεραρχικής Ομαδοποίησης (Cluster Analysis) και παρουσία/ απουσία ειδών. Οι αναμενόμενες μέσες τιμές απεικονίζονται με την ίδια γραμμή στη μέση κάθε χωνιού.



Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να οφείλεται σε δύο πράγματα:

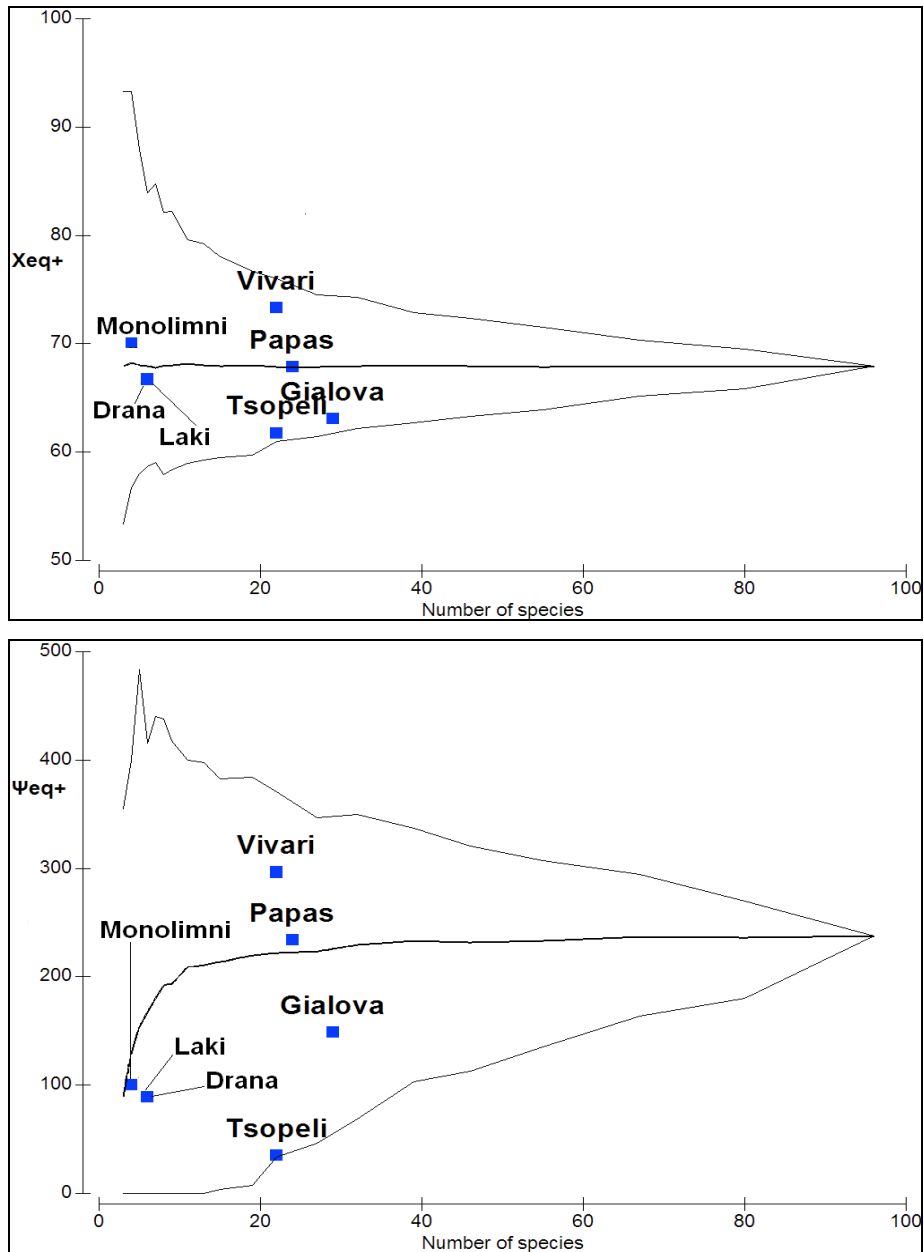
i. Στο εποχιακό πρότυπο που μεταβάλλεται στη διάρκεια του χρόνου. Αυτό σημαίνει ότι αν και αναμένεται η λιμνοθάλασσα του Πάπα να τοποθετείται έξω και κάτω από το χωνί κατά τη διάρκεια των ευτροφικών φαινομένων (ή δυστροφικών κρίσεων), όταν λαμβάνεται υπόψη το σύνολο των ειδών που φιλοξενεί καθ' όλο το έτος, αυτό δεν συμβαίνει. Για πιο αναλυτικά συμπεράσματα λοιπόν, θα πρέπει να δοκιμαστούν τα δεδομένα και να συγκριθούν με βάση τις εποχιακές δειγματοληψίες.

ii. Στο γεγονός ότι για πολλά είδη δεν υπάρχει δημοσιευμένη πληροφορία, με αποτέλεσμα να «δανείζονται» λειτουργικά χαρακτηριστικά από το επίπεδο του γένους ή/και της οικογένειας, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο («Μεθοδολογία»). Αυτό οπωσδήποτε επιφέρει μια σχετική ομοιομορφία στη λειτουργική συγγένεια μεταξύ ειδών, πράγμα που οδηγεί στη μείωση της τιμής των δεικτών διακριτότητας.

Επίσης, παρατηρούμε ότι οι λιμνοθάλασσες Μονολίμνη, Λακί και Δράνα είναι πάνω στο κάτω όριο του χωνιού για τον δείκτη  $\Psi_{eq}^+$  (8 λειτουργικά επίπεδα), γεγονός αναμενόμενο για τη Δράνα καθώς δέχεται ανθρωπογενή πίεση, όχι όμως και για τη Μονολίμνη και το Λακί. Γενικά οι τρεις λιμνοθάλασσες είναι οι πιο φτωχές σε αριθμό ειδών αλλά και λειτουργικών χαρακτηριστικών. Η παραπάνω ομαδοποίηση όμως οφείλεται στο γεγονός ότι και τα ανώτερα επίπεδα στα οποία τα λειτουργικά χαρακτηριστικά οργανώνονται είναι λίγα και με σχετικά απλή δομή, πράγμα που μειώνει τη μέση διαδρομή από το λειτουργικό χαρακτηριστικό μέχρι το ανώτατο επίπεδο και συνεπώς και την τιμή του δείκτη.

Για τα τέσσερα (4) βασικά λειτουργικά επίπεδα (Διάγραμμα 11α και β): όλες οι λιμνοθάλασσες βρίσκονται μέσα στο χωνί κατανομής και για τους δυο δείκτες. Οι λιμνοθάλασσες Πάπας, Δράνα, Λακί και Μονολίμνη τοποθετούνται κοντά στον θεωρητικό μέσο, το Βιβάρι πάνω από το χωνί, ενώ η Γιάλοβα και το Τσοπέλι μέσα στο χωνί, αλλά και στο κάτω τμήμα του.

Το πρότυπο που παίρνουμε με τη μείωση των λειτουργικών επιπέδων είναι αρκετά διαφορετικό σε σύγκριση με τα οκτώ επίπεδα.

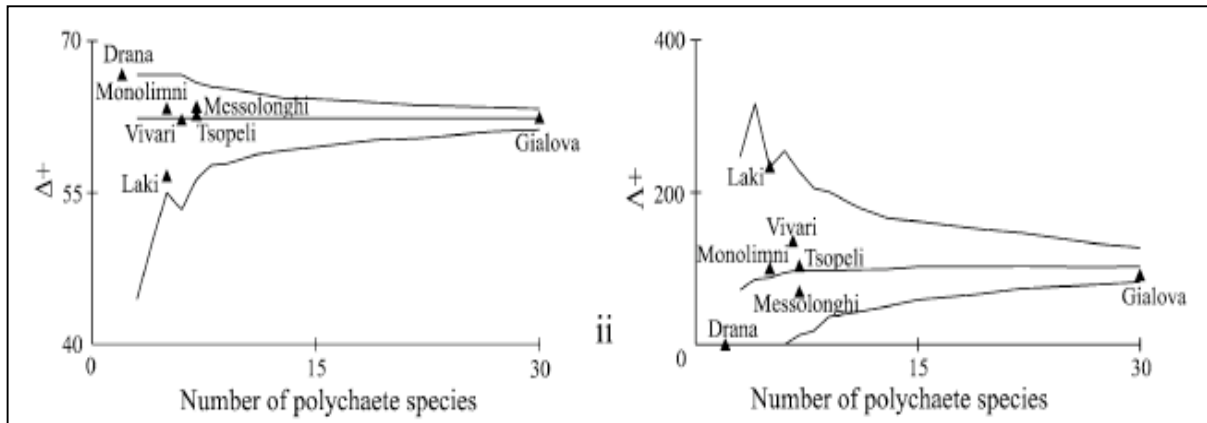


**Διάγραμμα 11:** Λειτουργικά Χωνιά Κατανομής (Probability Functional Funnel) των δεικτών λειτουργικής διακρίτοτητας (α)  $X_{eq}^+$  και (β)  $\Psi_{eq}^+$  στις ελληνικές λιμνοθάλασσες για τα 4 βασικά λειτουργικά επίπεδα, που επιλέχθηκαν με τη βοήθεια της Ιεραρχικής Ομαδοποίησης (Cluster Analysis) και παρουσία/ απουσία ειδών. Οι αναμενόμενες μέσες τιμές απεικονίζονται με την ίσια γραμμή στη μέση κάθε χωνιού.

Η θέση των λιμνοθαλασσών Πάπα, Δράνα, Λακί και Μονολίμνης, δεν θα μπορούσε να οφείλεται στην αφθονία των ειδών, καθώς η πρώτη είναι από τις πιο πλούσιες σε αριθμό ειδών, αλλά οι υπόλοιπες έχουν πολύ μικρή αφθονία ειδών και λειτουργικών χαρακτηριστικών.

Παρατηρούμε ότι το Βιβάρι τοποθετείται πλέον στο πάνω μέρος του χωνιού, ενώ το Τσοπέλι παρέμεινε σταθερά μέσα και κάτω από το χωνί. Η Γιάλοβα τώρα τοποθετείται στην κάτω πλευρά του χωνιού κατανομής.

Ίδιο είναι και το πρότυπο που προκύπτει με τις αφθονίες της παρουσίας των χαρακτηριστικών ανά λιμνοθάλασσα και για τα διαγράμματα με συνδυασμούς 4, 6 και 8 βασικών λειτουργικών επιπέδων που επιλεγόντουσαν κάθε φορά σύμφωνα με το δενδρόγραμμα της Ιεραρχικής ομαδοποίησης των λειτουργικών επιπέδων.



**Διάγραμμα 12:** Χωνιά κατανομής με 95% πιθανότητα για τη Μέση Ταξινομική Διακριτότητα,  $\Delta^+$  (α) και για τη Μεταβλητότητα της Ταξινομικής Διακριτότητας,  $\Lambda^+$ . Οι αναμενόμενες μέσες τιμές απεικονίζονται με την ίδια γραμμή στη μέση κάθε χωνιού. Τα χωνιά αυτά έχουν προκύψει από τον κατάλογο όλων των μακροβενθικών πολυχαίτων που φιλοξενούνται στις ελληνικές λιμνοθάλασσες, όπως προέκυψαν από παλαιότερη μελέτη (Arvanitidis *et al.*, 2005).

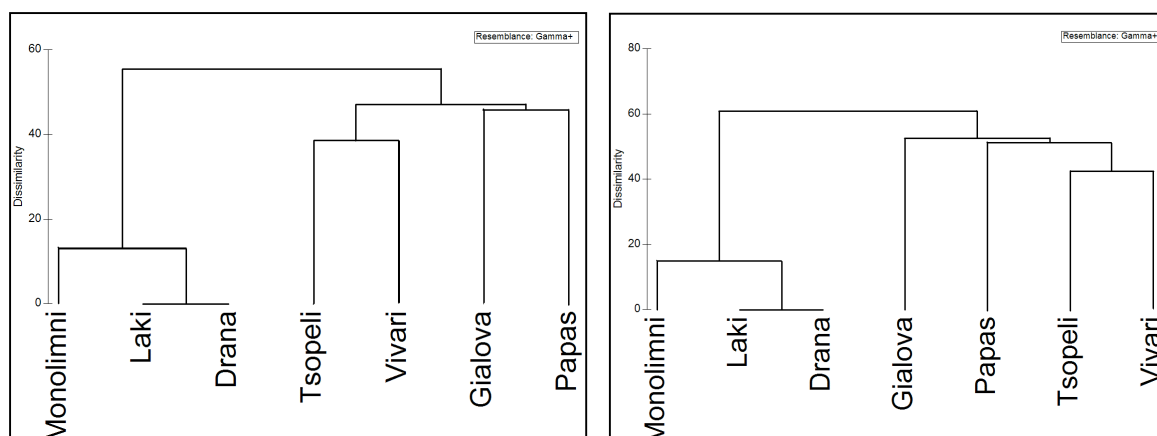
Η άμεση οπτική σύγκριση του λειτουργικού με το ταξινομικό πρότυπο (διάγραμμα 12) που έχει δημοσιευτεί παλαιότερα (Arvanitidis *et al.*, 2005) δεν οδηγεί σε κάποιο συγκεκριμένο συμπέρασμα. Οι λιμνοθάλασσες κατανέμονται διαφορετικά στις δύο περιπτώσεις με ακραία παραδείγματα τις θέσεις της Γιάλοβας, η οποία στο λειτουργικό πρότυπο εμφανίζεται σε κάποιες περιπτώσεις έξω και κάτω από το χωνί κατανομής ( $X_{eq}^+$ ) και σε άλλες μέσα ( $\Psi_{eq}^+$ ), ενώ στο ταξινομικό πρότυπο πάντοτε μέσα στο χωνί κατανομής. Παρόμοια περίπτωση και αυτή της Δράνας όπου στο ταξινομικό πρότυπο εμφανίζεται στα όρια του χωνιού κατανομής, ενώ στο λειτουργικό μέσα στο χωνί και με τιμές κοντά στις αναμενόμενες του θεωρητικού μέσου.

Συμπερασματικά φαίνεται ότι οι δείκτες της Λειτουργικής Διακριτότητας  $X_{eq}^+$  και  $\Psi_{eq}^+$ , δεν αποδίδουν ικανοποιητικά τον βαθμό ανθρωπογενούς

επιβάρυνσης, αλλά αποδίδουν ενδεχόμενα συμπληρωματική πληροφορία για την οικολογική κατάσταση μιας περιοχής.

### Γ\_2. 3. Διαγράμματα Ιεραρχικής ομαδοποίησης (Cluster Analysis) βασισμένο στα λειτουργικά χαρακτηριστικά για τον συντελεστή Gamma<sup>+</sup> στις Ελληνικές Λιμνοθάλασσες

Από τα διαγράμματα της Ιεραρχικής Ομαδοποίησης του συντελεστή ομοιότητας (εικ. 13), προκύπτουν δύο ομάδες, αυτή με τις περιοχές του ΒΑ Αιγαίου (Δράνα- Λακί- Μονολίμνη) και αυτή με τις λιμνοθάλασσες του Ιονίου και Αιγαίου (Τσοπέλι- Πάπας- Γιάλοβα- Βιβάρη). Διακρίνεται λοιπόν γεωγραφική ομαδοποίηση Gamma<sup>+</sup> των περιοχών, η οποία στηρίζεται από τα αποτελέσματα της PERMANOVA αλλά η ίδια δοκιμασία δεν υποστηρίζει τη σημασία του παράγοντα της ρύπανσης.



**Εικόνα 13:** Ιεραρχική ομαδοποίηση των ελληνικών λιμνοθαλασσών για 6 (α) και 8 (β) βασικά λειτουργικά επίπεδα που επιλέχθηκαν για τον συντελεστή ομοιότητας Gamma<sup>+</sup>.

PERMANOVA: α) POLLUTION: Pseudo-F: 0.054, P-value:0.59, GEOGRAPHY: Pseudo-F: 4.54, P-value:0.04

β) POLLUTION: Pseudo-F: 0.54, P-value:0.56, GEOGRAPHY: Pseudo-F: 4.23, P-value:0.04

Σημαντικό είναι να τονιστεί το γεγονός ότι τα αποτελέσματα δεν διαφοροποιήθηκαν καθόλου, παρόλο που μειώθηκαν τα λειτουργικά επίπεδα στη δεύτερη περίπτωση. Συνεπώς τα λειτουργικά επίπεδα που απομακρύνθηκαν από την επεξεργασία, δεν αντιστοιχούν σε πραγματική μείωση της πολυπλοκότητας του συστήματος.

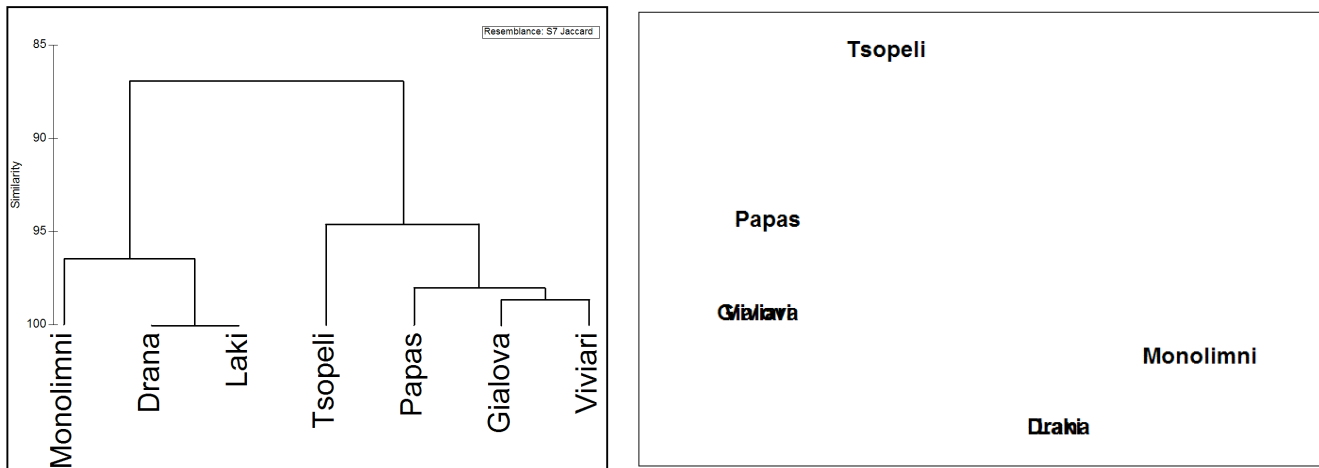
## Γ\_2. 4. Διαγράμματα εφαρμογής Μη μετρικής Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (nm MDS) και Ιεραρχικής ομαδοποίησης (Cluster Analysis) στις Ελληνικές Λιμνοθάλασσες

Εκτός από τη δημιουργία των χωνιών κατανομής στις Ελληνικές Λιμνοθάλασσες εφαρμόστηκε συμπληρωματικά η μέθοδος Ιεραρχικής Ομαδοποίησης (Hierarchical Clustering) και μη μετρικής Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (nMDS, MultiDimensional Scaling) σε πρώτο, δεύτερο και τρίτο επίπεδο, ώστε να υπάρξει μία ακόμα χρήση των λειτουργικών χαρακτηριστικών των μακροβενθικών πολυχαίτων στις ελληνικές λιμνοθάλασσες, στην προσπάθειά μας να ξεχωρίσουμε αυτές που δέχονται φυσική διατάραξη από εκείνες που υφίστανται και ανθρωπογενείς επιδράσεις.

### Γ\_2. 4. α. Πρώτου επιπέδου μη μετρική Πολυδιάστατη Κλιμάκωση (nm MDS)

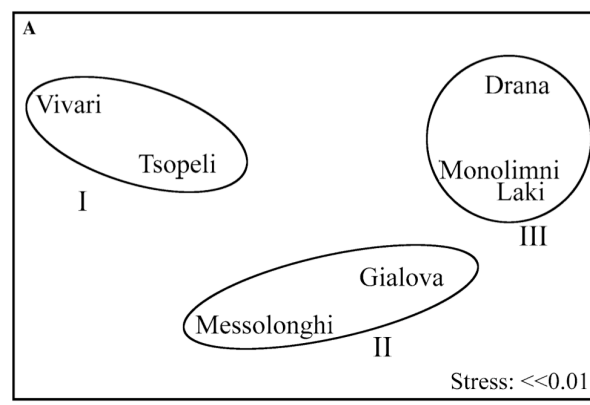
Η ιεραρχική ομαδοποίηση και η εφαρμογή μη μετρικής Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (nm MDS) βασισμένη στην παρουσία/απουσία λειτουργικών χαρακτηριστικών των κύκλων ζωής των πολυχαίτων, με χρήση του δείκτη Jaccard (εικ. 14), ομαδοποιεί όπως και πριν τις Δράνα, Λακί και Μονολίμνη (ΒΑ Αιγαίο) και Τσοπέλι, Πάπας, Γιάλοβα και Βιβάρι (Ιόνιο και Αιγαίο πέλαγος) σε διαφορετικά σύνολα. Σημαντικό είναι επίσης να τονιστεί ο μεγάλος βαθμός ομοιότητας που προκύπτει μεταξύ των ομάδων που σχηματίζονται (μεγαλύτερος του 85%). Η ίδια ζωο-γεωγραφική κατανομή προκύπτει και με τα δεδομένα των λειτουργικών χαρακτηριστικών και τις τιμές τους σε σειρά κατάταξης (*ranked modalities*, Παράρτημα II, Πίνακας 4<sup>β</sup>).

Η στατιστική ανάλυση PERMANOVA δεν φαίνεται να δίνει σημαντικότητα στο ρόλο των παραγόντων ανθρωπογενούς πίεσης και γεωγραφικής διαβάθμισης.



**Εικόνα 14:** Ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster analysis) και μη παραμετρικής πολυδιάστατης κλιμάκωσης (nm MDS) των ελληνικών λιμνοθαλασσών, με βάση την παρουσία/ απουσία των λειτουργικών χαρακτηριστικών των ειδών τους ανά περιοχή (Πίνακας Π-2). Χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής Jaccard. PERMANOVA: POLLUTION: Pseudo-F: 0.1, P-value:0.82, GEOGRAPHY: Pseudo-F: 18.75, P-value:0.059

Στα αντίστοιχα πρότυπα ταξινομικής διακριτότητας παλαιότερης έρευνας που δημοσιεύτηκαν από τους Arvanitidis *et al.*, 2005 (εικ. 15) οι περιοχές ομαδοποιούνται σε τρεις διαφορετικές ομάδες: η πρώτη αφορά τις πιο φτωχές σε αριθμό ειδών (Τσοπέλι, Βιβάρι), η δεύτερη με τις πιο πλούσιες (Γιάλοβα, Μσολόγγι), ενώ η τρίτη αφορά τις περιοχές του Β. Αιγαίου (Μονολίμνη, Λακί και Δράνα).



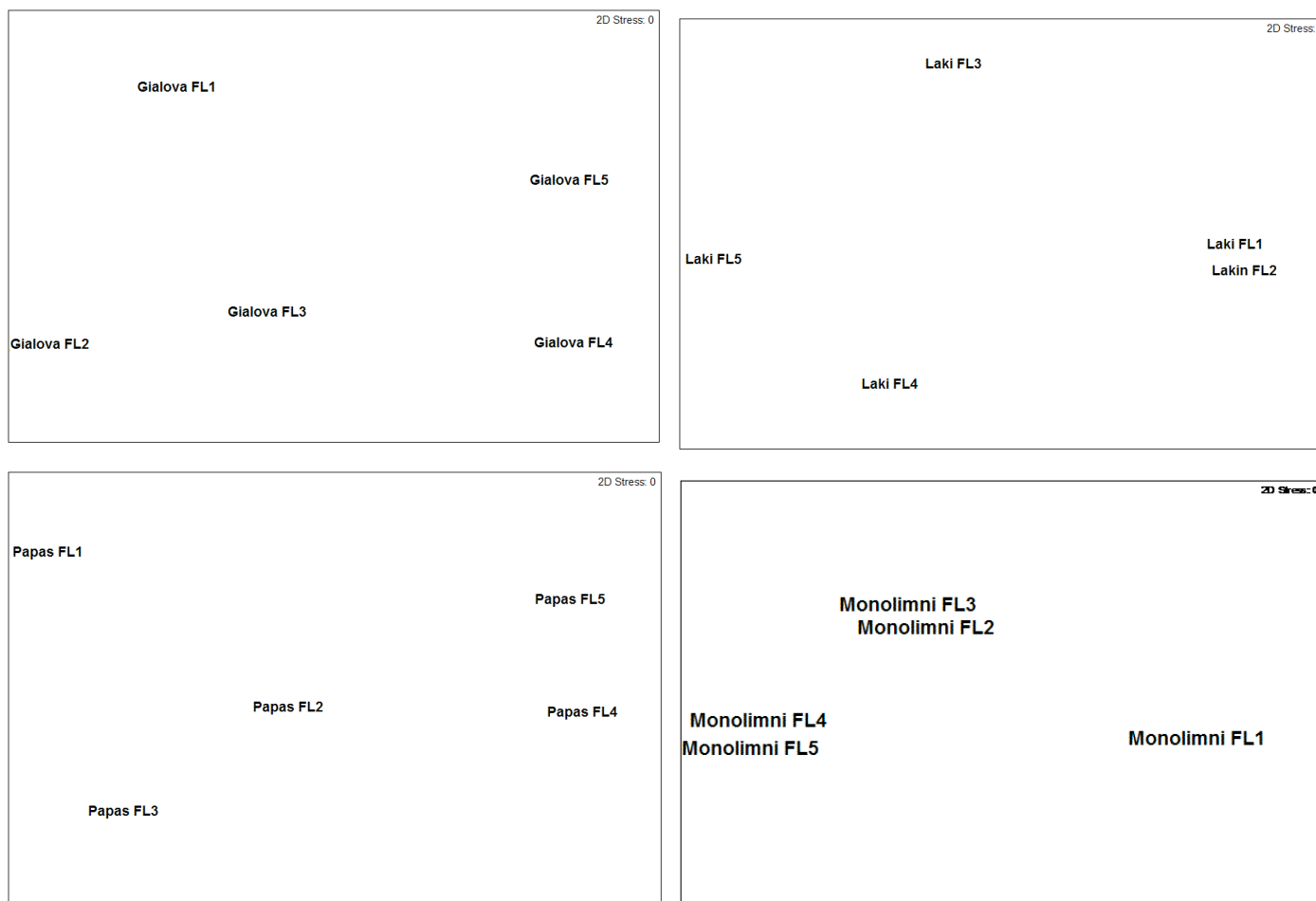
**Εικόνα 15:** διάγραμμα μη-μετρικής πολυμεταβλητής κλιμάκωσης με τα ταξινομικά δεδομένα των ειδών που ανήκουν στις ελληνικές λιμνοθάλασσες (Arvanitiis *et al.*, 2005).

#### Γ\_2. 4. β. Δεύτερου επιπέδου πολυδιάστατη κλιμάκωση (2<sup>nd</sup> stage MDS)

Η δεύτερου επιπέδου πολυδιάστατη κλιμάκωση (2<sup>nd</sup> stage MDS) για κάθε λιμνοθάλασσα χωριστά για κάθε λειτουργικό επίπεδο (εικ. 16), δεν έδωσε κανένα συγκεκριμένο πρότυπο σε ότι αφορά τη πληροφορία που παίρνουμε από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά. Υπάρχει όμως μια τάση γειτονίας των προτύπων

που απορρέουν από τα δύο τελευταία επίπεδα (FL4, FL5) στις λιμνοθάλασσες που παρουσιάζονται.

