



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
Π.Μ.Σ.: Περιβαλλοντική Βιολογία - Διαχείριση
Χερσαίων και Θαλάσσιων Βιολογικών πόρων



ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. ΚΡΗΤΗΣ

**«Επιπτώσεις της χρήσης αλιευτικής τράτας στην
πληθυσμιακή δομή και τους λειτουργικούς τύπους των
νηματωδών στο Θερμαϊκό κόλπο.»**

Μεταπτυχιακή Εργασία

Καλογεροπούλου Βασιλική

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2007

Επιβλέποντες καθηγητές:

Παυλίδης Μιχάλης, Επίκουρος καθηγητής του Τμήματος Βιολογίας του
Πανεπιστημίου Κρήτης

Τσελεπίδης Αναστάσιος, Καθηγητής του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών του
Πανεπιστημίου Πειραιά

Επιβλέπον ερευνητής:

Λαμπαδαρίου Νικόλαος, Ερευνητής Γ' του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας του
Ελληνικού κέντρου θαλασσιών ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.) Κρήτης

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Βενθικής Οικολογίας του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε) Κρήτης στα πλαίσια του Π.Μ.Σ. “Περιβαλλοντική Βιολογία - Διαχείριση Χερσαίων και Θαλάσσιων Βιολογικών πόρων” του τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης. Τα δείγματα που μελετήθηκαν ανήκουν στο ερευνητικό πρόγραμμα INTERPOL (**I**mpact of **N**atural and **T**rawling **E**vents on **R**esuspension, dispersion and fate of **P**ollutants), του οποίου οι δειγματοληψίες διήρκησαν από το Σεπτέμβριο του 2001 έως και τον Ιανουάριο του 2002. Βασικός στόχος του προγράμματος ήταν η μελέτη των οδών μεταφοράς, της ανακύκλωσης των επαναιωρούμενων συστατικών, των ρυπογόνων ουσιών και των αποδεσμευμένων θρεπτικών ουσιών στην διεπιφάνεια νερού - ιζήματος καθώς και της επίδρασης αυτών στο βενθοπελαγικό οικοσύστημα.

Πρωτίστως θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υπεύθυνους καθηγητές μου κ. Μ. Παυλίδη και κ. Αν. Τσελεπίδη για τη δυνατότητα που μου έδωσαν να ασχοληθώ με μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα μελέτη ενώ ταυτόχρονα εμβάθυνα τις γνώσεις μου στην οικολογία και συστηματική της μειοπανίδας και πιο συγκεκριμένα των νηματωδών, καθώς και για τις σημαντικές παρατηρήσεις και συμβουλές τους στη συγγραφή της εργασίας.

Θέλω να ευχαριστήσω ολόψυχα τον επιβλέποντά μου, Νίκο Λαμπαδαρίου, για την συνεχή επιστημονική καθοδήγηση και τις καίριες διορθώσεις του. Επιπλέον για την άριστη συνεργασία μας μέχρι και σήμερα και κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την πνευματική και υλική υποστήριξη προκειμένου όχι μόνο να ολοκληρώσω το μεταπτυχιακό μου αλλά και να συνεχίσω την ακαδημαϊκή μου πορεία ως υποψήφια διδάκτορας.

Οφείλω να ευχαριστήσω την Κατερίνα Σεβαστού για τη συνεχή της καθοδήγηση όλα αυτά τα χρόνια τόσο σε επιστημονικό όσο και σε προσωπικό επίπεδο την οποία πάντα θα θεωρώ σημαντική δασκάλα και υπεύθυνη για την πορεία μου μέχρι σήμερα.

Δε θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω την Ναυσικά, την Κατερίνα και τον Αποστόλη για τη φιλία τους και την ηθική συμπαράσταση στις χαρές, τις αναποδιές, τα γλέντια, τις λύπες.

Ασφαλώς το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στις μοναδικές μου, μητέρα και αδερφή, που απλά είναι πάντα εκεί για μένα όσο μακριά ή κοντά και αν βρίσκομαι και στις οποίες οφείλω τη δύναμη για οτιδήποτε φέρνω εις πέρας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, κ.κ. Ι. Καρακάση, Μ. Παυλίδη και Αν. Τσελεπίδη για την παρακολούθηση της παρουσίας και την αξιολόγηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	I
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ ΘΑΛΑΣΣΑ	1
1.2 ΑΙΓΑΙΟ ΠΕΛΑΓΟΣ.....	3
1.3 ΘΕΡΜΑΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	3
1.4 ΑΛΙΕΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΒΕΝΘΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΤΡΑΤΑΣ	5
1.5 ΜΕΙΟΠΑΝΙΔΑ ΑΜΜΩΔΩΝ ΠΑΡΑΛΙΩΝ	7
1.5.1 Γενικά.....	7
1.5.2 Νηματοδείς	9
1.6 ΣΤΟΧΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	11
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	14
2.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	14
2.2 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ.....	14
2.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΕΔΙΟΥ	15
2.3.1 Δειγματολήπτης.....	15
2.3.2 Διαδικασία δειγματοληψίας	16
2.3.3 Μέτρηση Φυσικοχημικών Παραμέτρων.....	17
2.4 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ	18
2.4.1 Ανάλυση Κοκκομετρικής Σύστασης.....	18
2.4.2 Ανάλυση Χλωροπλαστικών Χρωστικών.....	20
2.4.3 Οργανικός Άνθρακας.....	20
2.4.4 Διαχωρισμός Ιζήματος-Πανίδας.....	21
2.4.5 Διαλογή Μειοβενθικών Οργανισμών.....	22
2.4.6 Διαλογή Νηματοδών & δημιουργία μόνιμων παρασκευασμάτων.....	23
2.4.7 Προσδιορισμοί.....	24
2.4.8 Λειτουργικοί τύποι.....	24
2.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	25
2.5.1 Περιγραφική Στατιστική	25
2.5.2 Έλεγχοι Υποθέσεων.....	26
2.5.2.1 Μέθοδος Ανάλυσης Διακύμανσης (ANOVA)	26
2.5.2.2 Δοκιμασία των Kruskal-Wallis	26
2.5.2.3 Μέθοδος για τον Συντελεστή Συσχέτισης του Spearman	27
2.5.3 Πολυπαραγοντική Ανάλυση	27
2.5.3.1 Ανάλυση ομοιότητας (Analysis of similarity, ANOSIM)	29
2.5.3.2 Ανάλυση ομαδοποίησης (Cluster analysis).....	29
2.5.3.3 Πολυδιάστατη διαβάθμιση (Multi-dimensional Scaling, MDS).....	30
2.5.3.4 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA).....	31
2.5.3.5 Σύνδεση Βιοτικών και Αβιοτικών Παραμέτρων με τη μέθοδο BIO-ENV.....	32
2.5.3.6 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών ειδών.....	33
2.5.4 Ανάλυση Ποικιλότητας.....	33
2.5.4.1 Shannon-Wiener (H').....	34
2.5.4.2 Margalef (d).....	35
2.5.4.3 Pielou (J').....	35
2.5.4.4 Caswell (V).....	36
2.5.4.5 Hill.....	36
2.5.4.6 k-dominance curves.....	37
2.6 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.....	38

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	39
3.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	39
3.1.1 <i>Θερμοκρασία</i>	39
3.1.2 <i>Δυναμικό Οξειδοαναγωγής</i>	39
3.1.3 <i>Χλωροπλαστικές Χρωστικές</i>	40
3.1.4 <i>Οργανικός Άνθρακας</i>	40
3.1.5 <i>Κοκκομετρική σύσταση ιζήματος</i>	41
3.1.6 <i>Ανάλυση Κύριων συνιστωσών (PCA)</i>	42
3.2 ΜΕΙΟΠΑΝΙΔΑ	44
3.2.1 <i>Γενική περιγραφή</i>	44
3.2.2 <i>Πολυπαραγοντικές αναλύσεις</i>	45
3.2.2.1 <i>Ανάλυση πολυδιάστατης διαβάθμισης και ομοιότητας</i>	45
3.2.2.2 <i>Συσχέτιση βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων</i>	46
3.3 ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ.....	47
3.3.1 <i>Γενική περιγραφή</i>	47
3.3.2 <i>Συστηματική κατάταξη γενών</i>	48
3.3.2.1 <i>Περιγραφή βιοκοινωνίας</i>	48
3.3.2.2 <i>Πολυπαραγοντικές αναλύσεις</i>	49
3.3.2.2.1 <i>Ανάλυση ομαδοποίησης, πολυδιάστατης κλιμάκωσης και ομοιότητας</i>	49
3.3.2.2.2 <i>Συσχέτιση βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων</i>	50
3.3.3 <i>Πληθυσμιακή δομή</i>	52
3.3.4 <i>Λειτουργικοί τύποι</i>	57
3.3.5 <i>Πρότυπα ποικιλότητας των Νηματωδών</i>	59
3.3.5.1 <i>Δείκτες ποικιλότητας</i>	59
3.3.5.2 <i>Similarity Percentage (SIMPER)</i>	61
3.3.5.3 <i>Καμπύλες k-dominance</i>	63
3.3.5.4 <i>Μοντέλο Ewens/Caswell (V)</i>	65
4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ	68
4.1 <i>Ο ΘΕΡΜΑΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ</i>	68
4.2 <i>ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΙΟΠΑΝΙΔΑΣ</i>	69
4.3 <i>ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ</i>	71
4.4 <i>ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ</i>	73
4.5 <i>ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ</i>	76
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	78
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	80
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	83
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	I

1. Εισαγωγή

1.1 Μεσόγειος Θάλασσα

Η Μεσόγειος είναι μια κλειστή θάλασσα που βρίσκεται ανάμεσα σε ωκεανούς και ηπείρους, στην οποία ο χρόνος ανανέωσης των υδάτων κυμαίνεται στα 100 χρόνια (Lacombe & Tchernia, 1972). Σύμφωνα με τον Margalef (1958) είναι δυνατόν να θεωρηθεί μια μικρογραφία ωκεανού. Καταλαμβάνει έκταση 2.542.000 km², το μέσο βάθος της είναι 1.650 m και το μέγιστο βάθος της που βρέθηκε ότι είναι 5.093 m εντοπίζεται στο ανατολικό της τμήμα, νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου. Το μήκος των ακτών της είναι 46.000 km. Επικοινωνεί με τον Ατλαντικό μέσω του Γιβραλτάρ, με την Ερυθρά θάλασσα μέσω της διώρυγας του Σουέζ και με τη Μαύρη θάλασσα μέσω των Δαρδανελίων.

Αποτελεί ένα υπόλοιπο της Τηθύος Θάλασσας η οποία υπήρξε από την περίοδο του Κάμβριου του Παλαιοζωικού έως το Μειόκαινο του Τριτογενούς. Η κρίση αλατότητας κατά τη Μεσσήνιο γεωλογική περίοδο οδήγησε στην ολοκληρωτική αποξήρανσή της, γεγονός που προκάλεσε μαζική εξάλειψη της χλωρίδας και πανίδας εκείνου του προηγούμενου θαλάσσιου οικοσυστήματος. Κατόπιν, περίπου 5 εκ. χρόνια πριν, επαναποικίστηκε από οργανισμούς ατλαντικής προέλευσης κυρίως με την επανασύνδεση της με τον Ατλαντικό Ωκεανό. Επιπρόσθετα, η διάνοιξη της διώρυγας του Σουέζ το 1869 προκάλεσε την είσοδο νέων ειδών από τον Ινδικό Ωκεανό, τους λεγόμενους Λεσσεψιανούς μετανάστες, γεγονός που επηρέασε ιδιαίτερα την πανιδική σύνθεση του ευρύτερου θαλάσσιου οικοσυστήματος της Μεσογείου.

Η Μεσόγειος θεωρείται μία από τις πλουσιότερες θάλασσες στο κόσμο με βιοποικιλότητα της τάξεως του 4-18% της παγκόσμιας θαλάσσιας ποικιλομορφίας σε μια περιοχή που καλύπτει μόνο το 0,82% του συνόλου των ωκεανών (Bianchi, 1996, Bianchi & Morigi, 2000). Σύμφωνα με τον Kiorthis (1985) οι συνθήκες που επικρατούν και χαρακτηρίζουν την Μεσόγειο είναι:

- Αρνητικό ισοζύγιο νερού εξαιτίας υψηλών ρυθμών εξάτμισης
- Στρωμάτωση των νερών και εμφάνιση θερμοκλινούς
- Έλλειψη παλίρροιας
- Υψηλή αλατότητα

- Διαβάθμιση των κλιματικών συνθηκών με το γεωγραφικό πλάτος
- Διαβάθμιση στην ποσότητα θρεπτικών από Δύση προς Ανατολή τόσο σε επίπεδο συγκέντρωσης θρεπτικών (Krom *et al.*, 1991), όσο και πρωτογενούς παραγωγής (Turley *et al.*, 2000) και βιομάζας αυτότροφων οργανισμών (Dolan *et al.*, 1999; Christaki *et al.*, 2001)
- Μείωση βιοποικιλότητας με το γεωγραφικό πλάτος και ταυτόχρονη εμφάνιση τοπικών ιδιαιτεροτήτων