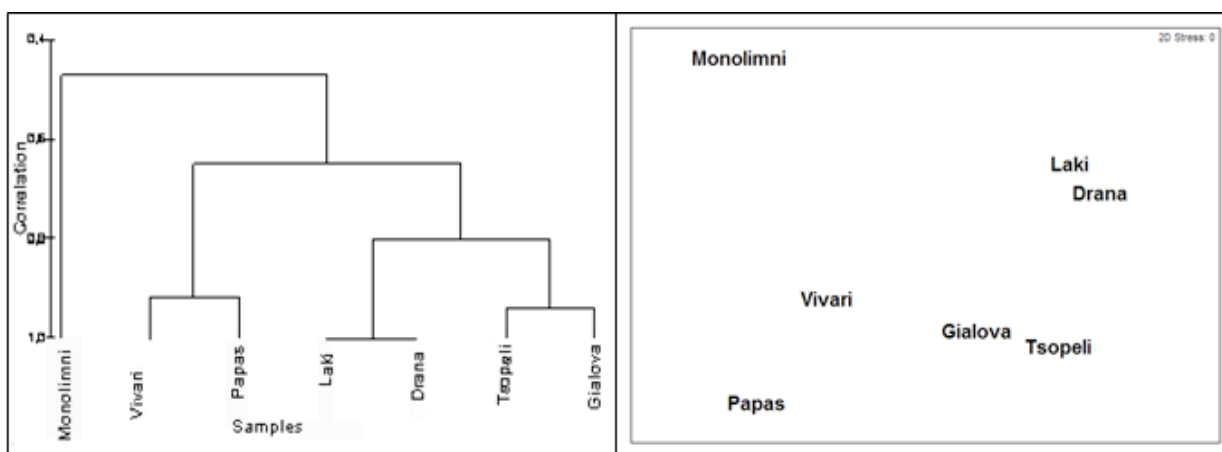
Φαίνεται πάντως ότι γενικά όσο μεγαλώνει ο αριθμός των ειδών αλλά και των λειτουργικών χαρακτηριστικών τους (π.χ. Γιάλοβα και Πάπας), μεγαλώνει και η απόσταση της πληροφορίας μεταξύ των λειτουργικών επιπέδων.



**Εικόνα 16:** Διαγράμματα μη παραμετρικής πολυδιάστατης κλιμάκωσης δευτέρου επιπέδου (2<sup>nd</sup> stage MDS) για τέσσερις ελληνικές λιμνοθάλασσες (α) Γιάλοβα, (β) Λακί, (γ) Πάπας, (δ) Μονολίμνη, με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των ειδών που φιλοξενούνται στις λιμνοθάλασσες αυτές, και των 5 λειτουργικών επιπέδων (FL1, FL2, FL3, FL4 και FL5) που επιλέχθηκαν με τη βοήθεια της Ιεραρχικής ανάλυσης (Cluster Analysis). Κάθε τέτοιο επίπεδο FL<sub>i</sub> (i=1-5) αντιστοιχεί σε κάθε ανώτερη ταξινομική κατηγορία (Γένος- Φύλο).

## Γ\_2. 4. γ. Τρίτου επιπέδου πολυδιάστατη κλιμάκωση (3<sup>rd</sup> stage MDS)

Η τρίτου επιπέδου μη μετρική Πολυδιάστατη Κλιμάκωση (3<sup>rd</sup> stage MDS) των λιμνοθαλασσών (εικ. 17) δίνει μια ενδιαφέρουσα απεικόνιση τόσο της γεωγραφικής διαβάθμισης από το ΒΑ Αιγαίο μέχρι το Ιόνιο πέλαγος, όσο και της ανθρωπογενούς επιβάρυνσης που δέχονται τα συστήματα αυτά.



**Εικόνα 17:** Ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster analysis) και μη παραμετρικής πολυδιάστατης κλιμάκωσης τρίτου επιπέδου (3<sup>rd</sup> stage MDS) συνολικά για τις ελληνικές λιμνοθάλασσες, με βάση τη σύγκριση των λειτουργικών προτύπων που προκύπτουν από κάθε επίπεδο και σε κάθε λιμνοθάλασσα. Χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής Spearman

PERMANOVA: POLLUTION: Pseudo-F: -0.27, P-value:0.9, GEOGRAPHY: Pseudo-F: 0.95, P-value:0.64

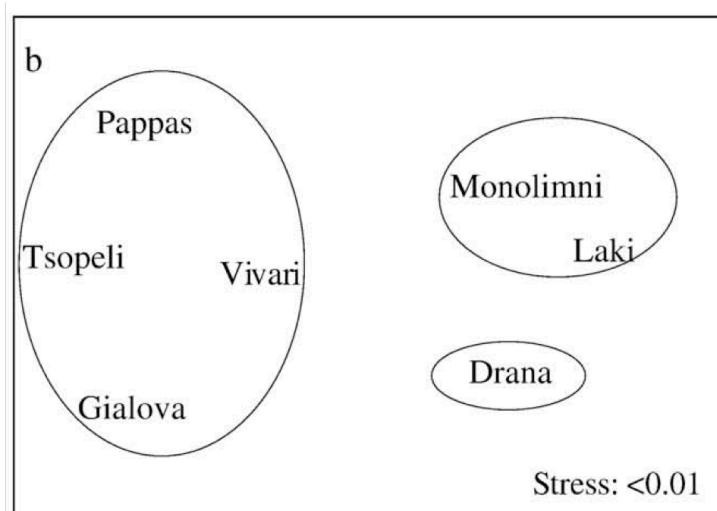
Πιο συγκεκριμένα, στην από αριστερά προς τα δεξιά διαγώνιο του γραφήματος, βρίσκονται οι πιο επιβαρυνμένες ανθρωπογενώς λιμνοθάλασσες (Πάπας και Δράνα) οι οποίες καταλαμβάνουν τις θέσεις στα δύο άκρα. Συμπληρωματικά, η δεύτερη διαγώνιος αποδίδει τη γεωγραφική διάσταση των συστημάτων αυτών από το Βόρειο Αιγαίο (Μονολίμνη) και το Νότιο Αιγαίο (Βιβάρι) προς το Νότιο και Βόρειο Ιόνιο πέλαγος (Γιάλοβα και Τσοπέλι). Η μόνη ατυχής τοποθέτηση είναι αυτή της Λακί σε κοντινή απόσταση με τη Δράνα. Τα ίδια αποτελέσματα προέκυψαν και με τη χρήση του συντελεστή Kendall (δεν εμφανίζονται για λόγους οικονομίας χώρου).

Από τη σύγκριση του αντίστοιχου ταξινομικού προτύπου (εικ. 18) που προέκυψε από παλαιότερη μελέτη των Arvanitidis *et al.* (2008) φαίνεται ότι τα δύο γραφήματα (ταξινομικό και λειτουργικό) εμφανίζουν κάποιο βαθμό ομοιότητας στις θέσεις που κατανέμουν τις ελληνικές λιμνοθάλασσες.

Σε κάθε περίπτωση, τα διαγράμματα αυτά δεν θα πρέπει να λαμβάνονται σαν νόρμα ισχύουσα σε όλα τα μήκη και τα πλάτη των ελληνικών λιμνοθαλασσών, διότι ο

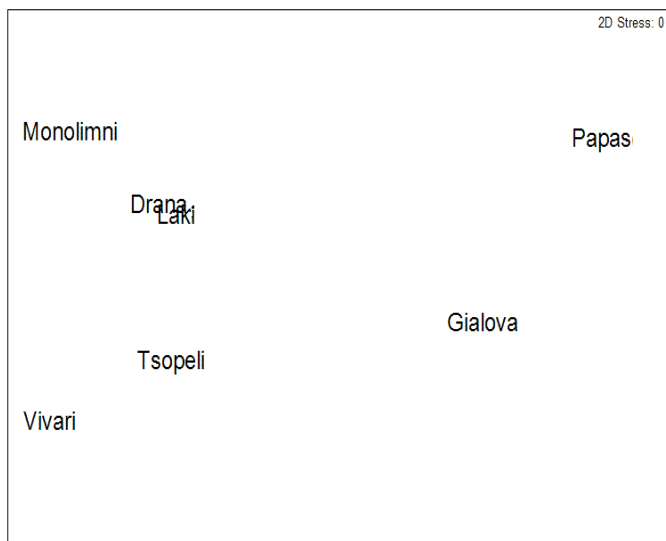


αριθμός των λιμνοθαλασσών για κάθε πέλαγος που λήφθηκε υπόψη είναι μικρός. Όμως δε θα μπορούσε να καλυφθεί όλο το εύρος των υφιστάμενων λιμνοθαλασσών, διότι λείπουν τα απαιτούμενα δεδομένα. Συνεπώς, η παραπάνω απεικόνιση αποτελεί τη μόνη διαθέσιμη, προς το παρόν, η οποία στοιχειοθετείται επιστημονικά, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Επιπλέον, η στατιστική ανάλυση δεν εντοπίζει σημαντική στατιστική διαφορά στα δεδομένα και τους παράγοντες ανθρωπογενούς επιβάρυνσης και γεωγραφικής διαβάθμισης.



**Εικόνα 18:** εφαρμογή τρίτου σταδίου Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (3rd stage MDS, bdMDS) για το ταξινομικό επίπεδο όπως προέκυψε από παλαιότερη μελέτη (Arvanitidis *et al.*, 2008).

Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς η λογική που στηρίζονται οι δύο προσεγγίσεις είναι σε πλήρη αντιστοιχία, με εξαίρεση τη φύση της πληροφορίας που στη μια πλευρά εκφράζει λειτουργική, ενώ στη δεύτερη περίπτωση φυλογενετική/ταξινομική συγγένεια. Συνεπώς, η προσέγγιση με τη μέθοδο τρίτου επιπέδου μη μετρικής Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (3<sup>rd</sup> stage MDS) αποδίδει πολύ καλύτερα αποτελέσματα από τις προηγούμενες επεξεργασίες που εφαρμόστηκαν στα λειτουργικά δεδομένα.



**Εικόνα 19:** n-αριθμός λειτουργικών επιπέδων Πολυμεταβλητή Κλιμάκωση (nt MDS) για τις ελληνικές λιμνοθάλασσες σε εποχιακή κλίμακα (4 εποχές) με χρήση του συντελεστή Kendall ( $\alpha$ ) και Spearman weighted ( $\beta$ ) για n-αριθμό λειτουργικών επιπέδων.

Ίδια αποτελέσματα με τον Kendall ( $\alpha$ ), προέκυψαν και από την επεξεργασία των δεδομένων με χρήση του συντελεστή Spearman. (n=5)

PERMANOVA:  $\alpha$ ) POLLUTION: Pseudo-F: 1.0, P-value:0.47, GEOGRAPHY: Pseudo-F: 1.11, P-value:0.36

$\beta$ ) POLLUTION: Pseudo-F: -0.24, P-value:0.95, GEOGRAPHY: Pseudo-F: 1.0, P-value:0.47

Η Πολυμεταβλητή Κλιμάκωση για τα 5-λειτουργικά επίπεδα (nt MDS) στις ελληνικές λιμνοθάλασσες ανά εποχιακή δειγματοληψία (εικ. 19, δεξ Παράρτημα II, Πίνακες 7 & 8), επιβεβαιώνει το γεγονός ότι η λειτουργική πληροφορία παρέχει συμπληρωματική πληροφορία, καθώς απομονώνει τη Γιάλοβα και τον Πάπα από όλες τις άλλες περιοχές, δηλαδή τις δύο περιοχές που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό μοναδικών ειδών που παρέχουν μεγαλύτερη ποικιλία χαρακτηριστικών στη λιμνοθάλασσα. Συμπληρωματικά, από τη στατιστική ανάλυση φαίνεται ότι κανένας από τους δύο παράγοντες, ρύπανση και γεωγραφική κατανομή, δεν είναι καθοριστικός για τα 5-λειτουργικά επίπεδα που επεξεργάστηκαν τα δεδομένα.

## Δ. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Δ\_1. Απόδοση προτεινόμενης μεθοδολογίας και απόκρισή της στα πραγματικά δεδομένα

### Δ\_1. 1. Απόδοση δεικτών λειτουργικότητας $X_{eq}^+$ και $\Psi_{eq}^+$

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η απόδοση νέων πολυμεταβλητών μεθόδων και των δεικτών της Λειτουργικής Διακριτότητας (Functional Distinctness)  $X_{eq}^+$  και  $\Psi_{eq}^+$ , που στηρίζονται στη μεθοδολογία που πρότειναν οι Petchey & Gaston (2002). Η δοκιμή των δύο λειτουργικών δεικτών  $X_{eq}^+$  και  $\Psi_{eq}^+$  σε δεδομένα πραγματικής κλίμακας στον ελλαδικό και μεσογειακό χώρο, φαίνεται να αποδίδουν την ανθρωπογενή επιβάρυνση που δέχονται οι παράκτιες αυτές περιοχές, και μάλιστα πολλές φορές φαίνεται ότι ανταποκρίνονται καλύτερα στην πίεση, σε σχέση με τους αντίστοιχους δείκτες της ταξινομικής διακριτότητας  $\Delta^+$  και  $\Lambda^+$ .

Πιο συγκεκριμένα, η εικόνα που παίρνουμε για τα μεσογειακά δεδομένα είναι ότι το ταξινομικό και το λειτουργικό πρότυπο φαίνεται ότι συμφωνούν μεταξύ τους στη γενική διάταξη των λιμνοθαλασσών στα χωνιά κατανομής, δηλαδή η θέση των περισσότερων λιμνοθαλασσών στο ταξινομικό επίπεδο βρίσκεται σε αντιστοιχία με τις θέσεις τους στο λειτουργικό επίπεδο (βασική εξαίρεση αποτελεί η Burollus), γεγονός που υποδεικνύει ότι η ποικιλότητα σε ταξινομικό/ φυλογενετικό επίπεδο είναι ανάλογη της λειτουργικής ποικιλότητας. Το λειτουργικό επίπεδο όμως φαίνεται να έχει και αυτό έναν βαθμό ευαισθησίας στην ανθρωπογενή πίεση, αφού η πλέον επιβαρυσμένη λιμνοθάλασσα, η Burollus, βγαίνει έξω από το χωνί κατανομής.

Η εικόνα αυτή, αντιστρέφεται στο ελληνικό σετ δεδομένων όπου τα χωνιά κατανομής στα δύο διαφορετικά επίπεδα, λειτουργικό και ταξινομικό, διαφέρουν σχεδόν ολοκληρωτικά. Οι λιμνοθάλασσες που μοιράζονται τα πιο κοινά είδη (Δράνα, Μονολίμνη, Λακί), εμφανίζουν παρόμοια λειτουργική ποικιλότητα. Δηλαδή οι μακροβενθικοί κάτοικοι των περιοχών αυτών φαίνεται ότι υιοθετούν τις ίδιες στρατηγικές για να επιβιώσουν στα συγκεκριμένα συστήματα και μάλιστα, οι τακτικές αυτές εφαρμόζονται ασχέτως περιβαλλοντικής πίεσεως, εφόσον τα συγκεκριμένα οικοσυστήματα βρίσκονται σε διαφορετικές κλίμακες ανθρωπογενούς επιβάρυνσης.

Αντιφατικό επίσης εμφανίζεται το γεγονός ότι ενώ θεωρητικά οι περιοχές με μεγαλύτερο αριθμό ειδών και μεγαλύτερη ταξινομική πολυπλοκότητα θα έπρεπε να εμφανίζουν και μεγαλύτερη ποικιλία στις στρατηγικές επιβίωσης και αναπαραγωγής των οργανισμών, στην πραγματικότητα οι περιοχές αυτές εμφανίζονται λειτουργικά φτωχότερες από όλες τις υπόλοιπες. Παράδειγμα αποτελεί η θέση της Γιάλοβας, η οποία στο λειτουργικό πρότυπο εμφανίζεται σε κάποιες περιπτώσεις έξω από το χωνί κατανομής ( $X_{eq}^+$ ) και σε άλλες μέσα ( $\Psi_{eq}^+$ ), ενώ στο ταξινομικό πρότυπο πάντοτε μέσα στο χωνί κατανομής και κοντά στον αναμενόμενο θεωρητικό μέσο, παρόλο που το ποσοστό των ειδών που αναφέρονται μόνο στη συγκεκριμένη περιοχή είναι περίπου 55% του συνολικού αριθμού ειδών που τη χαρακτηρίζουν.

Το γεγονός ότι η Γιάλοβα έχει τον μεγαλύτερο αριθμό σε είδη μοναδικά για το λιμνοθαλάσσιο ενδιαίτημα τα οποία δεν συναντιούνται σε καμία άλλη ελληνική λιμνοθάλασσα, δεν συνεπάγεται αναγκαστικά με τον μεγαλύτερο αριθμό λειτουργικών χαρακτηριστικών, ούτε τη μεγαλύτερη ταξινομική ποικιλότητα. Συμπερασματικά λοιπόν, δεν αρκεί η ύπαρξη σπάνιων ειδών για να αποφανθούμε ότι ένα οικοσύστημα έχει υψηλή λειτουργική ποικιλότητα, αλλά φαίνεται ότι απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί επίσης η πολυπλοκότητα των ταξινομικών επιπέδων που χαρακτηρίζουν τους οργανισμούς.

Σε αυτό το σημείο σημαντικό είναι να τονιστεί ο σημαντικός παράγοντας στην επεξεργασία των δεδομένων, αυτός της ελλιπούς πληροφορίας ο οποίος, πολύ πιθανόν να μείωσε τη λειτουργική ποικιλομορφία των ειδών της Γιάλοβας, τα οποία δανείζονται τιμές από το επίπεδο του γένους ή/και της οικογένειας. Ο αριθμός και η καταλληλότητα των λειτουργικών χαρακτηριστικών θα συζητηθούν εκτενώς παρακάτω.

Οι Naem & Wright (2003) δήλωσαν ότι η σχέση μεταξύ ταξινομικής και λειτουργικής ποικιλότητας είναι ευαίσθητη στην επιλογή των λειτουργικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με το αίτιο και την απόκριση του συστήματος, την καλή γνώση του υπό μελέτη οικοσυστήματος, το βαθμό ποικιλότητας και μοναδικότητας μεταξύ των ειδών, τη δυναμική και μεταβλητότητα αυτών των συστημάτων και τέλος, τον τρόπο που επηρεάζουν οι βιογεωγραφικοί παράγοντες την κατανομή των ειδών και την αφθονία τους. Για τους λόγους αυτούς, υποστηρίζουν ότι η προσπάθεια γενίκευσης της σχέσης ταξινομικής και λειτουργικής ποικιλότητας είναι επίφοβη, καθώς η ποικιλότητα και η μοναδικότητα των ειδών αλλάζει ως

αποτέλεσμα των περιβαλλοντικών μεταβολών, και με αυτό το τρόπο μεταβάλλονται και τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά.

Στα πλαίσια της μελέτης αυτής, έγινε προσπάθεια να προταθούν δείκτες λειτουργικής διακριτότητας οι οποίοι δεν επηρεάζονται, ούτε στηρίζονται στην αφθονία των ειδών μιας περιοχής. Εάν οι τιμές των δεικτών αυτών είναι συσχετισμένες, με την αφθονία των ειδών, τότε μία αλλαγή στην αφθονία θα σήμαινε αντίστοιχη αλλαγή στους δείκτες ταξινομικής ή λειτουργικής διακριτότητας. Από την άλλη πλευρά όμως, αν ένας δείκτης λειτουργικότητας που είναι κατασκευασμένος να είναι δομικά ανεξάρτητος αποδειχθεί να είναι θετικά ή αρνητικά συσχετισμένος με την αφθονία των ειδών σε παρατηρήσεις με πραγματικά δεδομένα, τότε αυτές οι συσχετίσεις θα μπορούσαν να δώσουν χρήσιμες εναλλακτικές ερμηνείες (Sommerfeld *et al.*, 2008).

#### Δ\_1. 2. Απόδοση Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης Βιολογικών Χαρακτηριστικών (MDS)

Η Ανάλυση Βιολογικών Χαρακτηριστικών (ΒΤΑ) αποτελεί μία χρήσιμη μέθοδο για τη μελέτη της λειτουργικότητας ενός συστήματος και συστήνεται ως ο συνδετικός κρίκος μεταξύ των οργανισμών και του περιβάλλοντος που διαβιούν παρέχοντας παράλληλα πληροφορία για τις ανθρωπογενείς επιπτώσεις (Bremner, 2006b).

Ενδιαφέροντα αποτελέσματα παρουσίασε η μέθοδος με τη χρήση των μεσογειακών δεδομένων σε μορφή αφθονίας, ή με μορφή ταξινομημένων τιμών (ranked modalities) των λειτουργικών χαρακτηριστικών (μετασχηματισμός σε 4<sup>η</sup> ρίζα και συντελεστής Bray Curtis), η οποία φαίνεται ότι είναι ικανή να διακρίνει οικολογικά επιβαρυνμένες περιοχές, χωρίς να επηρεάζεται από τη γεωγραφική κατανομή των περιοχών και την αφθονία των ειδών που τις χαρακτηρίζουν. Για παράδειγμα, στα μεσογειακά δεδομένα η μέθοδος διαφοροποίησε τις δύο περιοχές της λιμνοθάλασσας Sacca di Goro (ρυπασμένο και αναμοχλευόμενο).

Η ένδειξη ότι το λειτουργικό πρότυπο δεν επηρεάζεται από τη γεωγραφική κατανομή των περιοχών, ακόμα και όταν αυτές γειτνιάζουν, έρχεται σε αντίθεση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του ταξινομικού προτύπου που προκύπτει από

παλιότερη μελέτη των Arvanitidis *et al.* (2005) στα μεσογειακά δεδομένα. Επίσης, από το συγκεκριμένο αποτέλεσμα προκύπτει ότι οι διαταραγμένες λιμνοθάλασσες χαρακτηρίζονται από ελαττωμένη λειτουργικότητα, γεγονός που είναι ενδεικτικό του ότι οι σκληρές περιβαλλοντικές συνθήκες δρουν σαν ηθμός που αφήνει να επιβιώνουν μόνο είδη που διαθέτουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Αυτό που προκαλεί εντύπωση, είναι το γεγονός ότι η σχέση μεταξύ λειτουργικού και ταξινομικού προτύπου, σε αυτού του τύπου την ανάλυση, δεν είναι τόσο ισχυρή όσο η αναμενόμενη. Ακόμα και για τα ελληνικά δεδομένα, οι διαφορές στα δι-διάστατα γραφήματα μεταξύ του ταξινομικού και λειτουργικού επιπέδου είναι μεγάλες, με εξαίρεση τις λιμνοθάλασσες Δράνα, Λακί και Μονολίμνη που ομαδοποιούνται σε αντιστοιχία με το ταξινομικό πρότυπο.

Το γεγονός αυτό μας κάνει να πιστεύουμε ότι η πληροφορία που προέρχεται από τη λειτουργική ποικιλότητα παρέχει συμπληρωματική πληροφορία η οποία περιγράφει τις αλλαγές στις βιοκοινωνίες των δειγμάτων (Sommerfield *et al.*, 2008). Η ταξινομικές ιδιότητες των οργανισμών συνδέονται άμεσα με μεγάλης χρονικής κλίμακας παράγοντες, όπως αυτή της εξέλιξης των οργανισμών σε σχέση με τους γεωμορφολογικούς μετασχηματισμούς του φλοιού της γης. Αντίθετα, η λειτουργικότητα των οικοσυστημάτων σχετίζεται με μικρότερης χρονικής κλίμακας γεγονότα, όπως αυτή της προσαρμογής των οργανισμών στις περιβαλλοντικές μεταβολές.

Η εφαρμογή της Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης στα μεγαλύτερα στάδια εφαρμογής της (τρίτο στάδιο) τα οποία ήταν δυνατόν να εφαρμοστούν μόνο στις ελληνικές λιμνοθάλασσες, η ομοιότητα του λειτουργικού και ταξινομικού/φυλογενετικού προτύπου ήταν αναμενόμενη εφόσον η λογική που στηρίζονται οι δύο προσεγγίσεις είναι σε πλήρη αντιστοιχία και ορθώς εκφράζονται οι διαφορές των επιπέδων με τον ίδιο τρόπο. Η συμφωνία των δύο προτύπων, που προέρχονται από την φυλογενετική/ταξινομική και λειτουργική πληροφορία, δεν πρέπει να μας εκπλήσσει, αφού πρόκειται ουσιαστικά για δύο πανομοιότυπες φόρμουλες υπολογισμού σχέσεων μεταξύ των ειδών. Αυτό συμβαίνει γιατί η πληροφορία για το αν κάποιο είδος κατέχει ή όχι ένα χαρακτηριστικό ουσιαστικά υποστηρίζει την κλασική ταξινόμια των ειδών, και έτσι, κοντινότερα ταξινομικά είδη έχουν τη τάση να μοιράζονται περισσότερους κοινούς χαρακτήρες/χαρακτηριστικά (Sommerfield *et al.*, 2008).

Η επεξεργασία με τη πληροφορία να αναφέρεται στον 5- αριθμό λειτουργικών επιπέδων, έδειξε ότι λειτουργικά, το πρότυπο μπορεί να διαφέρει σε κάποιες περιπτώσεις, όταν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά που εκφράζουν τους οργανισμούς που διαβιούν σε μια περιοχή εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία στην κατανομή τους στα διάφορα λειτουργικά επίπεδα (π.χ. Γιάλοβα και Πάπας). Με άλλα λόγια, ο τρόπος που θα οργανωθεί η πληροφορία που προέρχεται από τα χαρακτηριστικά στα διάφορα λειτουργικά επίπεδα που επιλέγονται, είναι ο καθοριστικός παράγοντας ώστε μια περιοχή να εμφανίζει αυξημένη ή μειωμένη λειτουργική ποικιλότητα στον πολυμεταβλητό χώρο.

Παρόλο που τα δεδομένα είναι πολύ λίγα για να καταλήξει η παρούσα εργασία σε ένα ασφαλές γενικό συμπέρασμα, καθώς σε πολλές περιπτώσεις η στατιστική ανάλυση δεν συνεισέφερε στον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών, κυρίως εξαιτίας του μικρού αριθμού των δυνατών αντιμεταθέσεων, η παρούσα μελέτη δύναται να αποδώσει έναν βαθμό σημαντικότητας στα αποτελέσματα που προέκυψαν. Η πολυπλοκότητα των συστημάτων σε λειτουργικό επίπεδο προφανώς και δεν καθορίζεται μόνο από συγκεκριμένους παράγοντες όπως αυτοί που επιλέχθηκαν (ανθρωπογενής επιβάρυνση και γεωγραφική κατανομή των περιοχών), ενώ τα μοναδικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής είναι καθοριστικά σε πολλές από τις περιπτώσεις που μελετώνται (Hewitt *et al.*, 2008).

Η Ανάλυση Βιολογικών Χαρακτηριστικών (BTA) είναι ικανή να παρέχει μία εναλλακτική και καινοτόμα προσέγγιση. Από τον ορισμό της, παρέχει περισσότερη πληροφορία για τη λειτουργικότητα ενός συστήματος από ότι οι συμβατικές μέθοδοι που βασίζονται στον αριθμό των ειδών. Επιπλέον, στηρίζεται σε ένα θεωρητικό υπόβαθρο που επιτρέπει την διαμόρφωση γενικεύσεων σχετικά με την απόκριση μιας βιοκοινωνίας στα διάφορα περιβάλλοντα (McGill *et al.*, 2006), αυτό των θεωριών του ενδιαίτηματος της φόρμας (“*habitat templet theory*”) και της περιβαλλοντικής διήθησης (“*environmental filtering concept*”) (Keddy, 1992; Poff, 1997; Southwood, 1977; Townsend and Hildrew, 1994; Zobel, 1997).

Οι θεωρίες αυτές υποστηρίζουν ότι το περιβάλλον λειτουργεί σαν ηθμός (*filter*) στο εύρος των δυνατοτήτων που έχουν οι οργανισμοί στην προσαρμογή τους, και αυτό γιατί μόνο συγκεκριμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά είναι ικανά να κυριαρχούν κάτω από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Το περιβάλλον διηθεί το απόθεμα των ειδών της περιοχής, ώστε να αποκλείσει τα λειτουργικά



χαρακτηριστικά που δεν είναι κατάλληλα για τις δεδομένες συνθήκες και έτσι οι κοινωνίες σχηματίζονται από τα είδη που θα καταφέρουν να περάσουν από αυτόν τον περιβαλλοντικό ηθμό. Αυτές οι σχέσεις μεταξύ των λειτουργικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν τα είδη και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, είναι ανεξάρτητες της γεωγραφικής κλίμακας (Bremner, 2008).

## Δ\_2. Γενική Απόδοση της προτεινόμενης μεθοδολογίας της Πολυμεταβλητής Ανάλυσης Βιολογικών Χαρακτηριστικών

### Δ\_2. 1. Επιλογή λειτουργικών χαρακτηριστικών

Η επιλογή των λειτουργικών χαρακτηριστικών που θα χρησιμοποιηθούν στη Βιολογική Ανάλυση Χαρακτηριστικών (ΒΤΑ) είναι σημαντική. Υπάρχει μια ποικιλία χαρακτήρων που θα μπορούσαν να περιγράψουν ικανοποιητικά τον τρόπο που λειτουργούν οι οργανισμοί μέσα σε ένα οικοσύστημα, αλλά δεν είναι όλων των χαρακτηριστικών ο ρόλος ισότιμος (Bremner, 2006b). Η επιλογή των λειτουργικών χαρακτηριστικών καθορίζεται αρχικά από το ποσοστό της διαθέσιμης πληροφορίας (Gayraud *et al*, 2003). Κάποια χαρακτηριστικά μπορούν να περιγράψουν διαφορετικές πλευρές της οικολογικής λειτουργικότητας, ενώ άλλα είναι συνδεδεμένα με συγκεκριμένες λειτουργίες (Lavorel and Garnier, 2002).

Για το λόγο αυτό, η Βιολογική Ανάλυση Χαρακτηριστικών (ΒΤΑ) θα πρέπει να έχει σαφές ερώτημα και καλή γνώση του προς μελέτη οικοσυστήματος ώστε ο αριθμός των λειτουργικών χαρακτηριστικών που θα επιλεγθούν να περιγράψουν επιτυχώς όλες εκείνες τις διεργασίες που το αφορούν (Bremner, 2006b).

Στην παρούσα εργασία, η σημαντικότητα και ο αριθμός των λειτουργικών χαρακτηριστικών δεν ήταν ξεκάθαρη, παρόλο που πρόσφατα η Bremner (2003) πρότεινε μια λίστα από λειτουργικά χαρακτηριστικά για τη Βιολογική Ανάλυση Χαρακτηριστικών (πίνακας 6) στους μακροβενθικούς οργανισμούς του σκληρού υποστρώματος. Από τη μια πλευρά, ένας μεγάλος αριθμός χαρακτηριστικών θα περιέγραφε μεν τη λειτουργικότητα των οργανισμών μέσα στο οικοσύστημα με μεγαλύτερη ακρίβεια (Bremner, 2006b), από την άλλη πλευρά όμως, μεγαλύτερος αριθμός λειτουργικών χαρακτηριστικών από τον απαραίτητο, έχει την τάση να εμφανίζει ένα δείγμα με μικρότερη ποικιλότητα. Αντίθετα, μικρότερος αριθμός

λειτουργικών χαρακτηριστικών από αυτόν που πραγματικά χρειάζεται, κάνει ένα δείγμα με μεγάλη ποικιλότητα να φαίνεται φτωχότερο (Petchey and Gaston, 2006).

Συμπερασματικά λοιπόν, η χρήση μεγάλου αριθμού λειτουργικών χαρακτηριστικών, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι για πολλά από αυτά δεν υπήρχε διαθέσιμη πληροφορία, με αποτέλεσμα η τιμή τους να προέρχεται από τα ανώτερα ταξινομικά επίπεδα κατάταξης του είδους, είχε ως αποτέλεσμα η λειτουργικότητα να εμφανίζεται πιο «ομοιόμορφη» μεταξύ των περιοχών. Επιπλέον δοκιμές πάνω στους συνδυασμούς των λειτουργικών χαρακτηριστικών που απαιτούνται κάθε φορά ανάλογα με το ερώτημα της έρευνας, θα μπορούσαν να μειώσουν το φαινόμενο της ελειπούς πληροφορίας μέσω της αναζήτησης συγκεκριμένων λειτουργικών χαρακτηριστικών.

**Πίνακας 6:** Τα σημαντικότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά για τους οργανισμούς σκληρού και υπο παραλιακής αμμώδους υποστρώματος (Bremner, 2006a).

1. Μέγιστο μέγεθος σώματος
2. Μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης
3. Διάρκεια ζωής
4. Χρόνος σεξουαλικής ωριμότητας
5. Μέθοδος αναπαραγωγής
6. Γονιμότητα
7. Δυναμικό διασποράς
8. Σχήμα σώματος
9. Ενδιαίτημα
10. Περιβαλλοντική θέση/ περιοχή διαβίωσης
11. Δυναμικό έκθεσης
12. Βαθμός προσαρμοστικότητας
13. Βαθμός προσκόλλησης στο υπόστρωμα
14. Δύναμη προσκόλλησης στο υπόστρωμα
15. Συσσκευή τροφοληψίας
16. Τύπος τροφής
17. Αποδοτικότητα μεταφοράς ενέργειας
18. Συστατικά ιστού
19. Στρατηγική άμυνας
20. Μέθοδος κίνησης
21. Κινητικότητα
22. Μετανάστευση στη στήλη του νερού
23. Οριζόντια μετανάστευση
24. Ενδο ειδική κοινωνικότητα
25. Προβλεψιμότητα δυναμικής
26. Επιτυχία στρατολόγησης
27. Παροχή βιογενούς υλικού
28. Κλίμακα παροχής ενδιαιτήματος

## *Δ\_2. 2. Μελλοντική έρευνα: Εμπλουτισμός της Βάσης Δεδομένων*

Οι Βάσεις Δεδομένων που αφορούν λειτουργικά χαρακτηριστικά θα πρέπει να είναι δυναμικές και απαιτούν διαρκή ανανέωση της πληροφορίας που παρέχουν, με στόχο τη μεγαλύτερη ακρίβεια και συνέπεια στους χρήστες (Bremner, 2006b).

Για το λόγο αυτό, ένας από τους άμεσους μελλοντικούς στόχους είναι η πρόσβαση κορυφαίων ερευνητών στο πεδίο (Greg Rouse, Robin Wilson), ώστε η Βάση να συμπληρωθεί και να εμπλουτιστεί, τουλάχιστον στο επίπεδο του είδους των μακροβενθικών πολυχαίτων. Η απόκτηση όσο το δυνατόν περισσότερης πληροφορίας σχετικά με αυτό, είναι βασική προϋπόθεση για να υπάρχουν αξιόπιστα και κατανοητά αποτελέσματα και να αποφευχθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι γενικεύσεις από τα ανώτερα ταξινομικά επίπεδα.

Επίσης, στόχος είναι στη παρούσα Βάση Δεδομένων να υπάρξει ανοιχτή πρόσβαση ώστε να αξιοποιηθεί για παρόμοιες μελέτες αλλά και για άλλης φύσεως έρευνες (π.χ. καλλιέργειες οργανισμών σε εργαστήριο κ.ά.).

Η παρούσα μελέτη ενδέχεται να αποτελέσει σημαντικό βήμα στην αξιοποίηση πληροφορίας η οποία μέχρι τώρα φυλασσόταν στα ράφια των βιβλιοθηκών και είναι η πρώτη φορά, τουλάχιστον στην Ελλάδα, που επιχειρείται συγκέντρωση και διαχείριση τόσο μεγάλου όγκου πληροφορίας για τα είδη της μακροπανίδας, καθώς επίσης και εφαρμογή υφιστάμενης μεθοδολογίας σε ότι αφορά τη λειτουργική ποικιλότητα και λειτουργικούς χαρακτήρες.

Τέλος, η συγκέντρωση της πληροφορίας από τα μεταβατικά ενδιαιτήματα της Μεσογείου θα επιτρέψει πειραματισμούς που σχετίζονται με τη γεωγραφική κλίμακα, πράγμα απαραίτητο σε τέτοιου είδους προσπάθειες που αφορούν στη βιοποικιλότητα.

## *Δ\_2. 3. Δοκιμή χαρακτηριστικών- Δημιουργία λίστας προτεινόμενων χαρακτηριστικών*

Συμπληρωματικά, οι τεράστιες δυσκολίες στο συγκεκριμένο τρόπο εργασίας σχετίζονται με την εύρεση και ταξινόμηση της χρήσιμης λειτουργικής πληροφορίας προφανώς για περισσότερες ομάδες οργανισμών, δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη μέθοδος που θα μπορούσε να κάνει το έργο λιγότερο επώδυνο ώστε να συλλεχθεί η απαραίτητη πληροφορία. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά είναι αυτά που επηρεάζουν

τις ιδιότητες του οικοσυστήματος ή τις αποκρίσεις των ειδών στις περιβαλλοντικές συνθήκες (Hooper *et al.*, 2005).

Η μία άποψη υποστηρίζει ότι θα πρέπει να εξετάζονται μόνο εκείνα τα λειτουργικά χαρακτηριστικά που είναι σχετικά με τη αιτία ή την απόκριση του ερωτήματος που τίθεται (Petchey and Gaston, 2006), και αυτό είναι γενικά ο κοινός κανόνας, παρόλη την υποκειμενικότητα αυτών των κριτηρίων. Παρόλα αυτά, υπάρχει και η άλλη άποψη που υποστηρίζει ότι η επιλογή των λειτουργικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την απόκριση των οργανισμών, αποκλείει το ενδεχόμενο να εξεταστούν χαρακτηριστικά που δεν σχετίζονται άμεσα με το αίτο/ απόκριση, αλλά μεταβάλλονται διαδοχικά με αυτά στο χρόνο (Sommerfeld *et al.*, 2008).

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η συνολική συμπεριφορά των λειτουργικών χαρακτηριστικών που ήταν εφικτό να βρεθεί σχετική και έγκυρη πληροφορία. Στις περιπτώσεις που επιλέχθηκαν συγκεκριμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά, τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά, αφενός γιατί η πληροφορία που επιλέχθηκε ήταν κατά μεγάλο ποσοστό εξειδικευμένη στο επίπεδο του είδους, αφετέρου γιατί φαίνεται να διαχωρίζει τις ανθρωπογενώς επιβαρυνόμενες περιοχές. Η επιπλέον επεξεργασία των δεδομένων, επιλέγοντας με αυστηρότερα κριτήρια τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, θα δώσει απάντηση στο παραπάνω ερώτημα σχετικά με το πόσα και ποιιά χαρακτηριστικά προτείνονται αναλόγως το ερώτημα που βρίσκεται υπό εξέταση κάθε φορά.

#### Δ\_2. 4. Δημιουργία θεωρητικού μοντέλου

Για την κατανόηση και δοκιμή της μεθόδου σε θεωρητικό επίπεδο, απαραίτητο είναι να αναπτυχθεί και ένα θεωρητικό μοντέλο που θα χρησιμοποιεί θεωρητικές τιμές των λειτουργικών χαρακτηριστικών. Σε αυτό, θα συγκρίνονται υποτιθέμενες περιοχές, ανά δύο γεωγραφικά γειτνιάζουσες, δεχόμενες διαφορετική ένταση ανθρωπογενούς ρύπανσης.

Επιπλέον, θα πρέπει να επιλεγθούν λειτουργικά χαρακτηριστικά που η έκφρασή τους είναι γνωστή σε θεωρητικό επίπεδο όπως αυξάνεται η ανθρωπογενής πίεση σύμφωνα με τους Pearson & Rosenberg (1978). Τέτοια λειτουργικά χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να είναι το μέγεθος σώματος, η διάρκεια ζωής, το μέγεθος και αριθμός αυγών, τροφικός τύπος, και άλλα που σχετίζονται με τις γνωστές ως *k*- και *r*- στρατηγικές.

Με αυτό το τρόπο, θα είναι εφικτό να δοκιμαστεί η μέθοδος σε θεωρητικό επίπεδο, χωρίς να επηρεάζεται από τις τεχνικές δυσκολίες που έχουν τα πειραματικά δεδομένα, αναζητώντας θεωρητικά πρότυπα σε γεωγραφική και λειτουργική κλίμακα.

## Δ\_2. 5. Περιορισμοί στην ερμηνεία

Στη παρούσα μελέτη επιχειρήθηκε να εφαρμοστεί η Ανάλυση Βιολογικών Χαρακτηριστικών με σκοπό να περιγραφεί ο λειτουργικός ρόλος της μακροπανίδας (μακροβενθικά Πολύχαιτα) στα παράκτια μεταβολικά οικοσυστήματα. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι αυτή η ανάπτυξη περιγράφει μόνο μία παράμετρο της λειτουργικότητας ενός οικοσυστήματος και δεν πρέπει να συγχέεται με τον λειτουργικό ρόλο που διαδραματίζουν άλλες ομάδες οργανισμών που απαρτίζουν το βένθος, όπως η μειοπανίδα, ή τα Καρκινοειδή (Bremner, 2006c). Οι διεργασίες ή οι ιδιότητες του οικοσυστήματος δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθούν, καθώς δεν υπάρχει ένας μοναδικός δείκτης που δύναται να περιγράψει τη συνολική απόδοση στη λειτουργικότητα ενός οικοσυστήματος (Giller *et al.*, 2004). Προφανώς, για αυτό το σκοπό χρειάζονται μελέτες που ανιχνεύουν διαφορετικές βιοτικές συνιστώσες και οικολογικές διαδικασίες (Bremner, 2006c). Η επηρροή που ασκεί η βιοκοινωνία και οι βιογεωγραφικές διαδικασίες, μπορεί να περιορίσουν ισχυρά τη χρησιμότητα τέτοιων προσεγγίσεων σαν αυτή που προτείνεται (Naem & Wright, 2003).

## E. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aboul- Ezz, SM, 1988. Periodicity and distribution of bottom fauna of the hyper-saline Bardawil lagoon (Egypt). *Bull. Natl. Inst. Oceanogr. Fish. ARE* 14:159-174
- Amano, T, Yamaura, Y, 2007. Ecological and life-history traits related to range contractions among breeding birds in Japan. *Biol. Conserv.* 137:271-282
- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Aust. Ecol.* 26: 32-46.
- Anderson, M.J., 2005. PERMANOVA. Permutational multivariate analysis of variance. A computer program. Department of Statistics, University of Auckland
- Arvanitidis, C., Somerfield, PJ, Chatzigeorgiou, G, Reizopoulou, S, Kevrekidis, T, Eleftheriou, A, 2008. Do multivariate analyses incorporating changes in pattern across taxonomic levels reveal anthropogenic stress in Mediterranean lagoons? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol., In press*
- Arvanitidis, C, Chatzigeorgiou, G, Koutsoubas, D, Kevrekidis, T, Dounas, C, Eleftheriou, A, Koulouri, P, Mogias, A, 2005a. Estimating lagoonal biodiversity in Greece: comparison of rapid assessment techniques. *Helgol. Mar. Res.* 59: 177-186
- Arvanitidis, C, Chatzigeorgiou, G, Koutsoubas, D, Dounas, C, Eleftheriou, A, Koulouri, P, 2005b. Mediterranean lagoons revisited: weakness and efficiency of the rapid biodiversity assessment techniques in a severely fluctuating environment. *Biodiv. Conserv.* 14: 2347-2359
- Arvanitidis, C, Koutsoubas, D, Dounas, C, Eleftheriou, A, 1999. Annelid fauna of a Mediterranean Lagoon (Gialova lagoon, south-west Greece): community structure in a severely fluctuating environment. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 79: 849-856
- Basset, A, Galuppo, N, Sabetta, L, 2006. Environmental heterogeneity and benthic macroinvertebrate guilds in Italian lagoons *Transit. Wat. Bull.* 1: 48-63
- Basset, A, Sabetta, L, Fonnesu, A, Mouillot, D, Do Chi, T, Viaroli, P, Giordani, G, Reizopoulou, S, Abbiati, M, Carrada, GC 2006. Typology in Mediterranean transitional waters: new challenges and perspectives. *Aquatic Conservation: Mar. Freshw. Ecos.* 16: 441-455
- Battaglia, B, 1959. Final resolution of the symposium on the classification of brackish waters. *Archivio Di Oceanografia E Limnologia* 11: 243- 248
- Beukema, JJ, Flach, EC, Dekker, R, Starink, M, 1999. A long- term study of the recovery of the macrozoobenthos on large defaunated plots on a tidal flat in the Wadden Sea. *J. Sea Res.* 42: 235-254
- Botta-Dukat, Z, 2005. Rao's quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. *J. Veg. Sci.* 16 : 533-540
- Bremner, J, 2008. Species' traits and ecological functioning in marine conservation and management. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol. (in press)*

- Bremner, J, Paramor, OAL, Frid, CLJ, 2006a. Developing a methodology for incorporating ecological structure and functioning into designation of Special Areas of Conservation (SAC) in the 0-12 nautical mile zone, Report to English Nature. Inductively Coupled Plasmas in Analytical Atomic Spectrometry. University of Liverpool, Liverpool. 153pp.
- Bremner, J, Rogers, SI, Frid, CLJ, 2006b. Methods for describing ecological functioning of marine benthic assemblages using biological traits analysis (BTA). *Ecol. Ind.* 6: 609-622
- Bremner, J, Rogers, SI, Frid, CLJ, 2006c. Matching biological traits to environmental conditions in marine benthic ecosystems. *J. Mar. Syst.* 60: 302-316
- Bremner, J, Rogers, SI, Frid, CLJ, 2003. Assessing functional diversity in marine benthic ecosystems: a comparison of approaches. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 254: 11-25
- Brown, JH, Gillooly, JF, Allen, AP, Savage, VM, West, GB, 2004. Toward a metabolic theory of ecology. *Ecology*, 85: 1771-1789
- Brown B, Wilson WH, 1997. The role of commercial digging of mudflats as an agent for change of infaunal intertidal populations. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 218: 49-61
- Castella E, Speight MCD, 1996. Knowledge representation using fuzzy coded variables: an example based on the use of Syrphidae (Insecta, Diptera) in the assessment of riverine wetlands. *Ecol. Model.* 85:13-25
- Chapin, FS, Zavaleta, ES, Eviner, VT *et al.*, 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405: 234-242
- Chapin, FSI, Bret-Harte, MS, Hobbie, SE, Hailan, Z, 1996. Plant functional types as predictors of transient responses of arctic vegetation to global change. *J. Veg. Sci.*, 7: 347-358
- Charvet S, Statzner B, Usseglio-Polatera P, Dumont B, 2000. Traits of benthic macroinvertebrates in semi-natural French streams: an initial application to biomonitoring in Europe. *Freshw. Biol.* 43:277-296
- Chevenet, F, Doledec, S, Chessel, D, 1994. A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. *Freshw. Biol.* 31: 295-309
- Clarke K R and Warwick RM, 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Mar Ecol Prog Ser* 216: 265-278
- Clarke KR, Warwick RM, 1998a. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *J Appl Ecol* 35:423-531
- Clarke KR, Warwick RM, 1998b. Quantifying structural redundancy in ecological communities. *Oecologia* 113: 278-289
- Clark, RB, 1997. Marine Pollution. Clarendon Press, Oxford.
- Clarke, KR, 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18, 117-143
- Cognetii, G, Maltagliati, FA, 2000. Biodiversity and Adaptive Mechanisms in Brackish Water Fauna. *Mar. Poll. Bull.*, 40: 7-14

- Dauer, DM, 1984. The Use of Polychaete Feeding Guilds as Biological Variables. *Mar Poll. Bull.*, 15: 301-305
- Díaz, S, Cabido, M, 2001. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecol. Evol.* 16: 646-655
- Díaz, S and Cabido, M, 1997. Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. *J. Veg. Sci.* 8: 463-474
- Doledec, S, Chessel, D, terBraak, CJF, Champely, S, 1996. Matching species traits to environmental variables: A new three-table ordination method. *Environ. Ecol. Stat.* 3: 143-166
- Doledec, S, Chessel, D, 1994. Co-inertia analysis - an alternative method for studying species environment relationships. *Freshw. Biol.* 31: 277-294
- Doledec, S, Statzner, B, 1994. Theoretical habitat templates, species traits, and species richness: 548 plant and animal species in the Upper Rhone River and its floodplain. *Freshw. Biol.* 31: 523-538
- Dounas, C, Koutsoubas, D, Arvanitidis, C, Petihakis, G, Drummond, L, Eleftheriou, A, 1998. Biodiversity and the impact of anthropogenic activities in Mediterranean lagoons: The case of Gialova lagoon, SW Greece. *Oebalia* 24: 77-91
- Ducrot, V, Usseglio-Polatera, P, Pery, ARR, Mouthon, J, Lafont, M, Roger, MC, Garric, J, Fèrard, JF, 2005. Using aquatic macro invertebrate species traits to build test batteries for sediment toxicity assessment: Accounting for the diversity of potential biological responses to toxicants. *Environ. Toxicol. Chem.* 24 : 2306-2315
- Duffy, JE, Stachowicz, JJ, 2006. Why biodiversity is important to oceanography: potential roles of genetic, species, and trophic diversity in pelagic ecosystem processes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 311: 179-189
- Duffy, JE, 2003. Biodiversity loss, trophic skew, and ecosystem functioning. *Ecol. Lett.* 6:680-687
- Engle VD, Summers JK, 1999. Latitudinal gradients in benthic community composition in Western Atlantic estuaries. *J. Biogeogr.* 26:1007-1023
- Faith, DP, 1994. Genetic diversity and taxonomic priorities for conservation. *Biol. Conserv.*, 68:69-74
- Faith, DP, 1992. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biol. Conserv.*, 61:1-10
- Fauchald, K, 1983. Life diagram patterns in benthic polychaetes. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 96:160-177
- Féral, JP, Fourt, M, Perez, T, Warwick, RM, Emblow, C, Hummel, H, Van Avesaath, P, *et al.*, 2003. European Marine Biodiversity Indicators. Netherlands Institute of Ecology, Centre for Estuarine and Marine Ecology, Yerseke, The Netherlands. 130 pp.
- Gee JM, Warwick RM, 1996. A study of global biodiversity patterns in the marine motile fauna of hard substrata. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 76:177-184
- Giller, PS, Hillebrand, H, Berninger, UG, Gessner, MO, Hawkins, S, Inchausti, P, Inglis, C, Leslie, H, Malmqvist, B, Monaghan, MT, Morin, PJ, O'Mullan, G, 2004. Biodiversity effects on ecosystem functioning: emerging issues and their experimental test in aquatic environments. *Oikos* 104: 423-436



- Gravina MF, Ardizzone, GD, Scaletta, F, Chimenz, C, 1989. Descriptive analysis and classification of benthic communities in some Mediterranean coastal lagoons (central Italy). *PSZN Mar Ecol* 10:141-166
- Gray, JS, 2000. The measurement of marine species diversity with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 250: 23-49
- Grime, JP, Thompson, K, Hunt, R., Hodgson, J.G., Cornelissen, J.H.C., Rorison, I.H., Hendry, GAF, Ashenden, TW, Askew, AP, Booth, RE, Bossard, CC, Campbell, BD, Cooper, JEL, Davison, AW, Gupta, PL, Hall, W, Hand, DW, Hannah, MA, Hillier, SH, Hodgkinson, DJ, Jalili, A, Liu, Z, Mackey, JML, Matthews, N, Mowforth, MA, Neal, AM, Reader, RJ, Reiling, K, RossFraser, W, Spencer, RE, Sutton, F, Tasker, DE, Thorpe, PC, Whitehouse, J, 1997. Integrated screening validates primary axes of specialisation in plants. *Oikos* 79: 259-281
- Grizzle RE, 1984. Pollution indicator species of macrobenthos in a coastal lagoon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 18:191-200
- Guelorget O, Perthuisot JP 1983. Le domaine paralique. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement. *Travaux du laboratoire de géologie* 16: 1-136
- Guelorget O, Frisoni GF, Perthuisot JP 1983. Zonation bio logique des milieux lagunaires: définition d' une échelle de confinement dans le domaine paralique méditerranéen. *J. Rech. Oceanogr.* 8: 15-35
- Guelorget, O and Michel, Perthuisot, 1979a. Les peuplements benthiques d'un étang littoral Languedocien, l'étang du Prevost (Herault). *Téthys* 9: 49-64
- Guelorget, O and Michel, Perthuisot, 1979b. Les peuplements benthiques d' un etang littoral Languedocien, l' etang du Prevost (Herault). 2. Etude quantitative de la macrofaune des sables. *Tethys* 9: 65-77
- Hall-Spencer JM, Froglija C, Atkinson RJA, Moore PG, 1999. The impact of Rapido trawling for scallops, *Pecten jacobaeus*(L.), on the benthos of the Gulf of Venice. *ICES J. Mar. Sci.* 56:111-124
- Harper, JL and Hawksworth, DL, 1994. Biodiversity: measurement and estimation. *Philos. Trans. R. Soc. London Ser B* 345: 5-12
- Hauxwell J, McClelland J, Behr PJ, Valiela I 1998. Relative importance of grazing and nutrient controls of macroalgal biomass in three temperate shallow estuaries. *Estuaries* 21: 347-360
- Haybach, A, Scholl, F, Konig, B, Kohmann, F, 2004. Use of biological traits for interpreting functional relationships in large rivers. *Limnologia* 34: 451-459
- Hector, A, Schmid, B, Beierkuhnlein, C, Caldiera, MC, Diemer, M, Dimitrakopoulos, PG *et al.*, 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science*, 286: 1123-1127
- Heemsbergen, DA, Berg, MP, Loreau, M, van Hal, JR, Faber, JH, Verhoef, HA, 2004. Biodiversity effects on soil processes explained by interspecific functional dissimilarity. *Science*, 306: 1019-1020
- Hewitt, JE, Thrush, SF, Dayton, PD, 2008. Habitat variation, species diversity and ecological functioning in a marine system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 366: 116-122