Η Ανατολική Μεσόγειος αν και αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα της Μεσογείου είναι πολύ λιγότερο μελετημένη. Χαρακτηρίζεται από χαμηλή εισροή θρεπτικών και ταυτόχρονα είναι χαμηλός και ο ρυθμός με τον οποίο αναμιγνύεται η στήλη του νερού (Azon, 1991). Επιπλέον, χαρακτηριστικά γνωρίσματα της Ανατολικής Μεσογείου είναι οι χαμηλές θρεπτικές συγκεντρώσεις της (Krom *et al.*, 2005), η χαμηλή πρωτογενής παραγωγικότητα (Psarra *et al.*, 2005) και η ‘φτώχη’ της πανίδα συγκριτικά με τη Δυτική Μεσόγειο (Koukouras *et al.*, 2001; Pitta *et al.*, 2001) και άλλες θαλάσσιες περιοχές, αποτελώντας εμπόδιο εύρεσης γενικών βιολογικών και οικολογικών κανόνων για τους ερευνητές (Petersen, 1985). Παρόλα αυτά, σύμφωνα με πιο πρόσφατα δεδομένα για την Κρήτη, η οποία θεωρείται αντιπροσωπευτική περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, η μακροπανίδα δεν είναι καθόλου ‘φτωχή’ συγκριτικά με αντίστοιχα αποτελέσματα άλλων θαλάσσιων περιοχών τόσο της Μεσογείου όσο και του Ατλαντικού (Karakasis & Eleftheriou, 1997).

Είναι μια ημίκλειστη λεκάνη η οποία αποτελεί μικρογραφία των ωκεάνιων οικοσυστημάτων αντιπροσωπεύει ένα μοναδικό σύστημα-μοντέλο στο οποίο μπορεί να μελετηθεί το κατά πόσο οι τροφικές συνθήκες που επικρατούν επηρεάζουν άμεσα τη δομή του τροφικού πλέγματος. Απειλείται διαρκώς από χρόνιες και εντατικές ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπου τα καταστροφικά οικολογικά αποτελέσματα και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος είναι εμφανή (Turley, 1999). Εκτεταμένες θαλάσσιες λεκάνες της Ανατολικής Μεσογείου, όπως η Αδριατική ή ο Θερμαϊκός στο Βόρειο Αιγαίο, είναι εκτεθειμένες σε χρόνια και έντονη εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πόρων από ανθρωπογενείς δραστηριότητες προκαλώντας αυξημένο ευτροφισμό και ποιοτική υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Poulos *et al.*, 2000).

1.2 Αιγαίο Πέλαγος

Το Αιγαίο πέλαγος χωρίζεται τοπογραφικά από τον 38° παράλληλο στο Βόρειο και το Νότιο τμήμα, τα οποία παρουσιάζουν διαφορές στις τοπογραφικές αλλά και υδρολογικές συνθήκες που επικρατούν στο κάθε ένα από αυτά (Μοραΐτου-Αποστολοπούλου, 1985). Έχει όλα τα χαρακτηριστικά του ακραίου ολιγοτροφικού συστήματος της Ανατολικής Μεσογείου, ενώ παράλληλα παρουσιάζει επιπλέον ερευνητικό ενδιαφέρον εφόσον συνδυάζει ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες επηρεαζόμενο και από άλλα συστήματα. Στο Βόρειο τμήμα παρατηρείται έντονη υφαλοκρηπίδα και στα σημεία όπου εκβάλλουν σημαντικοί ποταμοί (Νέστος, Αξίος, Έβρος, Στρυμόνας) χαμηλή αλατότητα. Χαμηλές εμφανίζονται οι τιμές της αλατότητας και στο Βορειοανατολικό Αιγαίο εξαιτίας του νερού που εισέρχεται από το στενό των Δαρδανελίων. Γενικά θεωρείται πολύ πιο παραγωγικό από το Νότιο καθώς δέχεται μεγαλύτερη εισροή θρεπτικών από τους μεγάλους ποταμούς που εκβάλλουν σε αυτό.

Το Νότιο Αιγαίο, αντιθέτως, παρουσιάζει υψηλές τιμές αλατότητας και περιορισμένη υφαλοκρηπίδα. Επίσης, η μέση ετήσια ολική ροή μάζας στο Βόρειο Αιγαίο κοντά στον πυθμένα έχει βρεθεί πολύ υψηλότερη από την αντίστοιχη του Νοτίου Αιγαίου (Stavrakakis *et al.*, 2000) αποδεικνύοντας πως το Βόρειο Αιγαίο είναι πιο πλούσια περιοχή από άποψη παραγωγικότητας του συστήματος. Επηρεαζόμενο από τα νερά της Λεβαντίνης θάλασσας, έχει χαρακτηριστεί από τις πιο ολιγοτροφικές περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου σε επίπεδο παραγωγικότητας και light attenuation (Ignatiades, 1998). Επιπλέον, το Αιγαίο πέλαγος, παρόλο που δεν έχει μελετηθεί επαρκώς και απέχει αρκετά από το Γιβραλτάρ σε αντίθεση με άλλες θάλασσες (Αδριατική, Κεντρική Μεσόγειος) είναι δεύτερο σε αφθονία και ποικιλομορφία ειδών μετά τη Δυτική λεκάνη της Μεσογείου (Αρβανιτίδης, 1994, 2000).

1.3 Θερμαϊκός κόλπος

Ο Θερμαϊκός κόλπος αποτελεί μια από τις πιο παραγωγικές θαλάσσιες λεκάνες της Ανατολικής Μεσογείου. Βρίσκεται στο Βορειοδυτικό Αιγαίο και χαρακτηρίζεται ως επιμήκης λεκάνη με εκτεταμένη υφαλοκρηπίδα (180km μήκος και 55km πλάτος), ομαλό ανάγλυφο βυθού και σχετικά μικρά βάθη, έως 200m, έχοντας

σχηματιστεί από ιζηματοποθέσεις των δελταϊκών σχηματισμών των ποταμών που εκβάλουν στην περιοχή κατά τη διάρκεια του Ολόκαινου (Lykousis & Chronis, 1989; Poulos et al., 2000; Karageorgis & Anagnostou, 2001). Παρά την ημίκλειστη μορφολογία του κόλπου παρατηρείται έντονη κυματική και ρευματική δραστηριότητα (Kontoyiannis et al., 2003) καθώς και καταγίδες ιδιαίτερα κατά την περίοδο του χειμώνα (Tragou et al., 2005). Το βόρειο και βορειοδυτικό παράκτιο τμήμα του κόλπου χαρακτηρίζεται από ιλύώδη ιζήματα με πολύ χαμηλό ποσοστό άμμου (~10%) (Karageorgis & Anagnostou, 2001).