- Hodgson, JG, Wilson, PJ, Hunt, R, Grime, JP, Thompson, K., 1999. Allocating C-S-R plant functional types: a soft approach to a hard problem. *Oikos* 85: 282-294
- Holmes, RT, Bonney, REJ, Pacala, SW, 1979). Guild structure of the Hubbard Brook bird community: a multivariate approach. *Ecol.*, 60: 512-520
- Hooper, DU, Chapin, FS, Ewel, JJ, Hector, A, Inchausti, P, Lavorel, S, Lawton, J H, *et al.* 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol. Monogr.*, 75: 3-35
- Hooper, DU, Solan, M, Symstad, A, Diaz, S, Gessner, MA, Buchmann, N, Degrange, V, *et al.* 2002. Species diversity, functional diversity, and ecosystem functioning. In *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*, pp. 195-208. Ed. by M. Loreau, S. Naeem, and P. Inchausti. Oxford University Press, Oxford.
- Izsak, C and Price, ARG, 2001. Measuring  $\beta$ -diversity using a taxonomic similarity index, and its relation to spatial scale. *Mar Ecol Prog Ser* 215: 69-77
- Izzo, G, Signorini, A, Massini, G, Migliore, G, Tosoni, M, Varrone, C. Sediment biogeochemical differences in two pristine Mediterranean coastal lagoons (in Italy) characterized by different phanerogam dominance. A comparative approach. *Aquat Cons. Mar. Fresh. Ecos.*, *in press*
- Jax, K, 2005. Function and “functioning” in ecology: what does it mean? *Oikos* 111: 641-648
- Jennings, S., Kaiser, MJ, 1998. The effects of fishing on marine ecosystems. *Adv. Marine Biol.* 34: 203-352
- Kinzig, A, Pacala, SW, Tilman, D, 2002. *The Functional Consequences of Biodiversity*. Princeton University Press, Princeton, NJ. pp. 223-250
- Kjerfve, B, 1994. *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier, Amsterdam, 577 pp.
- Knevel, IC, Bekker, RM, Bakker, JP & Kleyer, M, 2003. Life- history traits of the Northwest European flora: the LEDA database. *J. Veg. Sci.*, 14: 611-614
- Koutsoubas, D, Dounas, C, Arvanitidis, C, Kornilios, S, Petihakis, G, Triantafyllou, G, Eleftheriou, A, 2000. Macro-benthic community structure and disturbance assessment in Gialova lagoon, Ionian Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 57:1472-1480
- Krebs, CJ, 1994. *Ecological Methodology*. Addison Wesley Longman (Ed. Green, J), p.581
- Lancellotti DA, Vasquez JA, 1999. Biogeographic patterns of benthic macroinvertebrates in the Southeastern Pacific littoral. *J. Biogeogr.* 26:1001–1006
- Lavorel S, McIntyre S, Landsberg J, Forbes TDA, 1997. Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends Ecol. Evol.* 12: 474-478
- Leonard, DRP, Clarke, KR, Somerfield, PJ, Warwick, RM, 2006. The application of an indicator based on taxonomic distinctness for UK marine biodiversity assessments. *J. Env. Manag.*, 78: 52-62
- Lincoln, R, Boxshall, G, Clark, P, 1998. *A dictionary of ecology, evolution and systematics*. Second edition. Cambridge University Press
- Lindborg, R, Eriksson, O, 2005. Functional response to land use change in grasslands: Comparing species and trait data. *Ecoscience* 12:183-191
- Loreau, M, Naeem, S, Inchausti, P, 2002. *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and*

Perspectives. Oxford University Press, Oxford

- Magurran, AE, 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Madlen, Oxford, Carleton.
- Malea, P, Kevrekidis, T, Mogias, A, 2004. Annual versus perennial growth cycle in *Ruppia maritime* L.: temporal variation in population characteristics in Mediterranean lagoons (Monolimni and Drana lagoons, Northern Aegean Sea). *Bot. Mar.* 47: 357-366
- Marchini, A, Gauzer, K, Occhipinti-Ambrogi, A, 2004. Spatial and temporal variability of hard-bottom macrofauna in a disturbed coastal lagoon (Sacca di Goro, Po River Delta northwestern Adriatic Sea). *Mar. Pollut. Bull.* 48: 1084-1095
- Mason, NWH, Mouillot, D, Lee, WG, Wilson, JB, 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos* 111: 112-118
- McArdle, B.H. & Anderson, M.J. 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance based redundancy analysis. *Ecology* 82: 290-297.
- McArthur, VE, Koutsoubas, D, Lampadariou, N, Dounas, C, 1999. The meiofaunal community structure of a Mediterranean lagoon (Gialova lagoon, Ionian Sea). *Herg Mar Res.* 54: 7-17
- McIntyre S, Lavorel S, Tremont RM, 1995. Plant life-history attributes: their relationship to disturbance response in herbaceous vegetation. *J. Ecol* 83: 31-44
- McLusky DS, Elliott, M, 2007. Transitional waters: A new approach, semantics or just muddying the waters? *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 71: 359-363.
- Mouillot, D, Mason, NWH, Wilson, JB, 2007. Is the abundance of species determined by their functional traits? A new method with a test using plant communities. *Oecologia* 152: 729-737
- Mouillot, D, Spatharis, S, Reizopoulou, S, Laugier, T, Sabetta, L, Basset, A, Do Chi, T, 2006. Alternatives to taxonomic -based approaches to assess changes in transitional water communities. *Aquat. Cons. Mar. Freshw. Ecos.* 16: 469-482
- Mouillot, D, Mason, WHN, Dumay, O, Wilson, JB, 2005. Functional regularity: a neglected aspect of functional diversity. *Oecologia* 142: 353-359
- Muñoz, AA & Ojeda, FP, 1997. Feeding guild structure of a rocky intertidal fish assemblage in central Chile. *Environ. Biol. Fishes*, 49: 471-479
- Naem, S and Wright, JP, 2003. Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem. *Ecol. Lett.*, 6: 567-579
- Naeem, S, 2002. Ecosystem consequences of biodiversity loss: the evolution of a paradigm. *Ecology*, 83, 1537-1552
- Naeem, S, Chapin, FS, Costanza, R, Ehrlich, PR, Golley, FB, Hooper, DU, Lawton, JH, O'Neill, RV, Mooney, HA, Sala, OE, Symstad, AJ, Tilman, D, 1999. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Maintaining Natural Life Support Processes Issues in *Ecology*, vol. 4. Ecological Society of America, Washington, pp. 11
- Naeem, S, Thompson, LJ, Lawler, SP, Lawton, JH, Woodfin, RM, 1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature*, 368: 734-737

- Nair, KKC, Anger, K, 1979. Life cycle of *Corophium insidiosum* (Crustacea, Amphipoda) in laboratory culture. *Helgol. Wiss. Meeresunters* 32: 279-294
- Nikolaidou, A, Bourgoutzani, F, Zenetos, A, Guelroget, O and Perthuisot, JP, 1988. Distribution of molluscs and polychaetes in coastal lagoons in Greece. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 26: 337-350
- Olf H, Pegtel DM, Van Groenendael JM, Bakker JP, 1994. Germination strategies during grassland germination. *J. Ecol.* 82: 69-77
- Olsgard, F, Somerfield, PJ, Carr, MR, 1997. Relationships between taxonomic resolution and data transformations in analyses of a macrobenthic community along an established pollution gradient. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 149:173-181
- Olsgard, F, Somerfield, PJ, Carr, MR, 1998. Relationships between taxonomic resolution, macrobenthic community patterns and disturbance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 172: 25-36
- Pearson, TH and Rosenberg, R, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 16: 229-311
- Petchey, OL and Gaston, KJ, 2007. Dendrograms and measuring functional diversity. *Oikos* 116: 1422-1426
- Petchey, OL, Gaston, KJ, 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecol. Lett.* 9: 741-758
- Petchey, OL, Gaston, KJ, 2002a. Functional diversity (FD), species richness, and community composition. *Ecol. Lett.*, 5: 402-411
- Petchey, OL, Gaston, KJ, 2002b. Extinction and the loss of functional diversity. *Proc. R. Soc. Lond., Ser. B: Biol. Sci.* 269: 1721-1727
- Pielou, EC, 1984. The interpretation of ecological data. *John Wiley & Sons.*
- Poore GCB, Kudenov JD, 1978. Benthos around an outfall of the Werribee sewage-treatment farm, Port Philip Bay, Victoria. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 29: 157-167
- Prato, S, Morgana, J, La Valle, P, Finioia, M, Lattanzi, L, Nicoletti, L, Ardizzone, G, Izzo, G, 2008. Application of biotic and taxonomic distinctness indices in assessing the Ecological Quality Status of two coastal lakes: Caprolace and Fogliano lakes (Central Italy). *Ecol. Indic., in press*
- Prevedelli, D, Simonini, R, 2003. Life Cycles in Brackish Habitats: Adaptive Strategies of Some Polychaetes from the Venice Lagoon. *Oceanol. Act.*, 26:77-84.
- Price ARG, Keeling MJ, O'Callaghan CJ, 1999. Ocean-scale patterns of 'biodiversity' of Atlantic asteroids determined from taxonomic distinctness and other measures. *Biol J Linn Soc* 66:187-203
- Ramsay K, Kaiser MJ, Hughes RN, 1998. Responses of benthic scavengers to fishing disturbance by towed gears in different habitats. *J Exp Mar Biol Ecol* 224: 73-89
- Reizopoulou, S, Nicolaidou, A, 2004. Benthic diversity of coastal brackish-water lagoons in western Greece. *Aquat. Cons. Mar. Freshw. Ecos.* 14: 93-102
- Reizopoulou, S, Thassalou- Legaki, M and Nikolaidou A, 1996. Assessment of disturbance in Mediterranean lagoons: an evaluation of methods. *Mar. Biol.* 12:189-197

- Reizopoulou, S, Nicolaidou, A, 2004. Benthic diversity of coastal brackish-water lagoons in Western Greece. *Aquat. Conserv.* 14: 93-102
- Rice, J, 2003. Environmental health indicators. *Oc. Coast. Manag.*, 46: 235-259
- Romdhane, MS, Chakroun, FL, 1986. Les peuplements benthiques de la lagune de Ghar el Mehl. *Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Océanogr.* Pêche Salammbô 13: 95-108
- Rosenfeld, JS, 2002. Functional redundancy in ecology and conservation. *Oikos*, 98: 156-162
- Rosenzweig, ML, 1995. Species Diversity in Space and Time. Cambridge University Press, Camb
- Rouse, GW, Pleijel, F, 2006. Reproductive Biology and Phylogeny of Annelida. Science Publishers, New Hampshire. 688pp
- Rouse, GW, Pleijel, F, 2001. Polychaetes. Oxford University Press, Oxford. 354pp.
- Samaan AA, Ghobashy, AFA and Aboul- Ezz SM, 1989. The benthic fauna of lake Burollus. 1. Community composition and distribution of the total fauna. *Bull. Natl. Inst. Oceanogr.* Fish ARE 15:217-224
- Schmid, B, Joshi, J and Schläpfer, F, 2001. Empirical evidence for biodiversity-ecosystem functioning relationships. In: Kinzig, AP, Pacala, SW and Tilman, D (eds), The functional consequences of biodiversity. Princeton Univ. Press, pp. 120-150
- Schulze, ED and Mooney, HA, 1993. Biodiversity and Ecosystem Function. Springer Verlag, New York
- Smale, MA, Rabeni, CF, 1995. Hypoxia and hyperthermia tolerances of headwater stream fishes. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 124: 698-710
- Snelgrove, PVR, 1998. The biodiversity of macrofaunal organisms in marine sediments. *Biodivers. Conserv.* 7: 1123-1132
- Southwood, TRE, 1977. Habitat, the templet for ecological strategies - presidential address to the British Ecological Society, 5 January 1977. *J. Anim. Ecol.* 46: 337-365
- Somerfield, PJ, Clarke, KR, Warwick, RM, Dulvy, NK, 2008. Average functional distinctness as a measure of the composition of assemblages. *ICES J. Mar. Sc.*, 65: 1462-1468
- Somerfield, PJ, Clarke, KR, 1995. Taxonomic levels, in marine community studies, revisited. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 127: 113-119
- Spencer BE, Kaiser MJ, Edwards DB, 1998. Intertidal clam harvesting: benthic community change and recovery. *Aquac. Res.* 29: 429-437
- Statzner, B, Bis, B, Doledec, S, Usseglio-Polatera, P, 2001. Perspectives for biomonitoring at large spatial scales: a unified measure for the functional composition of invertebrate communities in European running waters. *Basic Appl. Ecol.* 2: 73-85
- Statzner, B, Resh, VH, Roux, LA, 1994. The synthesis of longterm ecological research in the context of concurrently developed ecological theory: design of a research strategy for the Upper Rhone River and its floodplain. *Freshw. Biol.* 31: 253-263
- Thomas, CD, Cameron, A, Green, RE, Bakkenes, M, Beaumont, LJ, Collingham, YC, Erasmus, BFN, Ferreira de Siqueira, M, Grainger, A, Hannah, L., Hughes, L, Huntley, B, van Jaarsveld, A,

- Midgley, GF, Miles, L, Ortega-Huerta, MA, Peterson, AT, Phillips, OL, Williams, SE, 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148
- Tilman, D, 2001. Functional diversity. In: Encyclopaedia of Biodiversity (ed. Levin, S.A.). Academic Press, San Diego, CA, pp. 109-120
- Tilman, D, Reich, PB, Knops, J, Wedin, D, Mielke, T, Lehman, CL, 2001. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, 294: 843-845
- Tilman, D, Knops, J, Wedin, D, Reich, P, Ritchie, M, Sieman, E, 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277: 1300-1302
- Townsend CR, Hildrew AG, 1994. Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshw. Biol.* 31: 265-275
- Usseglio-Polatera, P, Bournard, M, Richoux, P, Tachet, H, 2000. Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with similar traits. *Freshw. Biol.* 43: 175-205
- Usseglio-Polatera, P, Bournaud, M, Richoux, P, Tachet, H, 2000. Biomonitoring through biological traits of benthic macroinvertebrates: how to use species trait databases? *Hydrobiologia* 422: 153-162
- Viaroli, P, Giordani, G, Bartoli, M, Naldi, M, Azzoni, R, Nizzoli, D, Ferrari, I, Zaldívar, JM, Bencivelli, S, Castaldelli, G, Fano, EA, 2006. The Sacca di Goro and an arm of the Po river. In: Wangersky, P.J. (Ed.), The Handbook of Environmental Chemistry, pp. 197-232. *Estuaries* 5/H
- Walker, B, Kinzig, A, Langridge, J, 1999. Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems*, 2: 95-113
- Warwick RM and Clarke KR, 2001. Practical measures of marine biodiversity based on relatedness of species. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 39: 207-231
- Warwick RM and Clarke KR, 1998. Taxonomic distinctness and environmental assessment. *J. Appl. Ecol.* 35: 532-543
- Warwick, RM and Clarke, KR, 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *J. Appl. Ecol.* 35: 523-531
- Warwick, R.M., Platt, H.M., Clarke, K.R., Agard, J., Gobin, J., 1990. Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton harbour, Bermuda. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138, 119-142
- Warwick, RM, 1988. The level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities. *Mar. Poll. Bull.* 19: 259-268
- Weithoff, G, 2003. The concepts of 'plant functional types' and 'functional diversity' in lake phytoplankton - a new understanding of phytoplankton ecology? *Freshw. Biol.* 48: 1669-1675
- Williams, JD, 2001. Reproduction and larval development of *Polydora robi* (Polychaeta: Spionidae), an obligate commensal of hermit crabs from the Philippines. *Inv. Biol.* 120:237-247

- Wright, JP, Naeem, S, Hector, A, Lehman, C, Reich, PB, Schmid, B, Tilman, D, 2006. Conventional functional classification schemes underestimate the relationship with ecosystem functioning. *Ecol. Lett.* 9: 111-120
- Zar, JH, 1983. Biostatistical Analysis. Englewood Cliffs, NJ. Prentice Hall. pp. 929
- Χατζηγεωργίου, Γ, 2005. Εξέλιξη παράκτιου μεσογειακού μεταβατικού οικοσυστήματος (λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας). Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης. σελ. 161

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I:** Συγκεντρωτικός πίνακας των λειτουργικών χαρακτηριστικών που συλλέχθηκαν σχετικά με τον κύκλο ζωής των μακροβενθικών πολύχαιτων

<b>ΣΤΑΔΙΟ ΕΝΗΛΙΚΟΥ</b>	
<b>traits</b>	<b>modalities</b>
1. Μέγιστο Μέγεθος σώματος	0.25-1 cm
	1-2 cm
	2-5 cm
	5-8 cm
	8-10 cm
	> 10 cm
2. Αναφορά για sibling species	Ναι
	Όχι
3. Εύρος βάθους που εντοπίζεται	Επιπελαγική ζώνη (0-200m)
	Μεσοπελαγική ζώνη (200-1000m)
	Βαθυπελαγική ζώνη (1000-2500m)
	Αβυσσοπελαγική (2500-4000m)
4. Μηχανισμός τροφοληψίας	Απλή αξονική προβοσκίδα
	Πρόσθιο όργανο στόματος (απλό)
	Πρόσθια μυώδης προβοσκίδα
	Μυώδης αξονική προβοσκίδα
	Απών ή υποτροφικό όργανο στόματος
5. Τροφικός τύπος	άλλες δομές τροφοληπτικών εξαρτημάτων
	Σαρκοφάγος
	Αιωρηματοφάγος
	Μη- επιλεκτικός Ιζηματοφάγος
	Επιλεκτικός Ιζηματοφάγος
	Παμφάγος
6. Τύπος ενδιαιτήματος	Σαπρονεκροφάγος
	Φυτοφάγος
	Άλγη
	Βιογενής ύφαλος
	Σπηλιές
	Ρωγμές/ σχισμές
	Maerl
	Άλλα είδη
	Προεξοχές
	Βραχώδεις λακούβες (rockpools)
	Αλυκές
	Φανερόγαμα
strandline	
Κάτω από μεγάλους βράχους	
Στήλη νερού	
Μαλακό υπόστρωμα	
7. Ανταγωνισμός για τροφικούς πόρους ενδο πληθυσμιακός	Ναι
	Όχι
8. Διάρκεια ζωής	≤ 1 χρόνο
	1-3 χρόνια
	3-5 χρόνια
	≥ 5 χρόνια
9. Μεταναστεύσεις ενηλίκου	Ναι



		Όχι
10.	Κινητικότητα	Έρποντας
		Περίσταση
		Κολυμβητής
11.	Φυσιογραφικά γνωρίσματα	Ανοιχτή ακτή
		Παράκτιος πυθμένας
		Στενά
		Λίμνες/ Φιόρδ
		Ποτάμια
		Εκβολές
		Προφυλαγμένες ακτές/ ορμίσκοι
		Λιμνοθάλασσες
		Υδροθερμικές πηγές
12.	θήρευση από	Θαλάσσια σκουλήκια
		Καρκινοειδή
		Ψάρια
		Πουλιά
		Μαλάκια
		Εχινόδερμα
13.	Αναμόχλευση ιζήματος	Ναι
		Όχι
14.	Κοινωνικότητα	Άλγη
		Φανερόγαμα
		Θαλάσσια σκουλήκια
		Βακτήρια
		Καρκινοειδή
		Ψάρια
		Μαλάκια
		Νηματώδεις
		Εχινόδερμα
		Ανθόζωα
		Σπόγγοι
15.	Τύπος υποστρώματος	Τεχνητός
		Μεγάλα έως πολύ μεγάλα βράχια
		Μικρά βράχια
		Κροκάλες
		Βότσαλα
		Χαλίκι
		Αμμώδες χαλίκι
		Λασπώδες αμμώδες χαλίκι
		Αδρή άμμος
		Λεπτόκοκκη άμμος
		Χαλικώδης άμμος
		Λασπώδης χαλικώδης άμμος
		Λασπώδης άμμος
		Αμμώδης λάσπη
		Αμμώδης χαλικώδης λάσπη
		Χαλικώδης λάσπη
		Λάσπη
		Ιλύς
		Ανάμεικτο
		Σκληρό υπόστρωμα

16.	Αλατότητα επιβίωσης	Πλήρης αλατότητα 30- 40‰
		Μεταβλητή αλατότητα 18- 40‰
		Μειωμένη αλατότητα 18- 30‰
		Χαμηλή αλατότητα ≤18‰
17.	Θερμοκρασία επιβίωσης	Κρύα νερά (<0- 10 °C )
		Ζεστά/εύκρατα/ υποτροπικά νερά 10-25 °C )
		Τροπικά νερά (> 25 °C )
18.	Ανοχή (Borja <i>et al.</i> 2000)	Τύπος I
		Τύπος II
		Τύπος III
		Τύπος IV
		Τύπος V
19.	Υλικό σωλήνα	Ιλύς
		Χαλίκι
		Άμμος
		Βιογενή υλικά
		Εκκρίσεις (κυρίως <b>mucus</b> )
20.	Τυπικά τρέφεται με	Λάσπη
		Άλγη
		Βακτήρια
		Θαλάσσια σκουλήκια
		Ciliate
		Αρκινοειδή
		Διάτομα
		Δινομαστιγωτά
		Φοραμίφερα
		Μαλάκια
		Οργανικό υλικό/ υλικό σε αποσύνθεση
		Λάρβες ψαριών
		Λάρβες ασκιδίων
		Λάρβες εχινόδερμων
		Ίζημα
Ανθόζωα		

<b>ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ</b>	
<b>traits</b>	<b>modalities</b>
1.	Ηλικία σεξουαλικής ωρίμανσης
	≤ 2 μήνες
	2-6 μήνες
	6 μήνες- 1 χρόνο
	1-2 χρόνια
	2-3 χρόνια
	3-4 χρόνια
≥ 4 χρόνια	
2.	Μηχανισμός ανάπτυξης
	Ωοτόκο Ζωοτόκο
3.	Μέγεθος αυγού
	0μm -100μm
	100μm -200μm > 200μm

4.	Επιτοκία	Ναι
		Όχι
5.	Παράγοντες που προκαλούν αναπαραγωγή	Σεληνιακοί κύκλοι
		Φερομόνες/ ορμόνες
		Φωτοπερίοδος
		Θερμοκρασία
		Αλατότητα
6.	Γονιμότητα (αρ. Παραγωγής αυγών/ θηλυκό)	1-50
		50-500
		500-2500
		2500-10000
		10000-20000
		20000-100000
		> 100000
7.	Γονιμοποίηση	Εσωτερική
		Εξωτερική
8.	Μορφή αναπαραγωγής	Γονοχωριστική
		Αυθόρμητο ερμαφρόδιτο
		Περιστασιακό ερμαφρόδιτο
		Αγενής αναπαραγωγή
9.	Πρότυπο οογένεσης	Ενδο ωοθικική
		Εξω ωοθικική
10.	Αναλογία φύλου πληθυσμού	1:1
		Θηλυκά > αρσενικά
		Θηλυκά < αρσενικά
11.	Στρατηγική αναπαραγωγής	<b>Iteroparous</b>
		<b>Semelparous</b>
12.	Θερμοκρασία αναπαραγωγής	0-10 °C (πολικά/ κρύα νερά)
		10-20 °C (εύκρατα/ υποτροπικά νερά)
		20-30 °C (τροπικά νερά)
13.	Απορρόφιση αυγών	Ναι
		Όχι
14.	Σεξουαλική μεταμόρφωση	Ναι
		Όχι
15.	Συχνότητα γεννήσεων	Συνεχές
		Περιοδικά
		Περιστασιακά
16.	Τύπος σπέρματος	Εξω- υδρόσπερμα
		Ενδο- υδρόσπερμα
		Ενδόσπερμα
17.	Συγχρονισμός απελευθέρωσης γαμετών	Ναι
		Όχι

<b>ΣΤΑΔΙΟ ΛΑΡΒΑΣ/ΝΕΑΡΟΥ ΑΤΟΜΟΥ</b>	
<b>traits</b>	<b>modalities</b>
1. Ενδιαίτημα λάρβας στη πρώιμη ανάπτυξη	Άλγη Βιογενής ύφαλος Σπηλιές Ρωγμές/ σχισμές <b>Maerl</b> Άλλα είδη Προεξοχές Βραχώδεις λακούβες (rockpools) Αλυκές Φανερόγαμα <b>strandline</b> Κάτω από μεγάλους βράχους Στήλη νερού Μαλακό υπόστρωμα
2. Κινητικότητα	Έρποντας Περίσταση Κολυμβητής
3. Ανάπτυξη λάρβας	Έμμεση Άμεση
4. Τροφικός τύπος λάρβας	Λεκιθοτροφική Πλανγκτοτροφική
5. Τύπος λάρβας	Βενθική Πελαγική
6. Τοποθεσία γονεϊκής φροντίδας	Μέσα στο μικροπεριβάλλον του οργανισμού Έξω από το μικροπεριβάλλον του οργανισμού
7. Βαθμός μεταμόρφωσης	Καταστροφικός Μη καταστροφικός
8. Γονεϊκή φροντίδα	Ναι Όχι
9. Τύπος υποστρώματος στην πρώιμη ανάπτυξη	Βιογενές Ύφαλοι Σκληρό υπόστρωμα Αμμώδες υπόστρωμα Λασπώδες υπόστρωμα Ιλύς Κροκάλες Βότσαλο Χαλίκι Μεγάλοι βράχοι Βακτήρια/ οργανικό βιοφίλμ

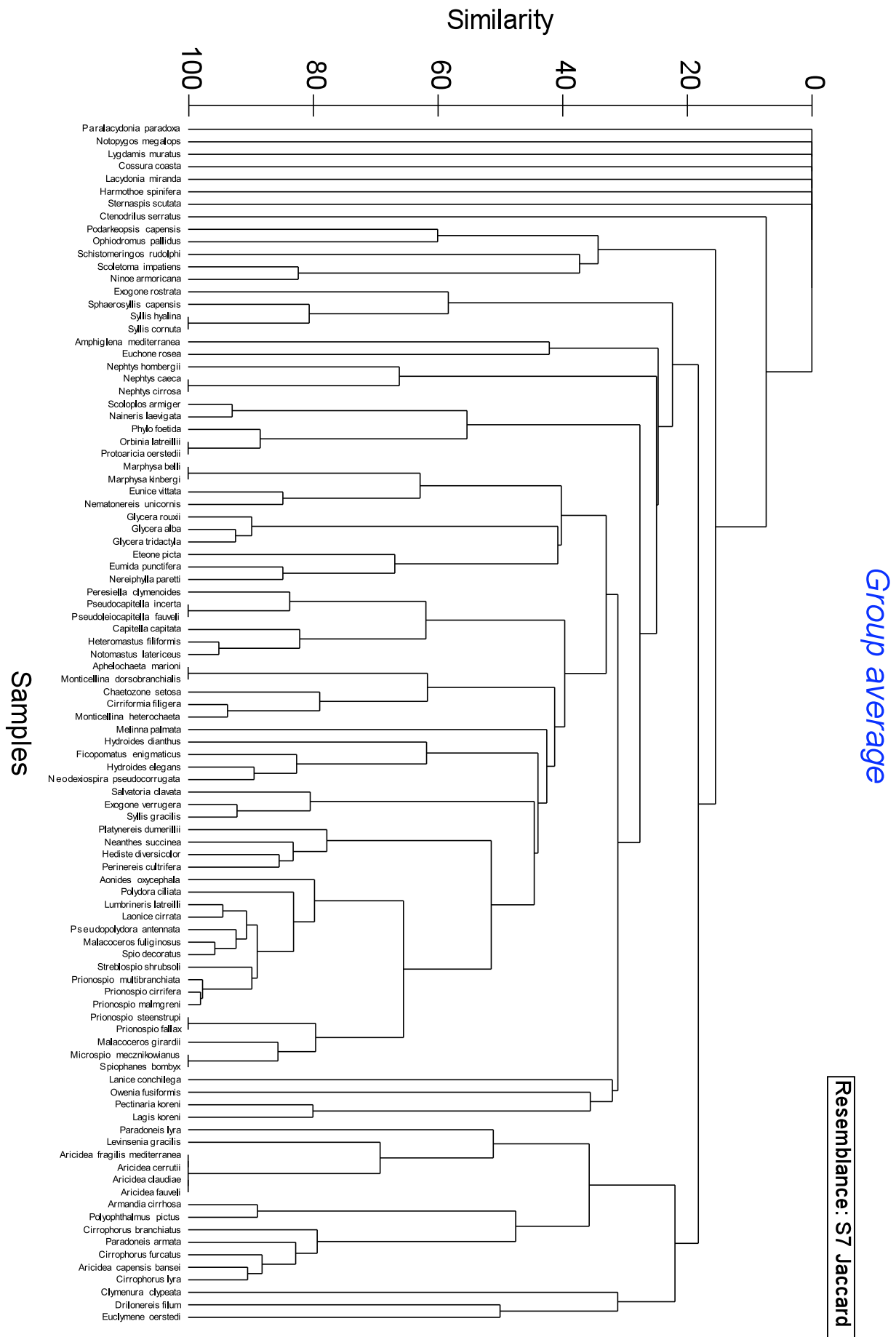
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Υπόδειγμα μητρών που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων για τις ελληνικές λιμνοθάλασσες**

	Gialova	Tsopeli	Vivari	Papas	Laki	Monolimni	Drana
<i>Chaetozone setosa</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Cirriformia filigera</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Drilonereis filum</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Eunice vittata</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lumbrineris latreilli</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Schistomeringos rudolphi</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scoletoma impatiens</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Exogone verrugera</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Hediste diversicolor</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Neanthes succinea</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Perinereis cultrifera</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Platynereis dumerillii</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Syllis gracilis</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Eteone picta</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Glycera alba</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Glycera rouxii</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glycera tridactyla</i>	0	0	1	1	1	0	1
<i>Nephtys hombergii</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Amphiglena mediterranea</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydroides elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neodexiospira pseudocorrugata</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Owenia fusiformis</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Scoloplos armiger</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Aricidea capensis bansei</i>	1	0	0	1	0	0	0
<i>Armandia cirrhosa</i>	1	0	0	1	0	0	0
<i>Capitella capitata</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Cirrophorus furcatus</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Naineris laevigata</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Nematonereis unicornis</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Notomastus latericeus</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Paradoneis armata</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Polyopthalmus pictus</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Aonides oxycephala</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Laonice cirrata</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polydora ciliata</i>	0	1	0	1	1	1	1

Πίνακας ΙΙ-1: Απόσπασμα του τελικού Πίνακα πληροφορίας που αναφέρεται στα είδη που υπάρχουν σε κάθε ελληνική λιμνοθάλασσα με μορφή παρουσίας- απουσίας.

taxon	Body size	Body size	Body size	Body size	Body size	Body size
Chaetozone setosa	0	0	1	0	0	0
Cirriformia filigera	0	0	0	0	0	1
Drilonereis filum	0	0	0	0	0	1
Eunice vittata	0	0	0	0	1	0
Lumbrineris latreilli	0	0	0	0	0	1
Schistomeringos rudolphi	0	0	0	1	0	0
Scoletoma impatiens	0	0	0	0	0	0
Exogone verrugera	1	0	1	1	0	0
Hediste diversicolor	0	0	0	0	1	1
Neanthes succinea	0	0	1	1	1	1
Perinereis cultrifera	0	0	0	0	0	1
Platynereis dumerillii	0	0	1	1	0	0
Syllis gracilis	1	1	1	1	0	0
Eteone picta	0	0	0	1	0	0
Glycera alba	0	0	0	1	0	0
Glycera rouxii	0	0	0	0	0	1
Glycera tridactyla	0	0	0	1	0	1
Nephtys hombergii	0	0	0	0	0	1
Amphiglena mediterranea	0	1	0	0	0	0
Ficopomatus enigmaticus	0	0	0	0	1	0
Hydroides elegans	0	0	1	0	0	0
Neodexiospira pseudocorrugata	1	0	0	0	0	0
Owenia fusiformis	0	0	0	0	0	1
Scoloplos armiger	0	0	0	0	0	1
Aricidea capensis bansei	0	0	1	1	0	0
Armandia cirrhosa	0	0	1	0	0	0
Capitella capitata	0	0	0	0	0	1
Cirrophorus furcatus	0	0	1	0	0	0
Heteromastus filiformis	0	0	0	0	0	1
Naineris laevigata	0	0	0	0	0	1
Nematonereis unicornis	0	0	1	0	0	1
Notomastus latericeus	0	0	0	0	0	1

Πίνακας Π-2: Απόσπασμα του τελικού Πίνακα πληροφορίας που αναφέρεται στα λειτουργικά χαρακτηριστικά των ειδών που υπάρχουν σε ένα δείγμα (πίνακας *i- είδη x n- λειτουργικά χαρακτηριστικά*) σε μορφή παρουσίας- απουσίας.



**Διάγραμμα II-1:** Ιεραρχική ομαδοποίηση με τα είδη να δημιουργούν λειτουργικές ομάδες σύμφωνα με τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά.





SPECIES	SUB-CLASS	SUB-PHYLUM	PHYLUM
Chaetozone setosa	SUB-CLASS46	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Cirriiformia filigera	SUB-CLASS47	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Dilonereis filum	SUB-CLASS95	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Eunice vittata	SUB-CLASS30	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Lumbrineris latreilli	SUB-CLASS63	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Schistomeringos rudolphi	SUB-CLASS11	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
Scotetoma impatiens	SUB-CLASS12	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
Exogone verrugera	SUB-CLASS55	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Hediste diversicolor	SUB-CLASS59	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Neanthes succinea	SUB-CLASS58	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Pernereis cultrifera	SUB-CLASS60	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Platynereis dumerillii	SUB-CLASS57	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Syllis gracilis	SUB-CLASS56	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Eteone picta	SUB-CLASS35	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Glycera alba	SUB-CLASS33	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Glycera rouxii	SUB-CLASS32	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Glycera tridactyla	SUB-CLASS34	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Nephtys hombergii	SUB-CLASS20	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Amphiglena mediterranea	SUB-CLASS18	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Ficopomatus enigmaticus	SUB-CLASS51	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Hydroides elegans	SUB-CLASS52	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Neodioxispira pseudocorrugata	SUB-CLASS53	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Owenia fusiformis	SUB-CLASS78	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Scoloplos armiger	SUB-CLASS23	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Aricidea capensis barsei	SUB-CLASS92	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Armania cirrhosa	SUB-CLASS87	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Capitella capitata	SUB-CLASS41	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Cirrophorus furcatus	SUB-CLASS91	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Heteromastus filiformis	SUB-CLASS42	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Naineris laevigata	SUB-CLASS24	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Nematonereis unicornis	SUB-CLASS31	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Notomastus latericeus	SUB-CLASS43	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Paradoneis armata	SUB-CLASS90	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Polyopthalmus pictus	SUB-CLASS88	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Aonides oxycephala	SUB-CLASS61	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Laonice cirrata	SUB-CLASS64	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Malacoceros fuliginosus	SUB-CLASS66	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Polydora ciliata	SUB-CLASS62	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Prionospio cirrifera	SUB-CLASS70	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Prionospio malmgreni	SUB-CLASS71	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Prionospio multibranchiata	SUB-CLASS69	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Pseudopolydora antennata	SUB-CLASS65	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Spio decoratus	SUB-CLASS67	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Streblospio shrubsoli	SUB-CLASS68	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Melinna palmata	SUB-CLASS49	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Pectinaria koreni	SUB-CLASS79	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Monticellina heterochaeta	SUB-CLASS48	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Aphelocheata marioni	SUB-CLASS44	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Monticellina dorsobranchialis	SUB-CLASS45	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Sternaspis scutata	SUB-CLASS07	SUB-PHYLUM07	PHYLUM07
Harmothoe spinifera	SUB-CLASS06	SUB-PHYLUM06	PHYLUM06
Salvatoria clavata	SUB-CLASS54	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Podarkeopsis capensis	SUB-CLASS09	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
Syllis hyalina	SUB-CLASS16	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Sphaerosyllis capensis	SUB-CLASS15	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Eumida punctifera	SUB-CLASS36	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Nereiphylla paretii	SUB-CLASS37	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Nephtys caeca	SUB-CLASS21	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Nephtys cirrosa	SUB-CLASS22	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Pseudocapitella incerta	SUB-CLASS39	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Aricidea fragilis mediterranea	SUB-CLASS83	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Aricidea cernuttii	SUB-CLASS84	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Orbinia latreilli	SUB-CLASS26	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Cirrophorus lyra	SUB-CLASS93	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Phylo foetida	SUB-CLASS25	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Protoaricia oerstedii	SUB-CLASS27	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Euclymene oerstedii	SUB-CLASS96	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Clymenura clypeata	SUB-CLASS94	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Malacoceros girardii	SUB-CLASS74	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Prionospio steenstrupi	SUB-CLASS72	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Prionospio fallax	SUB-CLASS73	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Microspio mecznikowianus	SUB-CLASS75	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Spiophanes bombyx	SUB-CLASS76	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Hydroides dianthus	SUB-CLASS50	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Lanice conchilega	SUB-CLASS77	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Ctenodrilus serratus	SUB-CLASS08	SUB-PHYLUM08	PHYLUM08
Lacydonia miranda	SUB-CLASS05	SUB-PHYLUM05	PHYLUM05
Marphysa belli	SUB-CLASS28	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Ophiodromus pallidus	SUB-CLASS10	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
Aricidea claudiae	SUB-CLASS85	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Aricidea fauveli	SUB-CLASS86	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Cirrophorus branchiatus	SUB-CLASS89	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Cosaura coasta	SUB-CLASS04	SUB-PHYLUM04	PHYLUM04
Euclide rosea	SUB-CLASS19	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Exogone rostrata	SUB-CLASS14	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Lagis koreni	SUB-CLASS80	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Levinnesia gracilis	SUB-CLASS82	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Lygdamis muratus	SUB-CLASS03	SUB-PHYLUM03	PHYLUM03
Marphysa kinbergi	SUB-CLASS29	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Ninoe armoricana	SUB-CLASS13	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
Notopygos megalops	SUB-CLASS02	SUB-PHYLUM02	PHYLUM02
Paradoneis lyra	SUB-CLASS81	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Paralacydonia paradoxa	SUB-CLASS01	SUB-PHYLUM01	PHYLUM01
Peresiella clymenoides	SUB-CLASS38	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Pseudoleiocapitella fauveli	SUB-CLASS40	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
Syllis comuta	SUB-CLASS17	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB

Πίνακας II-3: συναθροιστική λίστα με τα 4 βασικά λειτουργικά επίπεδα που επιλέχθηκαν με τη βοήθεια της Ιεραρχικής Ομαδοποίησης (Cluster Analysis) για τις ελληνικές λιμνοθάλασσες.

SPECIES	GENUS	FAMILY	ORDER	SUB-CLASS	CLASS	SUB-PHYLUM	PHYLUM
<i>Chaetozone setosa</i>	GENUS46	FAMILY46	ORDER46	SUB-CLASS46	CLASS46	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Cirriiforma filigera</i>	GENUS47	FAMILY47	ORDER47	SUB-CLASS47	CLASS47	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Drilonereis filum</i>	GENUS95	FAMILY95	ORDER95	SUB-CLASS95	CLASS95	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Eunice vittata</i>	GENUS30	FAMILY30	ORDER30	SUB-CLASS30	CLASS30	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Lumbrineris latreilli</i>	GENUS63	FAMILY63	ORDER63	SUB-CLASS63	CLASS63	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Schistomeringos rudolphi</i>	GENUS11	FAMILY11	ORDER11	SUB-CLASS11	CLASS11	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
<i>Scoletoma impatiens</i>	GENUS12	FAMILY12	ORDER12	SUB-CLASS12	CLASS12	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
<i>Exogone verrugera</i>	GENUS55	FAMILY55	ORDER55	SUB-CLASS55	CLASS55	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Hediste diversicolor</i>	GENUS59	FAMILY59	ORDER59	SUB-CLASS59	CLASS59	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Neanthes succinea</i>	GENUS58	FAMILY58	ORDER58	SUB-CLASS58	CLASS58	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Perinereis cultrifera</i>	GENUS60	FAMILY60	ORDER60	SUB-CLASS60	CLASS60	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Platynereis dumerillii</i>	GENUS57	FAMILY57	ORDER57	SUB-CLASS57	CLASS57	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Syllis gracilis</i>	GENUS56	FAMILY56	ORDER56	SUB-CLASS56	CLASS56	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Eteone picta</i>	GENUS35	FAMILY35	ORDER35	SUB-CLASS35	CLASS35	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Glycera alba</i>	GENUS33	FAMILY33	ORDER33	SUB-CLASS33	CLASS33	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Glycera rouxii</i>	GENUS32	FAMILY32	ORDER32	SUB-CLASS32	CLASS32	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Glycera tridactyla</i>	GENUS34	FAMILY34	ORDER34	SUB-CLASS34	CLASS34	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Nephtys hombergii</i>	GENUS20	FAMILY20	ORDER20	SUB-CLASS20	CLASS20	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Amphiglena mediterranea</i>	GENUS18	FAMILY18	ORDER18	SUB-CLASS18	CLASS18	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	GENUS51	FAMILY51	ORDER51	SUB-CLASS51	CLASS51	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Hydroids elegans</i>	GENUS52	FAMILY52	ORDER52	SUB-CLASS52	CLASS52	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Neodexiospira pseudocorrugata</i>	GENUS53	FAMILY53	ORDER53	SUB-CLASS53	CLASS53	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Owenia fusiformis</i>	GENUS78	FAMILY78	ORDER78	SUB-CLASS78	CLASS78	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Scoloplos armiger</i>	GENUS23	FAMILY23	ORDER23	SUB-CLASS23	CLASS23	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aricidea capensis bansei</i>	GENUS92	FAMILY92	ORDER92	SUB-CLASS92	CLASS92	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Armandia cirrhosa</i>	GENUS87	FAMILY87	ORDER87	SUB-CLASS87	CLASS87	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Capitella capitata</i>	GENUS41	FAMILY41	ORDER41	SUB-CLASS41	CLASS41	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Cirrophorus furcatus</i>	GENUS91	FAMILY91	ORDER91	SUB-CLASS91	CLASS91	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Heteromastus filiformis</i>	GENUS42	FAMILY42	ORDER42	SUB-CLASS42	CLASS42	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Naineris laevigata</i>	GENUS24	FAMILY24	ORDER24	SUB-CLASS24	CLASS24	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Nematonereis unicornis</i>	GENUS31	FAMILY31	ORDER31	SUB-CLASS31	CLASS31	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Notomastus latenceus</i>	GENUS43	FAMILY43	ORDER43	SUB-CLASS43	CLASS43	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Paradoneis armata</i>	GENUS90	FAMILY90	ORDER90	SUB-CLASS90	CLASS90	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Polyphthalmas pictus</i>	GENUS88	FAMILY88	ORDER88	SUB-CLASS88	CLASS88	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aonides oxycephala</i>	GENUS61	FAMILY61	ORDER61	SUB-CLASS61	CLASS61	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Laonice cirrata</i>	GENUS64	FAMILY64	ORDER64	SUB-CLASS64	CLASS64	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	GENUS66	FAMILY66	ORDER66	SUB-CLASS66	CLASS66	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Polydora ciliata</i>	GENUS62	FAMILY62	ORDER62	SUB-CLASS62	CLASS62	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Prionospio cirrifera</i>	GENUS70	FAMILY70	ORDER70	SUB-CLASS70	CLASS70	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Prionospio malmgreni</i>	GENUS71	FAMILY71	ORDER71	SUB-CLASS71	CLASS71	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Prionospio multibranchiata</i>	GENUS69	FAMILY69	ORDER69	SUB-CLASS69	CLASS69	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Pseudopolydora antennata</i>	GENUS65	FAMILY65	ORDER65	SUB-CLASS65	CLASS65	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Spio decoratus</i>	GENUS67	FAMILY67	ORDER67	SUB-CLASS67	CLASS67	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Streblospio shrubsoli</i>	GENUS68	FAMILY68	ORDER68	SUB-CLASS68	CLASS68	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Melinna palmata</i>	GENUS49	FAMILY49	ORDER49	SUB-CLASS49	CLASS49	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Pectinaria koreni</i>	GENUS79	FAMILY79	ORDER79	SUB-CLASS79	CLASS79	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Monticellina heterochaeta</i>	GENUS48	FAMILY48	ORDER48	SUB-CLASS48	CLASS48	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aphelochaeta marioni</i>	GENUS44	FAMILY44	ORDER44	SUB-CLASS44	CLASS44	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	GENUS45	FAMILY45	ORDER45	SUB-CLASS45	CLASS45	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Sternaspis scutata</i>	GENUS07	FAMILY07	ORDER07	SUB-CLASS07	CLASS07	SUB-PHYLUM07	PHYLUM07
<i>Harmothoe spinifera</i>	GENUS06	FAMILY06	ORDER06	SUB-CLASS06	CLASS06	SUB-PHYLUM06	PHYLUM06
<i>Salvatoria clavata</i>	GENUS54	FAMILY54	ORDER54	SUB-CLASS54	CLASS54	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Podarkeopsis capensis</i>	GENUS09	FAMILY09	ORDER09	SUB-CLASS09	CLASS09	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
<i>Syllis hyalina</i>	GENUS16	FAMILY16	ORDER16	SUB-CLASS16	CLASS16	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Sphaerosyllis capensis</i>	GENUS15	FAMILY15	ORDER15	SUB-CLASS15	CLASS15	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Eumida punctifera</i>	GENUS36	FAMILY36	ORDER36	SUB-CLASS36	CLASS36	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Nereiphylla paretii</i>	GENUS37	FAMILY37	ORDER37	SUB-CLASS37	CLASS37	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Nephtys caeca</i>	GENUS21	FAMILY21	ORDER21	SUB-CLASS21	CLASS21	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Nephtys cirrosa</i>	GENUS22	FAMILY22	ORDER22	SUB-CLASS22	CLASS22	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Pseudocapitella incerta</i>	GENUS39	FAMILY39	ORDER39	SUB-CLASS39	CLASS39	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aricidea fragilis mediterranea</i>	GENUS83	FAMILY83	ORDER83	SUB-CLASS83	CLASS83	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aricidea cerrutii</i>	GENUS84	FAMILY84	ORDER84	SUB-CLASS84	CLASS84	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Orbinia latreilli</i>	GENUS26	FAMILY26	ORDER26	SUB-CLASS26	CLASS26	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Cirrophorus lyra</i>	GENUS93	FAMILY93	ORDER93	SUB-CLASS93	CLASS93	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Phylo foetida</i>	GENUS25	FAMILY25	ORDER25	SUB-CLASS25	CLASS25	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Protoarcia oerstedii</i>	GENUS27	FAMILY27	ORDER27	SUB-CLASS27	CLASS27	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Euclymene oerstedii</i>	GENUS96	FAMILY96	ORDER96	SUB-CLASS96	CLASS96	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Clymenura clypeata</i>	GENUS94	FAMILY94	ORDER94	SUB-CLASS94	CLASS94	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Malacoceros girardii</i>	GENUS74	FAMILY74	ORDER74	SUB-CLASS74	CLASS74	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Prionospio steenstrupi</i>	GENUS72	FAMILY72	ORDER72	SUB-CLASS72	CLASS72	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Prionospio fallax</i>	GENUS73	FAMILY73	ORDER73	SUB-CLASS73	CLASS73	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Microspio mecznikowianus</i>	GENUS75	FAMILY75	ORDER75	SUB-CLASS75	CLASS75	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Spiophanes bombyx</i>	GENUS76	FAMILY76	ORDER76	SUB-CLASS76	CLASS76	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Hydroids dianthus</i>	GENUS50	FAMILY50	ORDER50	SUB-CLASS50	CLASS50	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Janice conchilega</i>	GENUS77	FAMILY77	ORDER77	SUB-CLASS77	CLASS77	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Ctenodrilus serratus</i>	GENUS08	FAMILY08	ORDER08	SUB-CLASS08	CLASS08	SUB-PHYLUM08	PHYLUM08
<i>Lacydonia miranda</i>	GENUS05	FAMILY05	ORDER05	SUB-CLASS05	CLASS05	SUB-PHYLUM05	PHYLUM05
<i>Marphysa belli</i>	GENUS28	FAMILY28	ORDER28	SUB-CLASS28	CLASS28	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Ophiodromus pallidus</i>	GENUS10	FAMILY10	ORDER10	SUB-CLASS10	CLASS10	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
<i>Aricidea claudiae</i>	GENUS85	FAMILY85	ORDER85	SUB-CLASS85	CLASS85	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aricidea fauveli</i>	GENUS86	FAMILY86	ORDER86	SUB-CLASS86	CLASS86	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	GENUS89	FAMILY89	ORDER89	SUB-CLASS89	CLASS89	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Cossura coasta</i>	GENUS04	FAMILY04	ORDER04	SUB-CLASS04	CLASS04	SUB-PHYLUM04	PHYLUM04
<i>Euchone rosea</i>	GENUS19	FAMILY19	ORDER19	SUB-CLASS19	CLASS19	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Exogone rostrata</i>	GENUS14	FAMILY14	ORDER14	SUB-CLASS14	CLASS14	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Lagis koreni</i>	GENUS80	FAMILY80	ORDER80	SUB-CLASS80	CLASS80	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Levinsenia gracilis</i>	GENUS82	FAMILY82	ORDER82	SUB-CLASS82	CLASS82	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Lygdamis muratus</i>	GENUS03	FAMILY03	ORDER03	SUB-CLASS03	CLASS03	SUB-PHYLUM03	PHYLUM03
<i>Marphysa kinbergi</i>	GENUS29	FAMILY29	ORDER29	SUB-CLASS29	CLASS29	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Ninoe armoricana</i>	GENUS13	FAMILY13	ORDER13	SUB-CLASS13	CLASS13	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
<i>Notopygos megalops</i>	GENUS02	FAMILY02	ORDER02	SUB-CLASS02	CLASS02	SUB-PHYLUM02	PHYLUM02
<i>Paradoneis lyra</i>	GENUS81	FAMILY81	ORDER81	SUB-CLASS81	CLASS81	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	GENUS01	FAMILY01	ORDER01	SUB-CLASS01	CLASS01	SUB-PHYLUM01	PHYLUM01
<i>Peresiella clymenoides</i>	GENUS38	FAMILY38	ORDER38	SUB-CLASS38	CLASS38	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	GENUS40	FAMILY40	ORDER40	SUB-CLASS40	CLASS40	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Syllis comuta</i>	GENUS17	FAMILY17	ORDER17	SUB-CLASS17	CLASS17	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB

Πίνακας Π-4: συναθροιστική λίστα με τα 8 βασικά λειτουργικά επίπεδα που επιλέχθηκαν με τη βοήθεια της Ιεραρχικής Ομαδοποίησης (Cluster Analysis) για τις ελληνικές λιμνοθάλασσες.

	Gialova	Tsopeli	Vivari	Papas	Laki	Monolimni	Drana
<i>Chaetozone setosa</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Cirriformia filigera</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dilonereis filum</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Eunice vittata</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lumbrineris latreilli</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Schistomeringos rudolphi</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scoletoma impatiens</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Exogone verrugera</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Hediste diversicolor</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Neanthes succinea</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pennereis cultrifera</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Platynereis dumerillii</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Syllis gracilis</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Eteone picta</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Glycera alba</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Glycera rouxii</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glycera tridactyla</i>	0	0	1	1	1	0	1
<i>Nephtys hombergii</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Amphiglena mediterranea</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydroides elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neodexiospira pseudocorrugata</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Owenia fusiformis</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Scoloplos armiger</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Aricidea capensis bansei</i>	1	0	0	1	0	0	0
<i>Amandia cirrhosa</i>	1	0	0	1	0	0	0
<i>Capitella capitata</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Cirrophorus furcatus</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Naineris laevigata</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Nematonereis unicornis</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Notomastus latericeus</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Paradoneis armata</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Polyphthalmus pictus</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Aonides oxycephala</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Laonice cirrata</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Malacceros fuliginosus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polydora ciliata</i>	0	1	0	1	1	1	1
<i>Prionospio cirrifera</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Prionospio malmgreni</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Prionospio multibranchiata</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudopolydora antennata</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spio decoratus</i>	1	1	1	1	1	0	1
<i>Streblospio shrubsolii</i>	0	0	0	0	1	1	1
<i>Melinna palmata</i>	1	0	1	0	0	0	0
<i>Pectinaria koreni</i>	1	1	0	1	0	0	0
<i>Monticellina heterochaeta</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Apelochaeta marioni</i>	0	1	1	1	0	0	0
<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sternaspis scutata</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Harmothoe spinifera</i>	0	1	0	1	0	0	0
<i>Salvatoria clavata</i>	1	0	0	1	0	0	0
<i>Podarkeopsis capensis</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Syllis hyalina</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaerosyllis capensis</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Eumida punctifera</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Nereiphylla paretii</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Nephtys caeca</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Nephtys cirrosa</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pseudocapitella incerta</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Aricidea fragilis mediterranea</i>	1	0	1	0	0	0	0
<i>Aricidea cerrutii</i>	0	0	1	0	1	1	1
<i>Orbinia latreilli</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Cirrophorus lyra</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phylo foetida</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Protoarcia oerstedii</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Euclymene oerstedii</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Clymenura clypeata</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Malacceros girardii</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Prionospio steenstrupi</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Prionospio fallax</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Microspio mecznikowianus</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Spiophanes bombyx</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Hydroides dianthus</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Lanice conchilega</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ctenodrilus serratus</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Lacydonia miranda</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Marphysa belli</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Ophiodromus pallidus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aricidea claudiae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aricidea fauveli</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cossura coasta</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euchone rosea</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Exogone rostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lagis koreni</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Levinsenia gracilis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lygdamis muratus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Marphysa kinbergi</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ninoe armoricana</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notopygos megalops</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paradoneis lyra</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peresiella clymenoides</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Syllis comuta</i>	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας II- 5: μήτρα με τα είδη μακροβενθικών πολυχαίτων που υπάρχουν σε κάθε ελληνική λιμνοθάλασσα.