Τα προϊστορικά υπολείμματα των ποταμών που σχημάτισαν τα ιζήματα του κόλπου αποτελούν σήμερα τους ποταμούς Αξιός, Αλιάκμονας, Λουδίας και Γαλλικός, οι οποίοι εκβάλλουν σήμερα στο βορειοδυτικό άκρο του κόλπου όπου και βρίσκεται η είσοδος του εσωτερικού κόλπου της Θεσσαλονίκης και οδηγεί στο λιμάνι της πόλης της Θεσσαλονίκης. Οι ποταμοί που προαναφέρθηκαν μαζί με τον Πηνειό, ο οποίος εκβάλλει νοτιοδυτικά του κόλπου, καταλαμβάνουν μια περιοχή έκτασης 44.500–50.000 km² (Karageorgis et al., 1998; Poulos et al., 2000; Karageorgis & Anagnostou, 2001), μεταφέροντας σημαντικές ποσότητες φερτών υλών και οργανικού υλικού στην υφαλοκρηπίδα του κόλπου της τάξης των 0,628*10⁶ t yr⁻¹ (Karageorgis & Anagnostou, 2001). Καθώς οι ποταμοί διασχίζουν τις σημαντικές γεωργικές και κτηνοτροφικές περιοχές των Νότιων Βαλκανίων μεταφέρουν σημαντικά οργανικά φορτία τα οποία εν τέλει καταλήγουν στο παράκτιο οικοσύστημα κυρίως μέσω των επεισοδιακών εποχιακών πλημμυρών (Karageorgis et al., 2005). Επιπρόσθετη πηγή οργανικού φορτίου, ρυπογόνων στοιχείων και ανόργανου και οργανικού υλικού αποτελεί η Θεσσαλονίκη εξαιτίας των αστικών λυμάτων (Karageorgis et al., 2005). Εξαιτίας της έντονης εισροής ανόργανου και οργανικού υλικού, ο Θερμαϊκός κόλπος παρουσιάζει υψηλή παραγωγικότητα και πλαγκτονική βιομάζα συγκριτικά με το ολιγοτροφικό Αιγαίο πέλαγος, αποτελώντας ιδανικό οικοσύστημα για μελέτες αλληλεπίδρασης χέρσου και θάλασσας (Karageorgis & Anagnostou, 2001; Kontoyiannis et al., 2003).

Στα παραπάνω φυσικοχημικά χαρακτηριστικά οφείλεται το γεγονός πως ο Θερμαϊκός κόλπος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αλιευτικά πεδία όπου γίνεται χρόνια και εντατική χρήση της μηχανότρατας στην Ελλάδα (Stergiou et al., 1997). Εξαιτίας της οικολογικής και κοινωνικοοικονομικής ιδιαιτερότητας της περιοχής έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες από το 1970 και μετά (Wilding et al., 1980; Balopoulos & James, 1984; Balopoulos, 1985a, b, 1986; Balopoulos et al., 1986;

Durrieu de Madron et al., 1992). Επιπλέον, οι γνώσεις μας σχετικά με τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο Θερμαϊκό κόλπο σχετικά με την κυκλοφορία και υδρογραφία αλλά και την οικολογία του οικοσυστήματος έχουν βελτιωθεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες μέσω διεθνών και ευρωπαϊκών προγραμμάτων (Karageorgis et al., 2000; Karageorgis & Anagnostou, 2001; Hyder et al., 2002a, b; Karageorgis & Anagnostou, 2003; Kontoyiannis et al., 2003).

1.4 Αλιεία με χρήση βενθικής μηχανότρατας

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, ανάμεσα στις ποικίλες επιβλαβείς ανθρωπογενείς δραστηριότητες που επηρεάζουν τα παράκτια και ωκεάνια οικοσυστήματα, η αλιεία με χρήση της βενθικής μηχανότρατας έχει αναγνωριστεί ως μια από τις πλέον σημαντικότερες (Schiermeier, 2002; Jennings & Kaiser, 1998). Αρκετές έρευνες έχουν γίνει προκειμένου να προσδιοριστούν οι συνέπειες των δραστηριοτήτων της μηχανότρατας στις αφθονίες, τη βιομάζα, τη βιοποικιλότητα και την πληθυσμιακή δομή τόσο των μακροπανιδικών όσο και των μειοπανιδικών συναθροίσεων. Η εντατική χρήση της τράτας βυθού από τους αλιείς προκαλεί χρόνια και εκτεταμένη διατάραξη στα βενθικά οικοσυστήματα κυρίως στην υφαλοκρηπίδα περιοχών μαλακού υποστρώματος (Gislason 1994; Jennings & Kaiser 1998; Lindeboom & de Groot 1998; Hall 1999; Kaiser & de Groot 2000). Η χρήση της μηχανότρατας μπορεί να έχει τόσο άμεσες όσο και έμμεσες επιπτώσεις στα ενδιαίτηματα των αλιευτικών περιοχών της υφαλοκρηπίδας οι οποίες δρουν συναθροιστικά στο θαλάσσιο οικοσύστημα (Symes, 1998).

Περιοχές που υφίστανται εντατική αλιευτική δραστηριότητα παρουσιάζουν, ύστερα από μελέτες που έχουν γίνει, εκτός από αλλοίωση της δομής και της γεωχημικής σύστασης του βενθικού υποστρώματος, μείωση στις αφθονίες, στη βιομάζα, την ποικιλότητα και παραγωγικότητα των οργανισμών της μακροπανίδας (de Groot & Lindeboom, 1994; Dayton et al., 1995; Lindeboom & de Groot, 1998; Gislason et al., 2000; Schratzberger & Jennings, 2002; Schratzberger et al., 2002; Hall, 1999; Kaiser & de Groot, 2000) καθώς και την αφθονία των θηρευτών και ανταγωνιστών μεταξύ των ειδών του ενδιαιτήματος (Jennings & Kaiser 1998). Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών δεν είναι συγκρίσιμα εξαιτίας της διαφορετικότητας στη χρονική κλίμακα παρατήρησης, στη διάρκεια της δραστηριότητας και στη συχνότητα.