**Πίνακας II- 6 : συναθροιστική λίστα για τα 6 βασικά λειτουργικά επίπεδα.**

taxon	GENUS	FAMILY	ORDER	SUB-PHYLUM	PHYLUM
<i>Chaetozone setosa</i>	GENUS46	FAMILY46	ORDER46	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Cirriformia filigera</i>	GENUS47	FAMILY47	ORDER47	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Drilonereis filum</i>	GENUS95	FAMILY95	ORDER95	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Eunice vittata</i>	GENUS30	FAMILY30	ORDER30	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Lumbrineris latreilli</i>	GENUS63	FAMILY63	ORDER63	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Schistomerings rudolphi</i>	GENUS11	FAMILY11	ORDER11	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
<i>Scoletoma impatiens</i>	GENUS12	FAMILY12	ORDER12	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
<i>Exogone verrugera</i>	GENUS55	FAMILY55	ORDER55	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Hedistes diversicolor</i>	GENUS59	FAMILY59	ORDER59	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Neanthes succinea</i>	GENUS58	FAMILY58	ORDER58	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Perinereis cultrifera</i>	GENUS60	FAMILY60	ORDER60	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Platynereis dumerillii</i>	GENUS57	FAMILY57	ORDER57	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Syllis gracilis</i>	GENUS56	FAMILY56	ORDER56	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Eteone picta</i>	GENUS35	FAMILY35	ORDER35	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Glycera alba</i>	GENUS33	FAMILY33	ORDER33	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Glycera rouxii</i>	GENUS32	FAMILY32	ORDER32	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Glycera tridactyla</i>	GENUS34	FAMILY34	ORDER34	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Nephtys hombergii</i>	GENUS20	FAMILY20	ORDER20	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Amphiglena mediterranea</i>	GENUS18	FAMILY18	ORDER18	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	GENUS51	FAMILY51	ORDER51	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Hydroides elegans</i>	GENUS52	FAMILY52	ORDER52	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Neodexiospira pseudocorrugata</i>	GENUS53	FAMILY53	ORDER53	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Owenia fusiformis</i>	GENUS78	FAMILY78	ORDER78	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Scoloplos armiger</i>	GENUS23	FAMILY23	ORDER23	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aricidea capensis bansei</i>	GENUS8	FAMILY8	ORDER8	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Armandia cirrhosa</i>	GENUS87	FAMILY87	ORDER87	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Capitella capitata</i>	GENUS41	FAMILY41	ORDER41	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Cirrophorus furcatus</i>	GENUS4	FAMILY4	ORDER4	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Heteromastus filiformis</i>	GENUS42	FAMILY42	ORDER42	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Nainereis laevigata</i>	GENUS24	FAMILY24	ORDER24	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Nematoneis unicornis</i>	GENUS31	FAMILY31	ORDER31	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Notomastus latericeus</i>	GENUS43	FAMILY43	ORDER43	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Paradoneis armata</i>	GENUS90	FAMILY90	ORDER90	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Polyopthalmus pictus</i>	GENUS88	FAMILY88	ORDER88	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aonides oxycephala</i>	GENUS61	FAMILY61	ORDER61	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Laonice cirrata</i>	GENUS64	FAMILY64	ORDER64	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	GENUS66	FAMILY66	ORDER66	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Polydora ciliata</i>	GENUS62	FAMILY62	ORDER62	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Prionospio cirrifer</i>	GENUS70	FAMILY70	ORDER70	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Prionospio malmgreni</i>	GENUS71	FAMILY71	ORDER71	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Prionospio multibranchiata</i>	GENUS69	FAMILY69	ORDER69	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Pseudopolydora antennata</i>	GENUS65	FAMILY65	ORDER65	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Spio decoratus</i>	GENUS67	FAMILY67	ORDER67	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Streblospio shrubsolei</i>	GENUS68	FAMILY68	ORDER68	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Melinna palmata</i>	GENUS49	FAMILY49	ORDER49	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Pectinaria koreni</i>	GENUS79	FAMILY79	ORDER79	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Monticellina heterochaeta</i>	GENUS48	FAMILY48	ORDER48	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aphelochaeta marioni</i>	GENUS44	FAMILY44	ORDER44	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	GENUS45	FAMILY45	ORDER45	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Sternaspis scutata</i>	GENUS07	FAMILY07	ORDER07	SUB-PHYLUM07	PHYLUM07
<i>Harmothoe spinifera</i>	GENUS06	FAMILY06	ORDER06	SUB-PHYLUM06	PHYLUM06
<i>Salvatoria clavata</i>	GENUS54	FAMILY54	ORDER54	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Podarkeopsis capensis</i>	GENUS09	FAMILY09	ORDER09	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
<i>Syllis hyalina</i>	GENUS16	FAMILY16	ORDER16	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Sphaerosyllis capensis</i>	GENUS15	FAMILY15	ORDER15	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Eumida punctifera</i>	GENUS36	FAMILY36	ORDER36	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Nereiphylla paretii</i>	GENUS37	FAMILY37	ORDER37	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Nephtys caeca</i>	GENUS21	FAMILY21	ORDER21	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Nephtys cirrosa</i>	GENUS22	FAMILY22	ORDER22	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Pseudocapitella incerta</i>	GENUS39	FAMILY39	ORDER39	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aricidea fragilis mediterranea</i>	GENUS83	FAMILY83	ORDER83	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aricidea cerrutii</i>	GENUS84	FAMILY84	ORDER84	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Orbinia latreilli</i>	GENUS26	FAMILY26	ORDER26	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Cirrophorus lyra</i>	GENUS8	FAMILY8	ORDER8	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Phylo foetida</i>	GENUS25	FAMILY25	ORDER25	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Protoancia oerstedii</i>	GENUS27	FAMILY27	ORDER27	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Euclymene oerstedii</i>	GENUS96	FAMILY96	ORDER96	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Clymenura clypeata</i>	GENUS94	FAMILY94	ORDER94	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Malacoceros girardii</i>	GENUS74	FAMILY74	ORDER74	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Prionospio steenstrupi</i>	GENUS72	FAMILY72	ORDER72	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Prionospio fallax</i>	GENUS73	FAMILY73	ORDER73	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Microspio mecznikowianus</i>	GENUS75	FAMILY75	ORDER75	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Spiophanes bombyx</i>	GENUS76	FAMILY76	ORDER76	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Hydroides dianthus</i>	GENUS50	FAMILY50	ORDER50	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Lanice conchilega</i>	GENUS77	FAMILY77	ORDER77	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Ctenodrilus serratus</i>	GENUS08	FAMILY08	ORDER08	SUB-PHYLUM08	PHYLUM08
<i>Lacydonia miranda</i>	GENUS05	FAMILY05	ORDER05	SUB-PHYLUM05	PHYLUM05
<i>Marphysa belli</i>	GENUS28	FAMILY28	ORDER28	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Ophiodromus pallidus</i>	GENUS10	FAMILY10	ORDER10	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
<i>Aricidea claudiae</i>	GENUS85	FAMILY85	ORDER85	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Aricidea fauveli</i>	GENUS86	FAMILY86	ORDER86	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	GENUS89	FAMILY89	ORDER89	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Cossura coasta</i>	GENUS04	FAMILY04	ORDER04	SUB-PHYLUM04	PHYLUM04
<i>Euichone rosea</i>	GENUS19	FAMILY19	ORDER19	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Exogone rostrata</i>	GENUS14	FAMILY14	ORDER14	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Lagis koreni</i>	GENUS80	FAMILY80	ORDER80	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Levinsenia gracilis</i>	GENUS82	FAMILY82	ORDER82	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Lygdamis muratus</i>	GENUS03	FAMILY03	ORDER03	SUB-PHYLUM03	PHYLUM03
<i>Marphysa kinbergi</i>	GENUS29	FAMILY29	ORDER29	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Ninoe armoricana</i>	GENUS13	FAMILY13	ORDER13	SUB-PHYLUMA	PHYLUMB
<i>Notopygos megalops</i>	GENUS02	FAMILY02	ORDER02	SUB-PHYLUM02	PHYLUM02
<i>Paradoneis lyra</i>	GENUS81	FAMILY81	ORDER81	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	GENUS01	FAMILY01	ORDER01	SUB-PHYLUM01	PHYLUM01
<i>Peresiella clymenoides</i>	GENUS38	FAMILY38	ORDER38	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	GENUS40	FAMILY40	ORDER40	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB
<i>Syllis cornuta</i>	GENUS17	FAMILY17	ORDER17	SUB-PHYLUMB	PHYLUMB

ion	Body size (	Body size	Body size (r	Body size	Body size (r	Body size (m	Complex spe	Complex spe	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Development	Development	Egg size : 0	Egg size : 1	Egg size : >1
iva	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
iri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
eili	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
a	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
limni	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
is	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

oon	Body size	Body size	Body size	Body size	Body size	Body size	Complex s	Complex s	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Developme	Developme	Egg size :	Egg size :	Egg size :
lova	3	6	12	10	4	12	18	3	2	26	27	20	5	0	16	10	8	16	12
ari	4	4	7	6	4	10	13	2	3	8	13	9	3	0	11	7	6	13	6
pele	3	4	7	6	3	11	15	0	3	15	14	13	4	0	15	7	11	17	7
na	1	2	2	3	2	3	4	1	0	4	6	4	1	0	3	2	0	4	3
tolimni	0	1	1	1	1	1	3	0	0	3	4	3	1	0	2	1	0	3	2
i	1	2	2	3	2	3	4	1	0	4	6	4	1	0	3	2	0	4	3
as	2	4	10	8	2	6	14	1	2	14	17	13	3	0	12	6	5	13	7

**Πίνακας II-7 (α & β) :** Κομμάτι της συναθροιστικής λίστας των ελληνικών λιμνοθαλασσών και των λειτουργικών χαρακτηριστικών που έχουν τα είδη που διαβιούν σε αυτές, με μορφή παρουσίας/ απουσίας II-4 (α) και με μορφή σειράς κατάταξης (*ranked modalities*, II-4 (β)).

on	Body size	Body size	Body size	Body size	Body size	Body size	Complex s	Complex s	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Depth zoni	Developme	Developme	Egg size :	Egg size :	Egg size :	
metozone setosa	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0
formia filigera	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
oneiris filum	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
ice vittata	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
brineris latreilli	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
istomerings rudolphi	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
letoma impatiens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
gone verrugera	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
liste diversicolor	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
inthes succinea	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1
inereis cultrifera	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
ynereis dumerillii	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
lis gracilis	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
one picta	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0
cera alba	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
cera rouxii	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
cera tridactyla	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
lhtys hombergii	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
phiglena mediterranea	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1
zomatius enigmaticus	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
lroides elegans	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0
idekiospira pseudocorugata	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
enia fusiformis	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0
llopos armiger	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
idea capensis bansei	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
andia cirrhosa	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
itella capitata	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1
ophorus furcatus	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
eromastus filiformis	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1
neris laevigata	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
natonereis unicornis	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
omastus latericeus	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1
adoneis armata	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
yopthalmus pictus	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0

**Πίνακας II-8:** Λίστα των ειδών μακροβενθικών πολυχαίτων στις ελληνικές λιμνοθάλασσες και των λειτουργικών χαρακτηριστικών που έχουν.

SPECIES	FAMILY	ORDER	CLASS	PHYLUM
Chaetozone setosa	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Cirriformia filigera	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Dilonereis filum	FAMILY95	ORDER95	CLASSB	PHYLUMB
Eunice vittata	FAMILYA	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Lumbineris latreilli	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Schistomeringos rudolphi	FAMILY11	ORDER11	CLASSA	PHYLUMB
Scoletoma impatiens	FAMILY12	ORDER12	CLASSA	PHYLUMB
Exogone verrugera	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Hediste diversicolor	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Neanthes succinea	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Perinereis cultrifera	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Platynereis dumerillii	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Syllis gracilis	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Eteone picta	FAMILYA	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Glycera alba	FAMILYA	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Glycera rouxii	FAMILYA	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Glycera tridactyla	FAMILYA	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Nephtys hombergii	FAMILY20	ORDER20	CLASSB	PHYLUMB
Amphiglena mediterranea	FAMILY18	ORDER18	CLASSB	PHYLUMB
Ficopomatus enigmaticus	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Hydroides elegans	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Neodexiospira pseudocorrugata	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Owenia fusiformis	FAMILY78	ORDERB	CLASSB	PHYLUMB
Scoloplos armiger	FAMILY23	ORDER23	CLASSB	PHYLUMB
Aricidea capensis bansei	FAMILY92	ORDER92	CLASSB	PHYLUMB
Armandia cirrhosa	FAMILY87	ORDER87	CLASSB	PHYLUMB
Capitella capitata	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Cirrophorus furcatus	FAMILY91	ORDER91	CLASSB	PHYLUMB
Heteromastus filiformis	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Naineris laevigata	FAMILY24	ORDER24	CLASSB	PHYLUMB
Nematoneis unicornis	FAMILYA	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Notomastus latericeus	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Paradoneis armata	FAMILY90	ORDER90	CLASSB	PHYLUMB
Polyopthalmus pictus	FAMILY88	ORDER88	CLASSB	PHYLUMB
Aonides oxycephala	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Laonice cirrata	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Malacoceros fuliginosus	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Polydora ciliata	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Prionospio cirrifera	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Prionospio malmgreni	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Prionospio multibranchiata	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Pseudopolydora antennata	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Spio decoratus	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Streblospio shrubsoli	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Melinna palmata	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Pectinaria koreni	FAMILY79	ORDERB	CLASSB	PHYLUMB
Monticellina heterochaeta	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Aphelochaeta marioni	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Monticellina dorsobranchialis	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Sternaspis scutata	FAMILY07	ORDER07	CLASS07	PHYLUM07
Harmothoe spinifera	FAMILY06	ORDER06	CLASS06	PHYLUM06
Salvatoria clavata	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Podarkeopsis capensis	FAMILY09	ORDER09	CLASSA	PHYLUMB
Syllis hyalina	FAMILY16	ORDER16	CLASSB	PHYLUMB
Sphaerosyllis capensis	FAMILY15	ORDER15	CLASSB	PHYLUMB
Eumida punctifera	FAMILYA	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Nereiphylla paretii	FAMILYA	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Nephtys caeca	FAMILY21	ORDER21	CLASSB	PHYLUMB
Nephtys cirrosa	FAMILY22	ORDER22	CLASSB	PHYLUMB
Pseudocapitella incerta	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Aricidea fragilis mediterranea	FAMILY83	ORDER83	CLASSB	PHYLUMB
Aricidea cerrutii	FAMILY84	ORDER84	CLASSB	PHYLUMB
Cirrophorus lyra	FAMILY26	ORDER26	CLASSB	PHYLUMB
Phylo foetida	FAMILY93	ORDER93	CLASSB	PHYLUMB
Protoarcia oerstedii	FAMILY27	ORDER27	CLASSB	PHYLUMB
Euclymene oerstedii	FAMILY96	ORDER96	CLASSB	PHYLUMB
Clymenura clypeata	FAMILY94	ORDER94	CLASSB	PHYLUMB
Malacoceros girardii	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Prionospio steenstrupi	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Prionospio fallax	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Microspio mecznikowianus	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Spiophanes bombyx	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Hydroides dianthus	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Lanice conchilega	FAMILY77	ORDERB	CLASSB	PHYLUMB
Ctenodrilus serratus	FAMILY08	ORDER08	CLASS08	PHYLUM08
Lacydonia miranda	FAMILY05	ORDER05	CLASS05	PHYLUM05
Marphysa belli	FAMILYA	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Ophiodromus pallidus	FAMILY10	ORDER10	CLASSA	PHYLUMB
Aricidea claudiae	FAMILY85	ORDER85	CLASSB	PHYLUMB
Aricidea fauveli	FAMILY86	ORDER86	CLASSB	PHYLUMB
Cirrophorus branchiatus	FAMILY89	ORDER89	CLASSB	PHYLUMB
Cossura coasta	FAMILY04	ORDER04	CLASS04	PHYLUM04
Euchone rosea	FAMILY19	ORDER19	CLASSB	PHYLUMB
Exogone rostrata	FAMILY14	ORDER14	CLASSB	PHYLUMB
Lagis koreni	FAMILY80	ORDERB	CLASSB	PHYLUMB
Levinsenia gracilis	FAMILY82	ORDER82	CLASSB	PHYLUMB
Lygdamis muratus	FAMILY03	ORDER03	CLASS03	PHYLUM03
Marphysa kinbergi	FAMILYA	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Ninoe armoricana	FAMILY13	ORDER13	CLASSA	PHYLUMB
Notopygos megalops	FAMILY02	ORDER02	CLASS02	PHYLUM02
Paradoneis lyra	FAMILY81	ORDER81	CLASSB	PHYLUMB
Paralacydonia paradoxa	FAMILY01	ORDER01	CLASS01	PHYLUM01
Peresiella clymenoides	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Pseudoleiocapitella fauveli	FAMILYB	ORDERA	CLASSB	PHYLUMB
Syllis cornuta	FAMILY17	ORDER17	CLASSB	PHYLUMB

Πίνακας II- 9: Συναθροιστική λίστα που χρησιμοποιήθηκε για την 2<sup>nd</sup> stage MDS.

	1G	2G	3G	4GA
haetozone setosa	0	0	0	0
irriformia filigera	0	0	0	0
onticellina heterochaeta	0	0	1	0
phelocheata marioni	0	0	0	0
onticellina dorsobranchialis	0	0	0	0
ternaspis scutata	0	0	0	0
armothoe spinifera	0	0	0	0
rilonereis filum	1	0	0	0
umbrineris latreilli	1	0	0	0
coletoma impatiens	0	0	0	0
chistomeringos rudolphi	0	0	0	0
alvatoria clavata	1	0	0	0
ediste diversicolor	1	0	0	1
eanthes succinea	0	0	0	0
erineris cultrifera	1	1	1	1
atynereis dumerillii	0	0	0	1
kogone verrugera	0	0	0	0
odarkeopsis capensis	0	0	0	0
yllis gracilis	0	0	0	0
yllis hyalina	0	0	0	0
phaerosyllis capensis	0	0	0	0
lycera alba	1	0	0	0
teone picta	0	0	0	0
umida punctifera	0	0	0	0
erephylla paretii	0	0	0	0
ephtys caeca	0	0	0	0
ephtys cirrosa	0	0	0	0
ephtys hombergii	0	0	0	0
wenia fusiformis	0	0	0	0
seudocapitella incerta	0	0	0	0
mphiglena mediterranea	1	0	0	1
copomatus enigmaticus	0	0	0	0
ydroides elegans	0	0	0	0
eodexiospira pseudocorrugata	1	1	0	1
coloplos armiger	1	0	0	0
ricidea capensis bansei	1	0	0	0
ricidea fragilis mediterranea	1	0	0	0
ricidea cerrutii	0	0	0	0
rmandia cirrhosa	0	0	1	1
apitella capitata	1	1	1	1
irrophorus furcatus	1	0	0	0
eteromastus filiformis	1	1	1	1
aineris laevigata	0	0	0	0
ematonereis unicornis	1	0	0	0
rbinia latreilli	0	0	0	0
otomastus latericeus	0	0	0	0
aradoneis armata	1	0	0	0
irrophorus lyra	0	0	0	0
hylo foetida	1	0	0	1
rotoaricia oerstedii	0	0	0	0
polyphthalmus pictus	0	0	1	1
uclymene oerstedii	0	0	0	0
lymenura clypeata	0	0	0	0
onides oxycephala	1	0	0	0
sonice cirrata	1	0	0	0
alacoceros fuliginosus	0	0	0	0
alacoceros girardii	1	0	1	1
prionospio multibranchiata	1	0	0	1
prionospio steenstrupi	1	0	1	1
prionospio cirrifera	0	0	0	0
prionospio fallax	0	0	0	0
prionospio malmgreni	0	0	0	0
pio decoratus	1	0	0	1
treblospio shrubsoli	0	0	0	0
polydora ciliata	0	0	0	0
microspio mecznikowianus	0	0	0	0
piophanes bombyx	0	0	0	0
ydroides dianthus	0	0	0	0
lanice conchilega	0	0	0	0
tenodrilus serratus	0	0	0	0
elinna palmata	0	0	0	1
lycera tridactyla	0	0	0	0
acydonia miranda	0	0	0	0
arphysa belli	0	0	0	0
phiodromus pallidus	0	0	0	0
ectinaria koreni	1	0	0	1
ricidea claudiae	0	0	0	0
ricidea fauveli	0	0	0	0
irrophorus branchiatus	0	0	0	0
ossura coasta	0	0	0	0
uchone rosea	0	0	0	0
unice vittata	0	0	0	0
kogone rostrata	0	0	0	0
lycera rouxii	0	0	0	0
agis koreni	0	0	0	0
evinsenia gracilis	0	0	0	0
lygdamis muratus	0	0	0	0
arphysa kinbergi	0	0	0	0
inoe armoricana	0	0	0	0
notopygos megalops	0	0	0	0
aradoneis lyra	0	0	0	0
aralacydonia paradoxa	0	0	0	0
eresiella clymenoides	0	0	0	0
seudopolydora antennata	0	0	0	0
seudoleiocapitella fauveli	0	0	0	0
yllis cornuta	0	0	0	0

(α)

	1L	2L	3L	4L
Chaetozone setosa	0	0	0	0
Cirriformia filigera	0	0	0	0
Monticellina heterochaeta	0	0	0	0
Aphelocheata marioni	0	0	0	0
Monticellina dorsobranchialis	0	0	0	0
Sternaspis scutata	0	0	0	0
Harmothoe spinifera	0	0	0	0
Drilonereis filum	0	0	0	0
Lumbrineris latreilli	0	0	0	0
Scoletoma impatiens	0	0	0	0
Schistomeringos rudolphi	0	0	0	0
Salvatoria clavata	0	0	0	0
Hediste diversicolor	1	1	1	1
Neanthes succinea	0	0	0	0
Perinereis cultrifera	0	0	0	0
Platynereis dumerillii	0	0	0	0
Exogone verrugera	0	0	0	0
Podarkeopsis capensis	0	0	0	0
Syllis gracilis	0	0	0	0
Syllis hyalina	0	0	0	0
Sphaerosyllis capensis	0	0	0	0
Glycera alba	0	0	0	0
Eteone picta	0	0	0	0
Eumida punctifera	0	0	0	0
Nereiphylla paretii	0	0	0	0
Nephtys caeca	0	0	0	0
Nephtys cirrosa	0	0	0	0
Nephtys hombergii	0	0	0	0
Owenia fusiformis	0	0	0	0
Pseudocapitella incerta	0	0	0	0
Amphiglena mediterranea	0	0	0	0
Ficopomatus enigmaticus	0	0	0	0
Hydroides elegans	0	0	0	0
Neodexiospira pseudocorrugata	0	0	0	0
Scoloplos armiger	0	0	0	0
Aricidea capensis bansei	0	0	0	0
Aricidea fragilis mediterranea	0	0	0	0
Aricidea cerrutii	0	0	1	0
Armandia cirrhosa	0	0	0	0
Capitella capitata	0	0	0	0
Cirrophorus furcatus	0	0	0	0
Heteromastus filiformis	0	0	0	0
Naineris laevigata	0	0	0	0
Nematonereis unicornis	0	0	0	0
Orbinia latreilli	0	0	0	0
Notomastus latericeus	0	0	0	0
Paradoneis armata	0	0	0	0
Cirrophorus lyra	0	0	0	0
Phylo foetida	0	0	0	0
Protoaricia oerstedii	0	0	0	0
Polyopthalmus pictus	0	0	0	0
Euclymene oerstedii	0	0	0	0
Clymenura clypeata	0	0	0	0
Aonides oxycephala	0	0	0	0
Laonice cirrata	0	0	0	0
Malacoceros fuliginosus	0	0	0	0
Malacoceros girardii	0	0	0	0
Prionospio multibranchiata	0	0	0	0
Prionospio steenstrupi	0	0	0	0
Prionospio cirrifera	0	0	0	0
Prionospio fallax	0	0	0	0
Prionospio malmgreni	0	0	0	0
Spio decoratus	0	0	1	0
Streblospio shrubsoli	1	1	1	1
Polydora ciliata	0	1	1	0
Microspio mecznikowianus	0	0	0	0
Spiophanes bombyx	0	0	0	0
Hydroides dianthus	0	0	0	0
Lanice conchilega	0	0	0	0
Ctenodrilus serratus	0	0	0	0
Melinna palmata	0	0	0	0
Glycera tridactyla	0	1	1	0
Lacydonia miranda	0	0	0	0
Marphysa belli	0	0	0	0
Ophiodromus pallidus	0	0	0	0
Pectinaria koreni	0	0	0	0
Aricidea claudiae	0	0	0	0
Aricidea fauveli	0	0	0	0
Cirrophorus branchiatus	0	0	0	0
Cossura coasta	0	0	0	0
Euclymene rosea	0	0	0	0
Eunice vittata	0	0	0	0
Exogone rostrata	0	0	0	0
Glycera rouxii	0	0	0	0
Lagis koreni	0	0	0	0
Levinsenia gracilis	0	0	0	0
Lygdamis muratus	0	0	0	0
Marphysa kinbergi	0	0	0	0
Ninoe armoricana	0	0	0	0
Notopygos megalops	0	0	0	0
Paradoneis lyra	0	0	0	0
Paralacydonia paradoxa	0	0	0	0
Peresiella clymenoides	0	0	0	0
Pseudopolydora antennata	0	0	0	0
Pseudoleiocapitella fauveli	0	0	0	0
Syllis cornuta	0	0	0	0

(β)

Πίνακες Π-10 (α, β, γ, δ): Μήτρες με την παρουσία/ απουσία ειδών σε εποχιακό επίπεδο, για κάποιες από τις ελληνικές λιμνοθάλασσες της Γιάλοβας (α), Λακί (β), Πάπας (γ) και Μονολίμνη (δ).