Η δραστηριότητα της μηχανότρατας επηρεάζει δραματικά τις μεγαπανιδικές και μακροπανιδικές συναθροίσεις (Collie et al., 1997, 2000) προκαλώντας μαζική θανάτωση των οργανισμών (Thrush and Dayton, 2002) αμέσως μετά την έναρξή της, όπως έχει αποδειχθεί συγκεκριμένα για τα μακροβενθικά πολύχαιτα στο επίπεδο του είδους (Jennings et al., 2001a, b). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μεγαλύτεροι σε μέγεθος οργανισμοί, που διαμορφώνουν τα ενδιαιτήματα αυτά, είναι πολύ πιο ευάλωτοι στις άμεσες κυρίως επιδράσεις της σύρσης της βενθικής τράτας. Η μείωση αυτή υποδηλώνει και ταυτόχρονη μείωση στην κατανάλωση οργανικού υλικού από τους μακροπανιδικούς οργανισμούς και επομένως η άφθονη πλέον διαθέσιμη οργανική ύλη που κατακρημνίζεται στο βυθό καταναλώνεται από οργανισμούς που είναι ανθεκτικότεροι στην προαναφερθείσα διατάραξη (Pusceddu et al., 2005; Schratzberger et al., 2002). Επομένως οι περιοχές αυτές τείνουν να χαρακτηρίζονται από υψηλές αφθονίες ενδοπανιδικών οργανισμών με μικρότερο μέγεθος, μικρότερους κύκλους ζωής και υψηλούς ρυθμούς πληθυσμιακής αύξησης (Collie et al. 1997; Kaiser et al. 2000; Jennings et al. 2001). Οι μειοπανιδικοί οργανισμοί, λοιπόν, είναι δυνατόν να αντισταθούν αυτής της διατάραξης εφόσον είναι πιο πιθανή η επαναιώρησή τους και μετακίνησή τους παρά θανάτωση από τη σύρση της τράτας και επιπλέον ο σύντομος κύκλος ζωής τους επιτρέπει δυνατότητα γρήγορης αποκατάστασης σε συνθήκες υψηλής θνησιμότητας.

Οι μέχρι τώρα μελέτες που έχουν γίνει αναφορικά στην απόκριση των μειοβενθικών οργανισμών στη σύρση της μηχανότρατας έχουν δείξει σημαντικές επιπτώσεις στις μειοπανιδικές συναθροίσεις μόνο στο επίπεδο του είδους, ενώ παράλληλα οι αφθονίες και η βιομάζα παραμένουν ανεπηρέαστα (Schratzberger and Jennings, 2002; Lampadariou et al., 2005). Σύμφωνα με ορισμένες μελέτες οι επιπτώσεις της σύρσης της τράτας στη μειοπανίδα είναι δυνατόν να διαφέρει ανάλογα με το βάθος και την κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος (Schratzberger et al., 2002; Thrush and Dayton, 2002). Επιπλέον, οι Sparks- McConkey και Watling (2001) έχουν αναφέρει σημαντική μείωση στις αφθονίες των ενδοπανιδικών ειδών και στην ποικιλότητα αμέσως μετά την διατάραξη από την σύρση της τράτας σε βυθούς με λεπτόκοκκο ίζημα.

1.5 Μειοπανίδα

1.5.1 Γενικά

Η μειοπανίδα αποτελείται από μικροσκοπικούς ασπόνδυλους βενθικούς οργανισμούς οι οποίοι συναντώνται στα διάφορα βενθικά υποστρώματα τόσο των θαλάσσιων όσο και των γλυκών υδάτων. Η κατανομή τους εκτείνεται από τις κοίτες των ποταμών μέχρι και τα ιλυώδη υποστρώματα των βαθιών θαλασσών. Το μέγεθός τους είναι μικρότερο του μισού χιλιοστού και σε πολλές μειοβενθολογικές μελέτες το μέγεθός τους ορίζεται από 32 έως 500 μm. Μέρος των οργανισμών της μειοπανίδας κινούνται ελεύθερα ανάμεσα στα μερίδια των ιζημάτων, ενώ άλλοι προσκολλούνται σε αυτά. Αν και τα οργανικά θρύμματα αποτελούν την πιο σημαντική πηγή τροφής, πολλοί από τους μειοπανιδικούς οργανισμούς είναι θηρευτές και κοπρονεκροφάγοι. Υπάρχουν επίσης και βοσκητές που τρέφονται με διάτομα και άλλα μικροσκοπικά φυτά τα οποία ζουν στα ανώτερα επίπεδα του ιζήματος. Η μειοπανίδα με τη σειρά της, αποτελεί μέρος της διατροφής πολλών μακροπανιδικών και μεγαπανιδικών οργανισμών (Giere, 1993).

Η μειοπανίδα σύμφωνα με τον McLachlan (1977) αποτελεί ξεχωριστή συνιστώσα της βενθικής πανίδας από τη μακροπανίδα και παρόλο που δεν αποτελεί το κύριο μέρος της διατροφής της μακροπανίδας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη ροή ενέργειας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Είναι γενικά αναγνωρισμένο ότι η ομάδα του μειοβένθους, παρά τη συγκριτικά μικρή βιομάζα, αλληλεπιδρά με τις υπόλοιπες, μεγαλύτερες και μικρότερες, ομάδες του ζωοβένθους στο «βενθικό τροφικό πλέγμα» και παράλληλα με πρόσφατες μελέτες έχει βρεθεί πως οι οργανισμοί της ομάδας αυτής παίζουν σημαντικό ρόλο και στο μικροβιακό πλέγμα (Giere, 1993).

Η ύπαρξη αυτής της μοναδικής ομάδας οργανισμών ήταν γνωστή στους βιολόγους από το 19^ο αιώνα οπότε και μελετούνται αυτές οι μοναδικές βιοκοινωνίες, ενώ κατά τον 20^ο αιώνα υπάρχει οργανωμένη έρευνα στο χώρο και γίνεται και η εισαγωγή του όρου μειοβένθος. Οι πρώτες έρευνες ήταν καθαρά ταξινομικές, με σκοπό την περιγραφή των μορφολογικών χαρακτηριστικών συγκεκριμένων ομάδων που ανήκουν στο μειοβένθος, όπως για παράδειγμα τα οπισθοβράγχια Microhedyllidae της Ανατολικής Μεσογείου από τον Kowalewsky (1901) ή οι νηματώδεις των ακτών της Βόρειας Αμερικής (Cobb, 1914). Με την ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών μεθόδων δειγματοληψίας ξεκίνησε μια πιο οργανωμένη και