	1Pa	2Pa	3Pa	4Pa
Chaetozone setosa	0	0	0	0
Cirriiformia filigera	0	0	0	0
Monticellina heterochaeta	0	0	0	0
Aphelochaeta marioni	0	1	0	0
Monticellina dorsobranchiae	0	0	0	0
Sternaspis scutata	0	0	0	0
Harmothoe spinifera	1	1	1	1
Drilonereis filum	0	0	0	0
Lumbrineris latreilli	0	0	0	0
Scoletoma impatiens	0	0	0	0
Schistomeringos rudolphi	0	0	0	0
Salvatoria clavata	0	1	1	1
Hediste diversicolor	0	1	0	0
Neanthes succinea	0	0	0	0
Perinereis cultrifera	0	0	0	0
Platynereis dumerilli	0	0	0	0
Exogone verrugera	0	0	0	0
Podarkeopsis capensis	1	1	1	1
Syllis gracilis	0	1	0	1
Syllis hyalina	0	0	0	0
Sphaerosyllis capensis	0	0	0	0
Glycera alba	0	0	0	0
Eteone picta	0	0	0	0
Eumida punctifera	0	0	0	0
Nereiphylla paretii	1	1	1	1
Nephtys caeca	0	0	0	0
Nephtys cirrosa	0	0	0	0
Nephtys hombergii	0	0	0	0
Owenia fusiformis	0	0	0	0
Pseudocapitella incerta	0	0	0	0
Amphiglena mediterranea	0	0	0	0
Ficopomatus enigmaticus	0	0	0	0
Hydroides elegans	0	0	0	0
Neodexiospira pseudocorru	0	0	0	0
Scoloplos armiger	0	0	0	0
Aricidea capensis bansei	0	1	0	0
Aricidea fragilis mediterranea	0	0	0	0
Aricidea cerrutii	0	0	0	0
Armandia cirrhosa	0	1	1	1
Capitella capitata	1	1	1	1
Cirrophorus furcatus	0	0	0	0
Heteromastus filiformis	1	1	1	1
Naineris laevigata	1	0	1	1
Nematonereis unicornis	0	0	0	0
Orbinia latreilli	0	1	1	0
Notomastus latericeus	0	0	0	0
Paradoneis armata	0	0	0	0
Cirrophorus lyra	0	0	0	0
Phylo foetida	0	0	0	0
Protoaricia oerstedii	0	1	1	1
Polyopthalmus pictus	0	0	0	0
Euclymene oerstedii	0	0	0	0
Clymenura clypeata	1	1	1	1
Aonides oxycephala	0	0	0	0
Laonice cirrata	0	0	0	0
Malacoceros fuliginosus	0	0	0	0
Malacoceros girardii	0	0	0	0
Prionospio multibranchiata	0	0	0	0
Prionospio steenstrupi	0	0	0	0
Prionospio cirrifera	0	0	1	0
Prionospio fallax	0	0	0	0
Prionospio malmgreni	0	0	0	0
Spio decoratus	1	1	1	1
Streblospio shrubsolei	0	0	0	0
Polydora ciliata	0	0	1	0
Microspio mecznikowianus	0	0	0	0
Spiophanes bombyx	0	0	0	0
Hydroides dianthus	1	1	1	1
Lanice conchilega	0	0	0	1
Ctenodrilus serratus	0	0	0	0
Melinna palmata	0	0	0	0
Glycera tridactyla	1	1	1	1
Lacydonia miranda	0	1	0	0
Marphysa belli	0	0	0	0
Ophiodromus pallidus	0	0	0	0
Pectinaria koreni	0	1	1	1
Aricidea claudiae	0	0	0	0
Aricidea fauveli	0	0	0	0
Cirrophorus branchiatus	0	0	0	0
Cossura coasta	0	0	0	0
Euchone rosea	0	0	0	0
Eunice vittata	0	0	0	0
Exogone rostrata	0	0	0	0
Glycera rouxii	0	0	0	0
Lagis koreni	0	0	0	0
Levinsenia gracilis	0	0	0	0
Lygdamis muratus	0	0	0	0
Marphysa kinbergi	0	0	0	0
Ninoe armoricana	0	0	0	0
Notopygos megalops	0	0	0	0
Paradoneis lyra	0	0	0	0
Paralacydonia paradoxa	0	0	0	0
Peresiella clymenoides	0	0	0	0
Pseudopolydora antennata	0	0	0	0
Pseudoleiocapitella fauveli	0	0	0	0

(γ)

	1MI	2MI	3MI	4MI
Chaetozone setosa	0	0	0	0
Cirriiformia filigera	0	0	0	0
Monticellina heterochaeta	0	0	0	0
Aphelochaeta marioni	0	0	0	0
Monticellina dorsobranchialis	0	0	0	0
Sternaspis scutata	0	0	0	0
Harmothoe spinifera	0	0	0	0
Drilonereis filum	0	0	0	0
Lumbrineris latreilli	0	0	0	0
Scoletoma impatiens	0	0	0	0
Schistomeringos rudolphi	0	0	0	0
Salvatoria clavata	0	0	0	0
Hediste diversicolor	1	1	1	1
Neanthes succinea	0	0	0	0
Perinereis cultrifera	0	0	0	0
Platynereis dumerilli	0	0	0	0
Exogone verrugera	0	0	0	0
Podarkeopsis capensis	0	0	0	0
Syllis gracilis	0	0	0	0
Syllis hyalina	0	0	0	0
Sphaerosyllis capensis	0	0	0	0
Glycera alba	0	0	0	0
Eteone picta	0	0	0	0
Eumida punctifera	0	0	0	0
Nereiphylla paretii	0	0	0	0
Nephtys caeca	0	0	0	0
Nephtys cirrosa	0	0	0	0
Nephtys hombergii	0	0	0	0
Owenia fusiformis	0	0	0	0
Pseudocapitella incerta	0	0	0	0
Amphiglena mediterranea	0	0	0	0
Ficopomatus enigmaticus	0	0	0	0
Hydroides elegans	0	0	0	0
Neodexiospira pseudocorruga	0	0	0	0
Scoloplos armiger	0	0	0	0
Aricidea capensis bansei	0	0	0	0
Aricidea fragilis mediterranea	0	0	0	0
Aricidea cerrutii	0	0	1	0
Armandia cirrhosa	0	0	0	0
Capitella capitata	0	0	0	0
Cirrophorus furcatus	0	0	0	0
Heteromastus filiformis	0	0	0	0
Naineris laevigata	0	0	0	0
Nematonereis unicornis	0	0	0	0
Orbinia latreilli	0	0	0	0
Notomastus latericeus	0	0	0	0
Paradoneis armata	0	0	0	0
Cirrophorus lyra	0	0	0	0
Phylo foetida	0	0	0	0
Protoaricia oerstedii	0	0	0	0
Polyopthalmus pictus	0	0	0	0
Euclymene oerstedii	0	0	0	0
Clymenura clypeata	0	0	0	0
Aonides oxycephala	0	0	0	0
Laonice cirrata	0	0	0	0
Malacoceros fuliginosus	0	0	0	0
Malacoceros girardii	0	0	0	0
Prionospio multibranchiata	0	0	0	0
Prionospio steenstrupi	0	0	0	0
Prionospio cirrifera	0	0	0	0
Prionospio fallax	0	0	0	0
Prionospio malmgreni	0	0	0	0
Spio decoratus	0	0	0	0
Streblospio shrubsolei	1	1	1	1
Polydora ciliata	0	1	1	0
Microspio mecznikowianus	0	0	0	0
Spiophanes bombyx	0	0	0	0
Hydroides dianthus	0	0	0	0
Lanice conchilega	0	0	0	0
Ctenodrilus serratus	0	0	0	0
Melinna palmata	0	0	0	0
Glycera tridactyla	0	0	0	0
Lacydonia miranda	0	0	0	0
Marphysa belli	0	0	0	0
Ophiodromus pallidus	0	0	0	0
Pectinaria koreni	0	0	0	0
Aricidea claudiae	0	0	0	0
Aricidea fauveli	0	0	0	0
Cirrophorus branchiatus	0	0	0	0
Cossura coasta	0	0	0	0
Euchone rosea	0	0	0	0
Eunice vittata	0	0	0	0
Exogone rostrata	0	0	0	0
Glycera rouxii	0	0	0	0
Lagis koreni	0	0	0	0
Levinsenia gracilis	0	0	0	0
Lygdamis muratus	0	0	0	0
Marphysa kinbergi	0	0	0	0
Ninoe armoricana	0	0	0	0
Notopygos megalops	0	0	0	0
Paradoneis lyra	0	0	0	0
Paralacydonia paradoxa	0	0	0	0
Peresiella clymenoides	0	0	0	0
Pseudopolydora antennata	0	0	0	0
Pseudoleiocapitella fauveli	0	0	0	0

(δ)



	GIALOVA	TSOPELI	VIVIARI	PAPAS	LAKI	DRANA	MONOLIMNI
PHYLUM	1	2	3	3	1	1	1
CLASS	1	2	3	4	1	1	1
ORDER	12	5	7	11	2	2	2
FAMILY	13	8	8	13	3	3	2
SPECIES	29	22	22	24	6	6	4

Πίνακας Π-11: Συγκεντρωτικός πίνακας του συνολικού αριθμού λειτουργικών επιπέδων ανά ελληνική λιμνοθάλασσα.

	1Ts	2Ts	3Ts	4Ts
PHYLUM	2	1	2	2
CLASS	2	1	2	2
ORDER	5	3	3	6
FAMILY	7	1	0	8
SPECIES	17	10	8	18

	1D	2D	3D	4D
PHYLUM	1	1	1	1
CLASS	1	1	1	1
ORDER	1	1	2	1
FAMILY	1	2	3	1
SPECIES	2	4	6	2

	1V	2V	3V	4V
PHYLUM	2	2	2	1
CLASS	2	2	2	1
ORDER	4	4	5	4
FAMILY	5	5	3	5
SPECIES	15	16	16	14

	1G	2G	3G	4G
PHYLUM	1	1	1	1
CLASS	1	1	1	1
ORDER	10	1	3	5
FAMILY	11	1	3	5
SPECIES	24	4	8	16

	1MI	1MI	3MI	4MI
PHYLUM	1	1	1	1
CLASS	1	1	1	1
ORDER	1	1	2	1
FAMILY	1	1	2	1
SPECIES	2	3	4	2

	1L	2L	3L	4L
PHYLUM	1	1	1	1
CLASS	1	1	1	1
ORDER	1	1	2	1
FAMILY	1	2	3	1
SPECIES	2	4	6	2

Πίνακας Π-12: Μήτρες που χρησιμοποιήθηκαν για την πολυδιάστατη κλιμάκωση (nMDS) των n-λειτουργικών επιπέδων στις ελληνικές λιμνοθάλασσες (α) Τσοπέλι, (β) Δράνα, (γ) Βιβάρι, (δ) Γιάλοβα, (ε) Μονολίμνη, (στ) Λακί. (n=5)

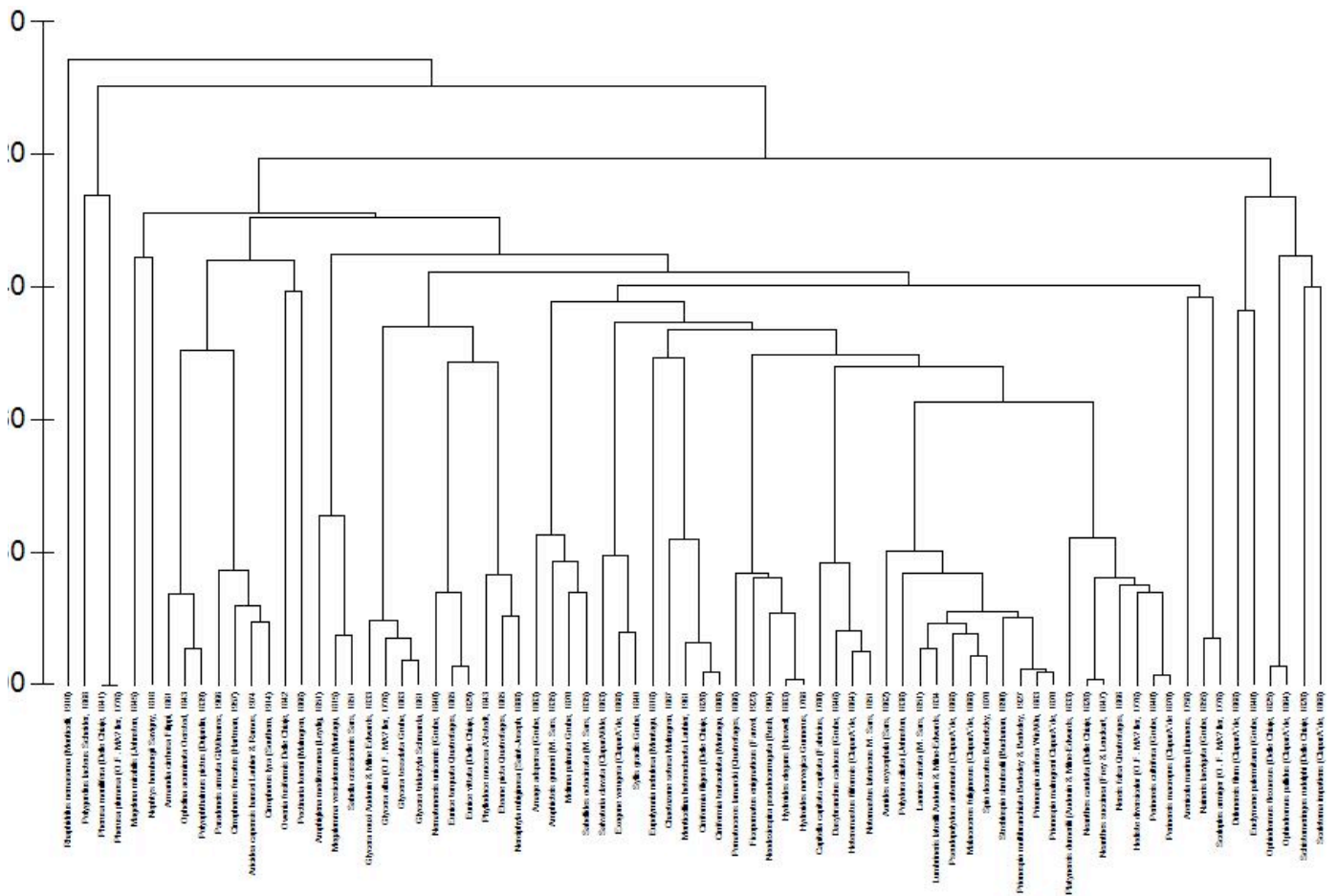
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Υπόδειγμα μητρών που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων για τις μεσογειακές λιμνοθάλασσες**

SPECIES	GIALOVA	FOGLIANC	MONACI	CAPROLACE	FONDI	LUNGO	PREVOST	TSOPELI
<i>Polygordius lacteus</i>	0	1	1	1	1	1	1	0
<i>Rhaphidrilus nemasoma</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Chaetozone setosa</i>	0	1	1	0	0	1	1	1
<i>Cirriformia filigera</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Cirriformia tentaculata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pherusa monilifera</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pherusa plumosa</i>	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Monticellina heterochaeta</i>	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>Dnionereis filum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunice torquata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Eunice vittata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lumbrineris latreilli</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schistomeringos rudolphi</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Scoletoma impatiens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Exogone verrugera</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Salvatoria clavata</i>	1	0	0	1	0	0	1	0
<i>Hediste diversicolor</i>	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>Neanthes caudata</i>	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Neanthes succinea</i>	0	1	1	1	0	0	0	0
<i>Nereis falsa</i>	0	1	1	1	0	0	0	0
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ophiodromus pallidus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Perinereis cultrifera</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Perinereis macropus</i>	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Platynereis dumerillii</i>	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Syllis gracilis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Eteone picta</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Glycera alba</i>	1	1	1	0	1	1	0	0
<i>Glycera rouxii</i>	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Glycera tessellata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

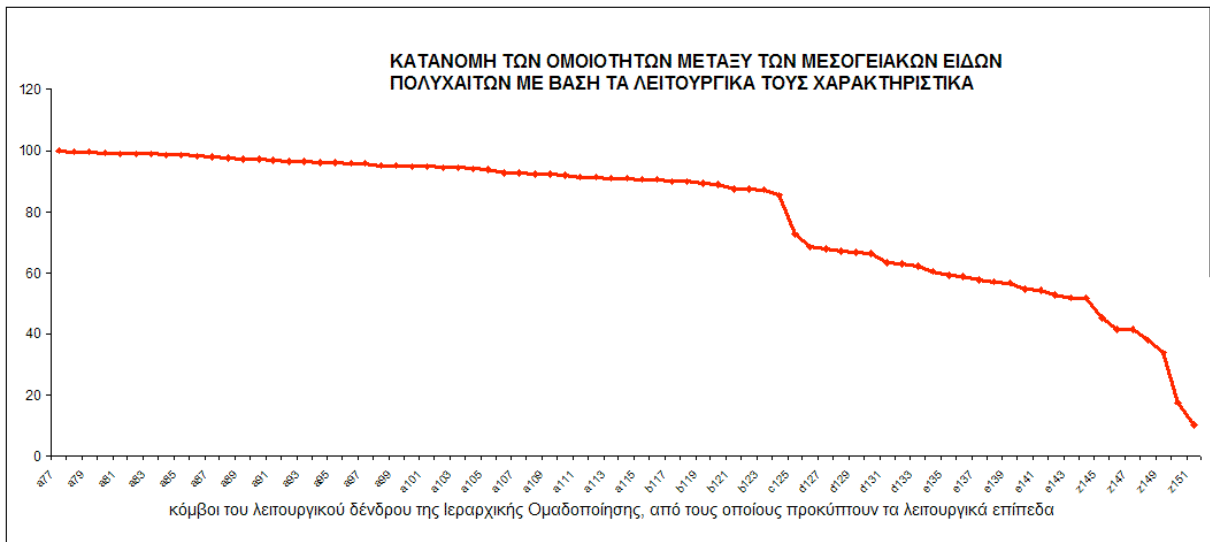
Πίνακας ΙΙΙ-1: Απόσπασμα του τελικού Πίνακα πληροφορίας που αναφέρεται στα είδη που υπάρχουν σε κάθε μεσογειακή λιμνοθάλασσα με μορφή παρουσίας- απουσίας.

taxon	Body size (max) : 2,5mm -10 mm	Body size (max) : 10mm-20mm	Body size (max) : 20mm-50mm	Body size (max) : 50mm -80mm	Body size (max) : 80mm -100mm	Body size (max) : >100mm
Amage adspersa (Grube, 11)	0	0	1	1	0	0
Amphicteis gunneri (M. Sars, 15)	0	0	0	1	0	0
Amphiglena mediterranea (Leydig, 151)	0	1	0	0	0	0
Aonides oxycephala (Sars, 11)	0	0	0	0	1	0
Arenicola marina (Linnaeus, 1751)	0	0	0	0	0	0
Aricidea capensis bansei Laubier & Ramos, 1974	0	0	1	1	0	0
Armandia cirrhosa Filippi, 111	0	0	1	0	0	0
Capitella capitata capitata (Fabricius, 1710)	0	0	0	0	0	0
Chaetozone setosa Malmgren, 117	0	0	1	0	0	0
Cirriformia filigera (Delle Chiaje, 11)	0	0	0	0	0	0
Cirriformia tentaculata (Montagu, 11)	0	0	0	0	0	0
Cirrophorus furcatus (Hartman, 1957)	0	0	1	0	0	0
Cirrophorus lyra (Southern, 191)	0	0	0	1	0	0
Dasybranchus caducus (Grube, 141)	0	1	0	0	0	0
Drilonereis filum (Claparède, 11)	0	0	0	0	0	0
Eteone picta Quatrefages, 115	0	0	0	1	0	0
Euclymene palermitana (Grube, 140)	0	0	0	0	0	0
Eunice torquata Quatrefages, 115	0	0	0	0	0	0
Eunice vittata (Delle Chiaje, 19)	0	0	0	0	1	0
Eupolymnia nebulosa (Montagu, 11)	0	0	0	0	0	0
Exogone verugera (Claparède, 11)	1	0	1	1	0	0
Ficopomatus enigmaticus (Fauvel, 1923)	0	0	0	0	1	0
Glycera alba (O.F. Müller, 1771)	0	0	0	1	0	0
Glycera rouxi Audouin & Milne Edwards, 13	0	0	0	0	0	0
Glycera tessellata Grube, 11	0	0	0	1	0	0
Glycera tridactyla Schmarda, 111	0	0	0	1	0	0
Hediste diversicolor (O.F. Müller, 1771)	0	0	0	0	1	0
Heteromastus filiformis (Claparède, 114)	0	0	0	0	0	0
Hydroides elegans (Haswell, 11)	0	0	1	0	0	0
Hydroides norvegica Gunnerus, 171	0	0	1	0	0	0

Πίνακας III-2: Απόσπασμα του τελικού Πίνακα πληροφορίας που αναφέρεται στα λειτουργικά χαρακτηριστικά των ειδών που υπάρχουν σε ένα δείγμα (πίνακας *i- είδη x n- λειτουργικά χαρακτηριστικά*) σε μορφή παρουσίας- απουσίας.



**Διάγραμμα III-1:** Ιεραρχική ομαδοποίηση με τα είδη να δημιουργούν λειτουργικές ομάδες σύμφωνα με τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά.



**Διάγραμμα III-2:** Κατανομή των τιμών ομοιότητας μεταξύ των ειδών με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους, στις ελληνικές λιμνοθάλασσες.

species	B124	C125	D126	D130	D131	E144	Z145	Z146	Z149	Z150	Z151
Polygordius lacteus	B124f2	C125f2	D126f2	D130f2	D131f2	E144f2	Z145f2	Z146f2	Z149f2	150a	151b
Rhaphidilus nemasoma	B124f1	C125f1	D126f1	D130f1	D131f1	E144f1	Z145f1	Z146f1	Z149f1	Z150f1	151a
Chaetozone setosa	B124f17	C125f18	D126f18	D130f15	131a	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Cirriformia filigera	B124f17	C125f18	D126f18	D130f15	131a	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Cirriformia tentaculata	B124f17	C125f18	D126f18	D130f15	131a	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Pherusa monilifera	B124f3	C125f3	D126f3	D130f3	D131f3	E144f3	Z145f3	Z146f3	Z149f2	150a	151b
Pherusa plumosa	B124f3	C125f3	D126f3	D130f3	D131f3	E144f3	Z145f3	Z146f3	Z149f2	150a	151b
Monticellina heterochaeta	B124f17	C125f18	D126f18	D130f15	131a	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Drilonereis filum	B124f4	C125f4	D126f4	D130f4	D131f4	E144f4	Z145f4	146a	149a	150b	151b
Eunice torquata	B124f26	C125f25	D126f24	D130f21	D131f20	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Eunice vittata	B124f26	C125f25	D126f24	D130f21	D131f20	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Lumbrineris latreilli	B124f20	125a	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z147f4	149b	150b	151b
Schistomeringos rudolphi	B124f7	C125f7	D126f7	D130f7	D131f7	E144f5	Z145f5	146b	149a	150b	151b
Scoletoma impatiens	B124f8	C125f8	D126f8	D130f8	D131f8	E144f5	Z145f5	146b	149a	150b	151b
Exogone verrucosa	B124f15	C125f16	D126f16	D130f14	D131f15	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Salvatoria clavata	B124f15	C125f16	D126f16	D130f14	D131f15	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Hediste diversicolor	B124f21	125b	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Neanthes caudata	B124f21	125b	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Neanthes succinea	B124f21	125b	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Nereis falsa	B124f21	125b	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Ophiodromus flexuosus	B124f6	C125f6	D126f6	D130f6	D131f6	E144f5	Z145f5	146b	149a	150b	151b
Ophiodromus pallidus	B124f6	C125f6	D126f6	D130f6	D131f6	E144f5	Z145f5	146b	149a	150b	151b
Perinereis cultrifera	B124f21	125b	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Perinereis macropus	B124f21	125b	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Platynereis dumerilii	B124f21	125b	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Syllis gracilis	B124f15	C125f16	D126f16	D130f14	D131f15	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Eteone picta	B124f27	D125f26	D126f25	D130f21	D131f20	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Glycera alba	B124f25	C125f24	D126f23	D130f20	D131f19	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Glycera rouxii	B124f25	C125f24	D126f23	D130f20	D131f19	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Glycera tessellata	B124f25	C125f24	D126f23	D130f20	D131f19	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Glycera tridactyla	B124f25	C125f24	D126f23	D130f20	D131f19	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Nephtys hombergii	B124f24	C125f23	D126f22	D130f19	D131f18	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Nereiphylla rubiginosa	B124f27	D125f26	D126f25	D130f21	D131f20	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Phyllodoce mucosa	B124f27	D125f26	D126f25	D130f21	D131f20	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Amphiglena mediterranea	124a	C125f14	D126f14	D130f12	D131f13	144a	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Ficopomatus enigmaticus	B124f18	C125f19	D126f19	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Hydroides elegans	B124f18	C125f19	D126f19	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Hydroides norvegica	B124f18	C125f19	D126f19	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Megalomma vesiculosum	124b	C125f14	D126f14	D130f12	D131f13	144a	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Neodexiospira pseudocorru	B124f18	C125f19	D126f19	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Owenia fusiformis	B124f12	C125f12	D126f12	D130f10	D131f11	E144f7	145a	Z146f5	149b	150b	151b
Pomatoceros lamarckii	B124f18	C125f19	D126f19	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Sabella crassicornis	124b	C125f14	D126f14	D130f12	D131f13	144a	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Scoloplos armiger	B124f23	C125f22	D126f21	D130f18	D131f17	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Arenicola marina	B124f22	C125f21	D126f20	D130f17	D131f16	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Aricidea capensis bansei	B124f11	C125f11	D126f11	130b	D131f10	E144f7	145a	Z146f5	149b	150b	151b
Armandia cirrhosa	B124f10	C125f10	D126f10	130a	D131f10	E144f7	145a	Z146f5	149b	150b	151b
Capitella capitata	B124f19	C125f20	126a	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Cirrophorus furcatus	B124f11	C125f11	D126f11	130b	D131f10	E144f7	145a	Z146f5	149b	150b	151b
Dasybranchus caducus	B124f19	C125f20	126a	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Euclymene palermitana	B124f5	C125f5	D126f5	D130f5	D131f5	E144f4	Z145f4	146a	149a	150b	151b
Heteromastus filiformis	B124f19	C125f20	126a	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Naineris laevigata	B124f23	C125f22	D126f21	D130f18	D131f17	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Nematoneis unicornis	B124f26	C125f25	D126f24	D130f21	D131f20	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Notomastus latericeus	B124f19	C125f20	126a	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Ophelina acuminata	B124f10	C125f10	D126f10	130a	D131f10	E144f7	145a	Z146f5	149b	150b	151b
Paradoneis armata	B124f11	C125f11	D126f11	130b	D131f10	E144f7	145a	Z146f5	149b	150b	151b
Cirrophorus lyra	B124f11	C125f11	D126f11	130b	D131f10	E144f7	145a	Z146f5	149b	150b	151b
Polyophthalmus pictus	B124f10	C125f10	D126f10	130a	D131f10	E144f7	145a	Z146f5	149b	150b	151b
Aonides oxycephala	B124f20	125a	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Laonice cirrata	B124f20	125a	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Magelona mirabilis	B124f9	C125f9	D126f9	D130f9	D131f9	E144f6	Z145f6	Z146f5	149b	150b	151b
Malacoceros fuliginosus	B124f20	125a	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Polydora ciliata	B124f20	125a	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Prionospio cirrifera	B124f20	125a	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Prionospio malmgreni	B124f20	125a	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Prionospio multibranchiata	B124f20	125a	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Pseudopolydora antennata	B124f20	125a	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Spio decoratus	B124f20	125a	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Streblospio shrubsoli	B124f20	125a	126b	D130f16	131b	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Amage adspersa	B124f14	C125f15	D126f15	D130f13	D131f14	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Amphicteis gunneri	B124f14	C125f15	D126f15	D130f13	D131f14	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Eupolymnia nebulosa	B124f16	C125f17	D126f17	D130f15	131a	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Melinna palmata	B124f14	C125f15	D126f15	D130f13	D131f14	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b
Pectinaria koreni	B124f13	C125f13	D126f13	D130f11	D131f12	E144f7	145a	Z146f5	149b	150b	151b
Sabellides octocirrata	B124f14	C125f15	D126f15	D130f13	D131f14	144b	145b	Z146f5	149b	150b	151b

**Πίνακας III-3:** Συναθροιστική λίστα με τα 11 βασικά λειτουργικά επίπεδα που επιλέχθηκαν σύμφωνα με την ιεραρχική ομαδοποίηση για όλα τα μεσογειακά είδη μακροβενθικών πολυχαίτων.