συστηματική έρευνα. Πολύ σημαντικές είναι οι έρευνες του Remane ο οποίος απέδειξε πως η κοινότητα αυτών των οργανισμών δεν διέφερε μόνο σε ότι αφορούσε την αφθονία και τη σύνθεσή της αλλά και σε πολλά μορφολογικά και λειτουργικά της χαρακτηριστικά και έδωσε εκτεταμένες περιγραφές για την κατανομή πολλών ταξινομικών ομάδων της μειοπανίδας. Πιο πρόσφατες έρευνες έγιναν πάνω στην οικολογία της μειοπανίδας με αποτέλεσμα την κατανόηση των ιδιαίτερων συνθηκών κάτω από τις οποίες ζουν και εξελίσσονται οι οργανισμοί αυτοί. Ο Swedmark (1930-1964) ασχολήθηκε με την οικολογία και τη συστηματική της πανίδας που ζούσε ανάμεσα στα μερίδια του ιζήματος και την ίδια περίοδο ο Nichols (1935) ήταν ο πρώτος που εισήγαγε τον όρο μεσοδιαστηματικοί οργανισμοί. Ο McIntyre (1969) και ο Fenchel (1978) ήταν οι πρώτοι που μελέτησαν την οικολογία της μειοπανίδας.

Οι μειοβενθικοί οργανισμοί στη Μεσόγειο είναι γνωστοί από τους Filipjen (1918/1921) και Monard (1928) οι οποίοι περιέγραψαν για πρώτη φορά μειοβενθικές συναθροίσεις, ενώ πολύ σημαντικές είναι και οι μελέτες της Delamare-Deboutteville (1960). Οι περισσότερες οικολογικές μειοβενθικές μελέτες που έγιναν στη Μεσόγειο, αφορούν κυρίως περιοχές της Βορειοδυτικής Μεσογείου ενώ ο αριθμός των εργασιών που αφορούν στην Ανατολική Μεσόγειο είναι μικρότερος. Ορισμένες από τις βασικότερες εργασίες πάνω στη μελέτη του Μειοβένθους της Μεσογείου είναι: McIntyre, 1969, Hulings, 1971 & 1974, Gowing & Hulings, 1976, Hulings & Gray, 1971, McLachlan, 1977, Munro *et al.*, 1978, Vernberg & Coull, 1981, Danovaro *et al.*, 1995, Lampadariou, 2001, Sevastou, 2005.

Στη μειοπανίδα συναντώνται αντιπρόσωποι 39 φύλων και με τις συνεχείς δειγματοληψίες έρχονται στο φως εκατοντάδες νέα είδη. Παρατηρείται εξαιρετική βιοποικιλότητα σε όλες τις ταξινομικές ομάδες. Τα περισσότερα είδη είναι προσαρμοσμένα με ένα μοναδικό τρόπο στο ενδιαίτημα και μάλιστα ορισμένα δε συναντώνται πουθενά αλλού (Giere, 1993). Οι πολυπληθέστερες ομάδες της μειοπανίδας είναι τα τρηματοφόρα (foraminifera) και οι νηματώδεις (nematodes). Εφόσον η μειοπανίδα ορίζεται από τα μεγέθη διατομής των ματιών των κόσκινων, τα ζώα που συχνά περιλαμβάνονται σε αυτή μπορεί να είναι νεαρά μέλη της μακροπανίδας τα οποία για κάποιο χρόνο βρίσκονται μέσα στο φάσμα μεγεθών της μειοπανίδας. Αυτά αποτελούν την προσωρινή μειοπανίδα και περιλαμβάνουν κυρίως προνύμφες πολυχαίτων και δίθυρων. Στην μόνιμη μειοπανίδα περιλαμβάνονται αντιπρόσωποι από όλα τα θαλάσσια φύλα ασπόνδυλων (Gray, 1981).

Μελέτες σχετικά με την οικολογία της μειοπανίδας πραγματοποιούνται εξαιτίας της σπουδαιότητας της ύπαρξης αυτών των οργανισμών. Στα βενθικά οικοσυστήματα οι μειοπανιδικοί οργανισμοί παίζουν σημαντικότατο ρόλο, διότι καταναλώνουν την άφθονη νεκρή οργανική ύλη των ιζημάτων ανανεώνοντας την ποσότητα οξυγόνου στα ιζήματα. Παράλληλα, καταναλώνοντας τους πρωτογενείς παραγωγούς μεταφέρουν την οργανική ύλη στα ανώτερα επίπεδα των τροφικών πλεγμάτων. Αποτελούν τροφή για τους μακροπανιδικούς και μεγαπανιδικούς οργανισμούς καθώς και για μικρά βενθοφάγα ιχθύδια. Ταυτόχρονα, σύμφωνα με τον Charman (1995), εμφανίζουν εξαιρετική ευαισθησία στους διάφορους ρυπογόνους παράγοντες σε τέσσερα επίπεδα βιολογικής οργάνωσης: βιοχημική - κυτταρική, σε επίπεδο οργανισμού, πληθυσμού και βιοκοινωνίας. Συγκριτικά με την μακροπανίδα οι εκπρόσωποι της μειοπανίδας θεωρούνται πιο εύχρηστοι δείκτες περιβαλλοντικών διαταράξεων εξαιτίας των πολύ μικρών κύκλων ζωής, του μεγάλου αριθμού ατόμων τοπικά, της έντονης βιοποικιλότητας, της γρήγορης και δραματικής αντίδρασής τους στη ρύπανση και στις έντονες κλιματικές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Παρόλα αυτά, οι μειοβενθικοί οργανισμοί παρουσιάζονται πιο ανθεκτικοί στη διατάραξη που προκαλεί η χρήση της μηχανότρατας στα βενθικά ενδιαίτηματα από τους μακροβενθικούς και έχουν την ικανότητα να αντιστέκονται και να ανακάμπτουν από τις επιπτώσεις (άμεσες και έμμεσες) αυτής της δραστηριότητας διατηρώντας πρωταρχικό ρόλο στην ανακύκλωση της ενέργειας.

1.5.2 Νηματώδεις

Οι νηματώδεις (φύλλο Nematoda) αποτελούν ίσως την πιο άφθονη ομάδα μεταζώων πάνω στον Πλανήτη. Αποτελούν οργανισμούς μεγάλης οικολογικής σημασίας, διότι βρίσκονται σε όλες τις κλιματικές ζώνες. Ως παράσιτα ευθύνονται για την ασθένεια εκατοντάδων εκατομμυρίων ανθρώπων στον κόσμο ζώντας μέσα στο πεπτικό σύστημά τους. Για παράδειγμα, ο νηματώδης *Ascaris lumbricoides* είναι μετά τους ιούς ο δεύτερος πιο μολυσματικός οργανισμός, υπεύθυνος για την ασθένεια της διάρροιας από την οποία υποφέρει περίπου το ένα τέταρτο του παγκόσμιου πληθυσμού (Khan et al., 1990). Οι νηματώδεις παρασιτούν και σε φυτά και ζώα προκαλώντας τεράστιες καταστροφές στην κτηνοτροφία και τις καλλιέργειες και κατά συνέπεια αποτελούν σημαντικό αντικείμενο έρευνας παγκοσμίως.