	GIALOVA	FOGLIANC	MONACI	CAPROLA	FONDI	LUNGO	PREVOST	TSOPELI	VIVARI	GORRO P	GORRO D	GHAR EL	BURROLU	BARDAWI	MES
Z151	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z150	1	2	2	3	3	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1
Z149	2	2	3	4	2	2	3	1	1	2	2	2	1	2	2
Z145	3	5	4	7	2	2	5	1	1	2	2	3	1	4	4
E144	4	6	5	8	2	2	6	1	1	2	2	3	1	5	5
D131	11	12	7	17	5	4	12	3	2	4	5	4	1	10	10
D130	12	12	7	18	5	4	12	3	2	4	5	4	1	11	11
D126	14	14	9	21	5	6	14	4	3	4	6	5	1	13	13
C125	15	15	10	22	5	6	15	4	3	4	6	6	1	13	13
B124	15	15	10	23	5	6	15	4	3	4	6	6	1	13	13

Πίνακας III-4: Συναθροιστική λίστα για τα 10 βασικά λειτουργικά επίπεδα των μεσογειακών λιμνοθαλασσών, που επιλέχθηκαν με τη βοήθεια της Ιεραρχικής Ομαδοποίησης. Σε κάθε λειτουργικό επίπεδο (Z151, Z150,..., B124) αντιστοιχούν τιμές του αριθμού των ειδών που κατατάσσονται σε κάθε επίπεδο στο λειτουργικό δενδρόγραμμα.

(α)	Feeding type : Carnivore	Feeding type : Filter feeder	Feeding type : Non-selective deposit feeder	Feeding type : Selective deposit feeder	Feeding type : Omnivore	Feeding type : Scavenger	Feeding type : Herbivore
LAGOON							
giavola total							
presence/absence	1	1	1	1	1	1	1
Fogliano total							
presence/absence	1	1	1	1	1	1	1
monacci total							
presence/absence	1	1	1	1	1	1	1
caprolacce total							
presence/absence	1	1	1	1	1	1	1
Fondi total							
presence/absence	1	1	1	1	0	1	1
Lungo total							
presence/absence	1	1	1	1	1	1	1
Prevost total							
presence/absence	1	1	1	1	1	1	1
Viviari total							
presence/absence	0	1	1	1	0	0	1
Gorro dr total							
presence/absence	1	1	1	1	1	1	1
Ghar El Mehl total							
presence/absence	1	1	1	1	1	1	1
Barollus total							
presence/absence	0	0	1	0	0	0	1
Messologhi total							
presence/absence	1	1	1	1	1	1	1
Bardawil total							
presence/absence	1	1	1	1	1	1	1
Gorro pol total							
presence/absence	1	0	1	1	0	0	1
Tsopeli total							
presence/absence	1	1	1	1	0	0	1

(β)	Feeding type : Carnivore	Feeding type : Filter feeder	Feeding type : Non-selective deposit feeder	Feeding type : Selective deposit feeder	Feeding type : Omnivore	Feeding type : Scavenger	Feeding type : Herbivore
LAGOON							
giavola total trait							
abundance	12	8	18	11	6	7	6
Fogliano total trait							
abundance	11	10	14	10	6	6	6

monacci total trait abundance	7	7	5	3	4	4	3
caprolacce total trait abundance	16	16	24	20	9	10	7
Fondi total trait abundance	3	1	4	1	0	1	3
Lungo total trait abundance	4	1	4	2	1	1	3
Prevost total trait abundance	8	5	9	6	2	4	4
Viviari total trait abundance	0	2	1	1	0	0	1
Gorro dr total trait abundance	4	3	4	3	1	2	2
Ghar El Mehl total trait abundance	5	2	6	3	3	3	2
Barollus total trait abundance	0	0	1	0	0	0	1
Messologhi total trait abundance	3	2	4	3	2	2	2
Bardawil total trait abundance	9	2	6	5	2	3	2
Gorro pol total trait abundance	3	0	2	1	0	0	1
Tsopeli total trait abundance	1	1	2	3	0	0	1

Πίνακας III-5: συνολική παρουσία/ απουσία των λειτουργικών χαρακτηριστικών ανά λιμνοθάλασσα (α) και συνολική αφθονία της παρουσίας των λειτουργικών χαρακτηριστικών (β) ανά λιμνοθάλασσα

taxon	body size	egg size	fecundity	feeding type	age at first reproduction	larval development	larval feeding type
Amage adpersa	4	1	3	4	3	2	2
Amphicteis gunneri	4	1	3	34	3	2	2
Amphiglena mediterranea	3	1	1	2	3	1	2
Aonides oxycephala	6	1	1	4	6	2	3
Arenicola marina	1	3	7	34	4	3	2
Aricidea capensis bansei	4	0	0	3	0	2	2
Armandia cirrhosa	4	2	0	3	0	2	1
Capitella capitata capitata	1	1	2	3	3	3	3
Chaetozone setosa	4	3	0	14	0	3	2
Cirriformia filigera	1	3	0	4	0	3	2
Cirriformia tentaculata	1	3	0	34	0	3	2
Cirrophorus furcatus	4	0	0	3	0	2	2
Cirrophorus lyra	5	0	0	3	0	2	2
Dasybranchus	1	1	2	4	3	3	3

caducus								
Drilonereis filum	1	0	0	1	0	0	0	0
Eteone picta	5	2	0	1	0	2	3	3
Euclymene	1	0	0	3	0	0	2	2
Eunice torquata	1	3	0	1	0	3	2	2
Eunice vittata	6	3	0	1	0	3	2	2
Eupolymnia nebulosa	1	3	5	4	4	3	2	2
Exogone verugera	2	3	0	17	0	3	2	2
Ficopomatus enigmaticus	6	2	2	2	3	2	1	1
Glycera alba	5	0	0	1	3	2	1	1
Glycera rouxi	1	0	0	1	3	2	1	1

Πίνακας III-6: Απόσπασμα του αρχικού πίνακα ειδών x λειτουργικά χαρακτηριστικά με τις τιμές τους σε μορφή κατάταξης



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV\_ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΓΛΩΣΣΑΡΙΟΥ, ΟΡΙΣΜΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

[www.medobis.org/traits/wiki/index.php/Main\\_Page](http://www.medobis.org/traits/wiki/index.php/Main_Page)

### **ΤΡΟΦΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ**

Κατηγορία: [Κύκλος ζωής](#) | [Ενήλικο στάδιο](#) | [Τροφικός τύπος](#) |

*Ο χαρακτηριστικός τρόπος που τρέφεται ένας οργανισμός.*

Στην κατηγορία αυτή υπάρχουν 7 άρθρα :

---

- [Αιωρηματοφάγος](#)
  - [Ιζηματοφάγος](#)
    - [Επιλεκτικός](#)
    - [Μη επιλεκτικός](#)
  - [Παμφάγος](#)
  - [Σαπρονεκροφάγος](#)
  - [Φυτοφάγος](#)
-

<b>Σαρκοφάγος (Carnivore)</b>		Θηρευτής που τρέφεται με άλλους οργανισμούς	www.marlin.ac.uk/
<b>Αιωρηματοφάγος (suspension feeder/ filter feeder)</b>		Οργανισμός που τρέφεται με μικρά μερίδια τροφής που φιλτράρει από το νερό	Eleftheriou, 1997
<b>Ιζηματοφάγος επιλεκτικότητα (non-selective deposit feeder)</b>	<b>χωρίς</b>	Οργανισμός που τρέφεται με κατάποση άμμου ή ιλύος χωρίς προτίμηση στον τύπο ή στο μέγεθος του μεριδίου οργανικής ύλης	www.wikipedia.org
<b>Ιζηματοφάγος επιλεκτικότητα (selective deposit feeder)</b>	<b>με</b>	Οργανισμός που τρέφεται με επιλεκτικότητα σχετικά με το μέγεθος ή τον τύπος ιζήματος που θα καταναλώσει	Briggs,1985
<b>Παμφάγος (Omnivore)</b>		Οργανισμός που τρέφεται με φυτικό και ζωικό υλικό	www.marlin.ac.uk/
<b>Σαπρονεκροφάγος (Scavenger)</b>		Οργανισμός που τρέφεται με νεκρή οργανική ύλη και απορρίμματα	Lincoln <i>et al.</i> , 1998
<b>Φυτοφάγος (Herbivore)</b>		Οργανισμός που καταναλώνει σχεδόν αποκλειστικά φυτική ύλη	Eleftheriou, 1997

Πληροφορία: επιλέγονται όλοι οι τροφικοί τύποι που έχουν αναφερθεί στο είδος, ανεξαρτήτως πρωτεύουσας ή δευτερεύουσας στρατηγικής τροφοληψίας που εμφανίζει, αν δηλαδή κυρίαρχα παρουσιάζει τον τροφικό τύπο 1, και συμπληρωματικά (ή υπό συγκεκριμένες συνθήκες) χρησιμοποιεί τον τύπο 2.

Λειτουργικότητα: οι στρατηγικές τροφοληψίας είναι συχνά συνδεδεμένες με τη διάρκεια ύπαρξης των οργανισμών (Ruppert & Barnes, 2003). Η διατροφή και τα χαρακτηριστικά που συνδέονται άμεσα με αυτή τη λειτουργία (π.χ. μέγεθος σώματος, ρυθμός ανάπτυξης κτλ.) επιλέγονται καθώς αυτά περιγράφουν την αντίδραση του οργανισμού στις περιβαλλοντικές συνθήκες και τη δυναμική των επιπτώσεων που έχουν οι αλλαγές στα οικοσυστήματα (Barnett, 2007). Η

κατανάλωση τροφής είναι μια από τις βασικότερες προϋποθέσεις για την ύπαρξη ζωής, καθορίζοντας τη μορφολογία και τη συμπεριφορά σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα, όπως αυτά των παράκτιων μεταβαλλόμενων οικοσυστημάτων (Dauer, 1984). Ένας οργανισμός που μεγιστοποιεί την τροφοληπτική του προσπάθεια ώστε να λαμβάνει τη μεγαλύτερη δυνατή ενέργεια από το περιβάλλον, θα μεταβάλλει το εύρος των τροφικών προτιμήσεών του, ως λειτουργία της διαφορετικής διατροφικής αξίας κάθε είδους πηγής τροφής, και της συγκέντρωσης των μεριδίων τροφής επίσης (Doyle, 1979).

Τέλος, το γεγονός ότι ο τύπος τροφής επηρεάζει καθοριστικά τη [γονιμότητα \(fecundity\)](#) στους θαλάσσιους οργανισμούς, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ακόμα και στην αναπαραγωγή, το ποσοστό επιτυχίας εξαρτάται όχι μόνο από την γονική φροντίδα, αλλά και από τον τύπο και το ποσοστό τροφής που παρέχεται στους γονείς (Chia, 1992).

## Βιβλιογραφία

---

<http://www.marlin.ac.uk/>

Barnett, AJ, Finlay, K and Beisner, BE, 2007. Functional diversity of crustacean zooplankton communities: towards a trait-based classification. *Freshw. Biol.* 52: 796–813

Briggs KB, 1985. Deposit feeding by some deep-sea megabenthos from the Venezuela Basin: selective or non-selective. *Mar. Ecol. prog. Ser.* 21: 127-134

Dauer, DM, 1984. "The Use of Polychaete Feeding Guilds as Biological Variables." *Mar. Poll. Bull.* 15: 301-305

Doyle, RW, 1979. Ingestion Rate of a Selective Deposit Feeder in a Complex Mixture of Particles: Testing the Energy-Optimization Hypothesis. *Limnol. Oceanogr.*, 24: 867-874

Eleftheriou M, 1997. AQUALEX. A glossary of Aquaculture terms. John Wiley & sons, PRAXIS Publishing

- Lincoln, R, Boxshall, G, Clark, P, 1998. A dictionary of ecology, evolution and systematics. Second edition. Cambridge University Press
- Pei-Yuan, Q and Chia, F-S, 1992. "Effects of diet type on the demographics of *Capitella* sp. (Annelida: Polychaeta): lecithotrophic development vs. planktotrophic development." *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 157: 159-179
- Ruppert, EE, Barnes, RD, Fox, RS, 2003. Chapter 13: Annelida. *In: Brooks Cole, Belmont C.A.* pp 1008
- 

Παράδειγμα επιλογής ενός συγκεκριμένου τροφικού τύπου π.χ. "Σαρκοφάγος"



[Σαρκοφάγος](#)

# Σαρκοφάγος

Ορολογία	
Συνώνυμα:	Θηρευτής, κυνηγός
Αντίθετα:	---
Σχετικοί όροι:	θήρευση

## Κατηγορία

Κύκλος ζωής

Ενήλικο στάδιο

Τροφικός τύπος ενήλικου

## Ορισμός

[Θηρευτής](#) που τρέφεται με άλλα ζώα [1]

Αυτός που τρώει σάρκα [2]

## Βιβλιογραφία

[1] <http://www.marlin.ac.uk/>

[2] R. Lincoln, G. Boxshall, P. Clark, 1998. A dictionary of ecology, evolution and systematics. Second edition. Cambridge University Press, 1987



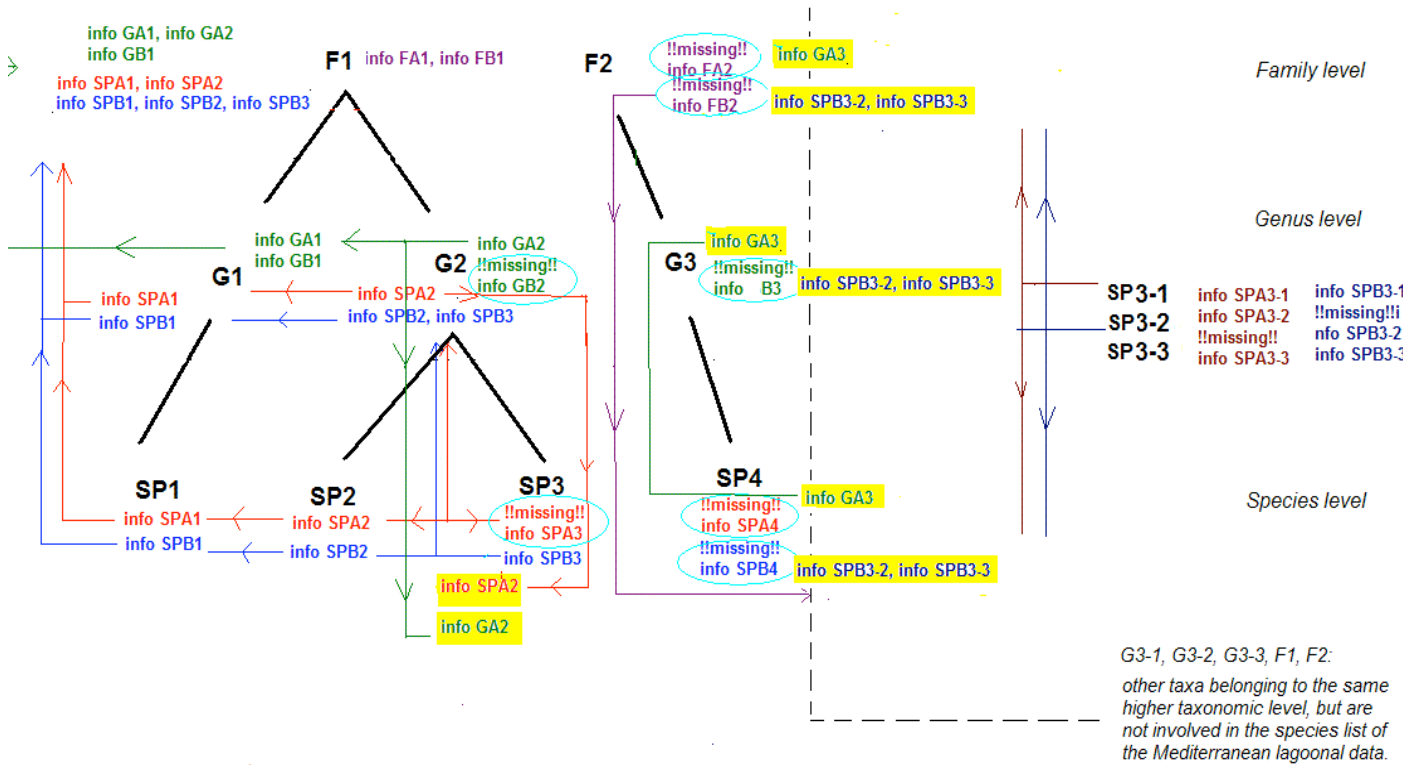
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V: Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν στο στάδιο συλλογής πρωτογενούς πληροφορίας από βιβλιογραφικές αναφορές.

1. Ασαφής πληροφορία σχετικά με μετρήσεις, συνήθως σε αριθμητικού τύπου πληροφορίας, κατά την οποία δεν αναφέρεται σε ποιο στάδιο του οργανισμού έγιναν οι μετρήσεις.
2. Πολλά από τα χαρακτηριστικά που αρχικά είχαν επιλεγθεί θεωρητικά, στην πράξη απορρίφθηκαν (π.χ. αναπαραγωγική προσπάθεια, γονιμότητα, θνησιμότητα είδους μετά από συγκεκριμένα γεγονότα όπως η ελευθέρωση γαμετών κ.ά.) ή συμπυκνώθηκαν (περιγραφή τύπου μικροκοινωνίας πολυχαίτου, ανοχή του οργανισμού σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες κ.ά.) λόγω ελλιπούς πληροφορίας.
3. Τα δεδομένα αλλάζουν σύμφωνα με την περιοχή και την ένταση της έρευνας. Σημαντικό ρόλο παίζουν εδώ και οι αβιοτικοί παράγοντες που καθορίζουν ποιο πρότυπο θα ακολουθήσει ο οργανισμός προκειμένου να επιβιώσει.
4. Ταξινομικά λάθη, ιδιαίτερα στις παλαιότερες βιβλιογραφικές αναφορές.
5. Πληθώρα πληροφορίας σχετικά με τους κύκλους ζωής των πολυχαίτων εντοπίζεται σε αρκετά παλαιά βιβλιογραφία, όπου λόγω ανεπάρκειας γνώσεων της εποχής που πραγματοποιούνταν η έρευνα, πολλοί χαρακτήρες είναι διατυπωμένοι λάθος ή με λάθος όρους. Δεν πρέπει να ξεχνάμε άλλωστε ότι ακόμα και οι ορισμοί και χαρακτηρισμοί πολλών χαρακτήρων έχουν αλλάξει ή εμπλουτιστεί (π.χ. ο τύπος σπέρματος όπου κατά τους Retzius (1904, 1905) και Franzén (1956) χαρακτηρίζεται ως “*primitive*”/ “*modified*” και αφορά τη μορφολογία του σπέρματος, ενώ μεταγενέστερα κατά τους Rouse & Jamieson (1987) υιοθετήθηκαν οι χαρακτηρισμοί “*ect-*”/ “*ent- aquasperm/ introsperm*” και αφορά τον τρόπο που γονιμοποιεί το σπέρμα το ωάριο. Δεν υπάρχει σαφής υιοθέτηση ενός από τα δύο πρότυπα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία σύγχυσης καθώς κάθε ερευνητής χρησιμοποιεί το πρότυπο της αρεσκείας του).
6. Εξαιτίας της ελλιπούς πληροφορίας σε όλα τα είδη που υπάρχουν στα μεσογειακά μεταβατικά οικοσυστήματα, πολλές φορές οι αναφορές ανταποκρίνονται σε άλλα οικοσυστήματα εκτός της Μεσογείου (Αμερική, Αυστραλία, Αρκτική), τα οποία

- δεν ανταποκρίνονται στο μεσογειακό πρότυπο και περιβαλλοντικές συνθήκες, ώστε να είναι αντιπροσωπευτικά για το είδος. Πολλές φορές μάλιστα η πληροφορία δεν ανταποκρίνεται ούτε στα παράκτια μεταβατικά οικοσυστήματα αλλά στη βαθειά θάλασσα, σε ιδιαίτερου τύπου περιοχές (θερμές πηγές, ηφαιστειογενείς περιοχές κ.ά.) και σε κοραλλιογενείς υφάλους.
7. Σε ότι αφορά τις διαφορετικές περιοχές της Μεσογείου από όπου προέρχεται η πληροφορία, λόγω των διαφορετικών συνθηκών, πολλές φορές εντοπίστηκαν διαφορετικά χαρακτηριστικά ανά περιοχή, αλλά και αντιφάσεις, μεγάλες αριθμητικές διαφορές στις τιμές αφού το είδος σε κάθε περιοχή ανταποκρίνεται διαφορετικά.
  8. Εξαιτίας της ελλιπούς πληροφορίας αναγκαστικά η πληροφορία αντλήθηκε από τις ανώτερες ταξινομικές ομάδες, όπως το Γένος και η Οικογένεια, με αποτέλεσμα αυτού του τύπου πληροφορία να χάνει την «εξειδίκευσή» της στο επίπεδο του είδους.
  9. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι τα στάδια ζωής ενός οργανισμού, παρόλη τη δυνατότητα που έχουν να μελετώνται χωριστά και να διαχωρίζονται, ουσιαστικά είναι αλληλένδετα και αλληλοεπηρεαζόμενα. Έτσι, ο διαχωρισμός και η επιλογή της καθεαυτής πληροφορίας που μας ενδιαφέρει σε συνδυασμό με τη «συμπύκνωσή» της σε μια λέξη, δεν είναι πάντα εύκολη και ξεκάθαρη.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI: Αρχή λειτουργίας της Βάσης Δεδομένων



Διάγραμμα \_ : απεικόνιση της προς τα πάνω (upwards) και προς τα κάτω (downwards) ροής πληροφορίας του χρησιμοποιούμενου αλγόριθμου από τα κατώτερα ταξινομικά επίπεδα στα ανώτερα και αντίστροφα. Με κίτρινο αποτυπώνονται οι τελικές τιμές των λειτουργικών χαρακτηριστικών.

### Επεξήγηση συμβολισμού στο διάγραμμα ροής

SP1, SP2, SP3, SP4: διαφορετικά είδη πολυχαίτων που ανήκουν στη λίστα των περιοχών μελέτης. Τα είδη SP2 και SP3 ανήκουν στο ίδιο Γένος G2

SP3-1, SP3-2, SP3-3: διαφορετικά είδη πολυχαίτων που δεν ανήκουν στη λίστα των περιοχών μελέτης, αλλά ανήκουν στις ίδιες ανώτερες ταξινομικές κατηγορίες με αυτά. Οι τιμές των λειτουργικών χαρακτηριστικών τους χρησιμοποιούνται όταν δεν υπάρχει πληροφορία στην ανώτερη ταξινομική ομάδα (π.χ. Γένος) από την κατώτερη (π.χ. είδος), για να συμπληρώσει την απαραίτητη πληροφορία όταν αυτή δεν μπορεί να προέλθει από αλλού,

G1, G2, G3: διαφορετικά γένη πολυχαίτων που ανήκουν στη λίστα των περιοχών μελέτης.

F1, F2, F3: διαφορετικές οικογένειες πολυχαίτων που ανήκουν στη λίστα των περιοχών μελέτης

A, B: λειτουργικά χαρακτηριστικά που περιγράφουν τους κύκλους ζωής των μακροβενθικών πολυχαίτων (traits)

Info: τιμή του λειτουργικού χαρακτηριστικού

!!missing info!!: δεν υπάρχει η αντίστοιχη τιμή του λειτουργικού χαρακτηριστικού

### Τέσσερις τύποι προέλευσης πληροφορίας:

1. Πληροφορία που προέρχεται από το είδος και ανήκει στη λίστα των λιμνοθαλάσσιων μεσογειακών πολυχαίτων
2. Πληροφορία που προέρχεται από το Γένος που ανήκει το συγκεκριμένο είδος
3. Πληροφορία που προέρχεται από την Οικογένεια που ανήκει το συγκεκριμένο είδος
4. Πληροφορία που προέρχεται από άλλο είδος που δεν ανήκει στη λίστα των λιμνοθαλάσσιων μεσογειακών πολυχαίτων, αλλά ανήκει στις ίδιες ανώτερες ταξινομικές κατηγορίες (γένος, οικογένεια) με τα είδη που ανήκουν στη λίστα των λιμνοθαλάσσιων μεσογειακών πολυχαίτων

### Διάγραμμα Ροής πληροφορίας:

Περίπτωση I: υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία στο επίπεδο του είδους.

Όταν η πληροφορία υπάρχει διαθέσιμη από το επίπεδο του είδους που ανήκει στη λίστα των λιμνοθαλάσσιων μεσογειακών πολυχαίτων (π.χ. για το είδος SP1, η πληροφορία για τα λειτουργικά χαρακτηριστικά A και B, info SPA1, info SPB1 αντίστοιχα), τότε αυτή «ενημερώνει» τα ανώτερα ταξινομικά επίπεδα του αντίστοιχου Γένους (G1) και οικογένειας (F1) που ανήκει το είδος SP1 (upwards). Όμοια θα ισχύουν και για το είδος SP2, το οποίο ανήκει στο Γένος (G2) και οικογένεια (F1), όπου η λειτουργική πληροφορία που παρέχει (info SPA2, info SPB2) θα ενημερώσει τα G2 και F1.

Περίπτωση II: δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία στο επίπεδο του είδους, αλλά υπάρχει σε συγγενικά είδη. Σε ό,τι αφορά το είδος SP3 που ανήκει στο Γένος G2 και οικογένεια F1 και δεν διαθέτει πληροφορία για το λειτουργικό χαρακτηριστικό A (info SPA3) αλλά διαθέτει για το B (!!missing info!! SPB3), η «ενημέρωση» των ανώτερων ταξινομικών κατηγοριών θα πραγματοποιηθεί κανονικά για το λειτουργικό χαρακτηριστικό B, ενώ η πληροφορία για το λειτουργικό χαρακτηριστικό A θα συμπληρωθεί από τις ανώτερες ταξινομικές κατηγορίες (downwards) οι οποίες έχουν ενημερωθεί από τα προηγούμενα είδη. Συνεπώς, η τιμή για το λειτουργικό χαρακτηριστικό A θα είναι η πληροφορία που υπάρχει για το είδος SP2 (info SPA2) που ανήκουν στο ίδιο γένος G2.

Περίπτωση III: δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία στο επίπεδο του είδους, ούτε σε συγγενικά είδη.

Η τελευταία περίπτωση αφορά το είδος SP4, το οποίο ανήκει στο Γένος G3 και οικογένεια F2, δεν διαθέτει κανένα άλλο είδος που να ανήκει στις ίδιες ανώτερες ταξινομικές κατηγορίες με αυτό και επιπλέον δεν διαθέτει καθόλου πληροφορία που να αναφέρεται στα λειτουργικά χαρακτηριστικά A και B, παρά μόνο αυτή που προέρχεται από το γένος στο οποίο ανήκουν G3 για το λειτουργικό χαρακτηριστικό A (info GA3). Σε αυτή τη περίπτωση, η πληροφορία για το λειτουργικό χαρακτηριστικό A θα έρθει από το Γένος (info GA3) και για το χαρακτηριστικό B θα έρθει από τα είδη μακροβενθικών πολυχαίτων SP3-1, SP3-2, SP3-3 που δεν ανήκουν στις υπό μελέτη μεσογειακές λιμνοθάλασσες, αλλά ανήκουν στις ίδιες ανώτερες ταξινομικές κατηγορίες (γένος, οικογένεια) με αυτά. Τα είδη αυτά διαθέτουν πληροφορία για τα λειτουργικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται, οπότε και μπορούν να «δανείσουν» τις ιδιότητές του σε συγγενή είδη.