Παρόλο που η σημασία των παρασιτικών νηματωδών έχει αναγνωριστεί, δε συμβαίνει το ίδιο και με τις ελεύθερες μορφές και πιο ειδικά με τις θαλάσσιες ελεύθερες μορφές. Παραμένουν μέχρι σήμερα σχετικά ανεξερεύνητες παρά το γεγονός πως είναι εξαιρετικά άφθονες, φθάνοντας τους πληθυσμούς τους να αριθμούνε μερικά εκατομμύρια άτομα ανά m^2 , τόσο στα χερσαία εδάφη όσο και στα θαλάσσια ιζήματα. Οι ελεύθερες μορφές των νηματωδών, μορφολογικά τουλάχιστον, μοιάζουν αρκετά. Είναι όλες μικρές σε μέγεθος (της τάξης των 100 μm), και η δομή τους είναι πολύ απλή. Μέχρι στιγμής έχουν περιγραφεί 4000-5000 μειοβενθικά είδη και υπολογίζεται ότι ο αριθμός των άγνωστων σε μας ειδών ξεπερνά τις 20000. Έχουν λεπτό κυλινδρικό σώμα το οποίο είναι οξύλικτο και από τις δυο πλευρές. Το έντερο που καταλήγει στην έδρα, βρίσκεται μέσα στη σωματική κοιλότητα, που είναι γεμάτη με υγρό. Ένα στρώμα μυών, στα ανθεκτικά μα εύκαμπτα τοιχώματα του σώματος, πιέζει το υγρό, που λειτουργεί ως ένας υδροστατικός σκελετός, σύστημα που χρησιμοποιείται για τη στήριξη και την υποβοήθηση της κίνησης του ζώου.

Παρά την εξωτερική τους όμως ομοιότητα, διαδραματίζουν πολύ διαφορετικούς ρόλους καταλαμβάνοντας πολύ διαφορετικές τροφικές θέσεις στο οικοσύστημα. Η διατροφή τους μπορεί να περιλαμβάνει βακτήρια, φύκια ή και τα δύο μαζί. Επίσης, υπάρχουν είδη που τρέφονται με οργανικά θρύμματα, ενώ ορισμένα άλλα, εξαιτίας της απουσίας στοματικής κοιλότητας και πεπτικού σωλήνα, απορροφούν με το σώμα τους διαλυμένο οργανικό υλικό. Ένας μεγάλος αριθμός ειδών τα οποία είναι άρπαγες ή νεκροφάγοι και τρέφονται με άλλους νηματώδεις, ολιγόχαιτους, πολύχαιτους κτλ.

Σχετικά με την οικολογία των νηματωδών στα παράκτια βενθικά οικοσυστήματα ο Wieser (1953, 1959) ήταν ο πρώτος που συσχέτισε το πλήθος των τροφικών τύπων με τη δομή των ιζημάτων, πρώτον, και με τον οπλισμό της επιδερμίδας της σωματικής κοιλότητας, δεύτερον. Σε ομοιογενή ιλύ και λεπτόκοκκη άμμο κυριαρχούν οι μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι νηματώδεις οι οποίοι προσλαμβάνουν μερίδια ιζήματος, μεγάλα βακτήρια, διάτομα με τη βοήθεια της στοματικής τους κοιλότητας. Σε πιο ετερογενή αμμώδη υποστρώματα συναντώνται επιλεκτικοί και μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι νηματώδεις. Η τροφή τους είναι πιο μαλακή και την προσλαμβάνουν με αναρρόφηση μέσω των μυών του φάρυγγα. Σε αμμώδη υποστρώματα με πληθώρα από μικροπεριβάλλοντα συναντώνται νηματώδεις «βοσκητές». Αποξύουν τις επιφάνειες των φυτοταπητών ή τρυπούν τα μονοκύτταρα φύκη με τα ειδικά στοματικά τους εξαρτήματα. Σε αδρόκοκκα αμμώδη ιζήματα

παρατηρούνται σαρκοφάγοι και παμφάγοι νηματώδεις με μεγάλα και δυνατά δόντια. Τέλος, στα φυτικά υποστρώματα κυριαρχούν οι φυτοφάγοι και οι παμφάγοι νηματώδεις (O. Giere, 1993).

Όλη αυτή η ποικιλομορφία και η συσχέτιση των διατροφικών συνηθειών με τις συνθήκες του περιβάλλοντος αντανακλάται και στην ποικιλομορφία των ειδών. Έτσι, η ποικιλότητα των νηματωδών στα περισσότερα περιβάλλοντα, είναι συνήθως μεγαλύτερη οποιασδήποτε άλλης ομάδας. Για παράδειγμα, σε μια ανασκόπηση των Heip et al. (1983), βρέθηκαν 753 είδη στη Βόρεια Θάλασσα. Αναφορικά στο Αιγαίο, ο Λαμπαδαρίου (2001), βρήκε στο Κρητικό πέλαγος 278 είδη που ανήκουν σε 119 γένη και 37 οικογένειες και στο βόρειο Αιγαίο, σε οικοσυστήματα βαθιάς θάλασσας αυτή τη φορά, βρήκε 114 γνωστά γένη που ανήκουν σε 32 οικογένειες ενώ πολλά από τα άτομα είναι άγνωστα στην επιστήμη είδη και επιπλέον ορισμένα από τα είδη αυτά δεν εντάσσονται στα μέχρι σήμερα γνωστά γένη. Συνηθισμένο είναι το φαινόμενο σε ένα απλό δείγμα επιφάνειας 10 cm² να βρει κανείς πάνω από 50 διαφορετικά είδη. Τις περισσότερες φορές, δε, τα είδη αυτά ανήκουν σε λίγα σχετικά γένη, γεγονός το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη θεωρητική οικολογία, η οποία προσπαθώντας να κατανοήσει και να περιγράψει βιοκοινωνίες, λαμβάνει υπόψη της διαειδικές σχέσεις, όπως είναι η θήρευση και ο ανταγωνισμός.

1.6 Στόχοι Μελέτης

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον για την Ανατολική Μεσόγειο και το Αιγαίο Πέλαγος ειδικότερα, μέσω διεθνών και εθνικών ερευνητικών προγραμμάτων. Παρόλο αυτά, η μελέτη του μειοβένθους έχει ξεκινήσει μόλις τα τελευταία χρόνια. Αρχικά το μειοβένθος προσεγγίζονταν ως ένα γενικό στοιχείο της πανίδας της περιοχής ενώ πλέον η μελέτη του είναι πιο συστηματική, καθώς γίνεται μια προσπάθεια μελέτης της βιολογίας και οικολογίας των κυριότερων ομάδων του, όπως οι νηματώδεις, τα κωπήποδα, τα τρηματοφόρα (Lampadariou 2001, Χατζηγιάννη 2003, Σεβαστού 2005).

Οι επιπτώσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στα θαλάσσια οικοσυστήματα απασχολούν έντονα τόσο από ερευνητικής άποψης όσο και σε θέματα οικολογικής διαχείρισης και αποκατάστασης των ήδη επιβαρυνμένων περιοχών. Έχει παρατηρηθεί λοιπόν μια εντατική προσπάθεια καταγραφής των περιβαλλοντικών και

βιολογικών συστατικών των περιβαλλόντων αυτών μέσω προγραμμάτων του Τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης, του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.) και άλλων ερευνητικών και πανεπιστημιακών ιδρυμάτων, με τελικό σκοπό την καλύτερη διαχείρισή τους.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες σχετικά με τις επιπτώσεις της εντατικής αλιείας, πιο συγκεκριμένα, σε αλιευτικά πεδία που έχουν υποστεί χρόνια εκμετάλλευση (de Groot and Lindeboom, 1994; Brylinsky and Gibson, 1994; Dayton et al., 1995; Lindeboom and de Groot, 1998; Jennings and Kaizer, 1998; Gislason et al., 2000; Smith et al., 2000; Schratzberger and Jennings, 2002; Schratzberger et al., 2002; Smith et al., 2003; Brown et al., 2005; etc). Προκειμένου να μελετηθούν τα οικοσυστήματα αυτά χρησιμοποιούνται ορισμένοι οργανισμοί-δείκτες φυσικών και ανθρωπογενών διαταράξεων, κυρίως αντιπρόσωποι της βενθικής μακροπανίδας. Τα τελευταία χρόνια παρόλα αυτά, χρησιμοποιούνται ως δείκτες και οι αντιπρόσωποι της μειοπανίδας κυρίως οι νηματώδεις και τα κωπήποδα.

Η παρούσα μελέτη αποτελεί μέρος του ερευνητικού προγράμματος INTERPOL (**I**mpact of **N**atural and **T**rawling **E**vents on **R**esuspension, dispersion and fate of **P**ollutants), του οποίου οι δειγματοληψίες διήρκησαν από το Σεπτέμβριο του 2001 έως και τον Ιανουάριο του 2002. Βασικός στόχος του προγράμματος είναι η μελέτη των οδών μεταφοράς, της ανακύκλωσης των επαναιωρούμενων συστατικών, των ρυπογόνων ουσιών και των αποδεσμευμένων θρεπτικών ουσιών στην διεπιφάνεια νερού - ιζήματος καθώς και της επίδρασης αυτών στο βενθοπελαγικό οικοσύστημα.

Βασικός στόχος της παρούσας εργασίας είναι αρχικά ο καθορισμός της δομής και δυναμικής των μειοβενθικών βιοκοινοτήτων στο χρόνια διαταραγμένο οικοσύστημα του κόλπου του Θερμαϊκού με τη συλλογή και μελέτη δειγμάτων μειοπανίδας. Επιπλέον στόχο αποτελεί ο προσδιορισμός των επιπτώσεων της χρήσης της μηχανότρατας, της εποχικότητας ή άλλων φυσικοχημικών παραμέτρων στη δομή των κοινοτήτων των Νηματωδών.

Κύριοι στόχοι της εργασίας είναι:

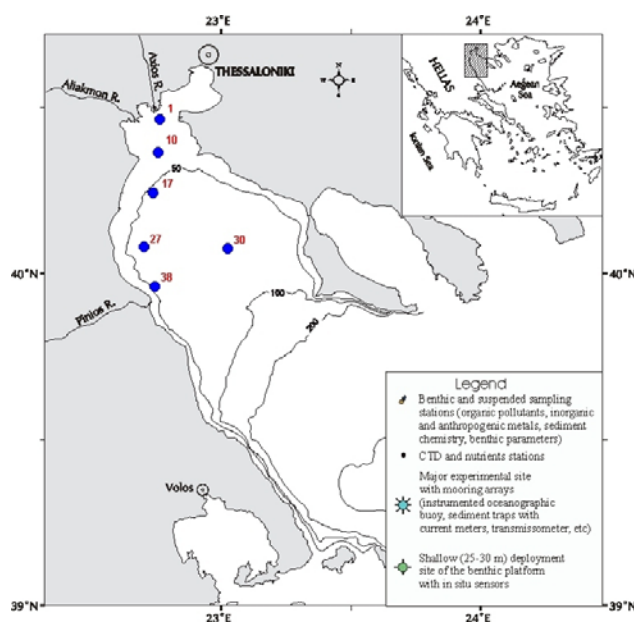
- I. Η μελέτη των συναθροίσεων των νηματωδών στο επίπεδο του γένους μεταξύ των σταθμών αλλά και των δειγματοληπτικών περιόδων στο χρόνια διαταραγμένο οικοσύστημα του Θερμαϊκού.
- II. Η μελέτη των λειτουργικών τύπων στην πληθυσμιακή σύνθεση των νηματωδών.

- III. Η μελέτη της διακύμανσης της α ποικιλότητας, με χρήση διαφόρων δεικτών, των συναθροίσεων των νηματώδων πριν και μετά την έναρξη της μηχανότρατας.
- IV. Οι επιπτώσεις τελικά της αλίευσης με χρήση της βενθικής τράτας στους νηματώδεις στο επίπεδο της ποικιλότητας και της πληθυσμιακής δομής τους.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε είναι ο Θερμαϊκός κόλπος, βρίσκεται στο Βορειοδυτικό Αιγαίο και αποτελεί μια επιμήκης λεκάνη που χαρακτηρίζεται από εκτεταμένη υφαλοκρηπίδα με ομαλό ανάγλυφο και βάθη μικρότερα των 200m. Το Βορειότερο τμήμα του κόλπου περιλαμβάνει τον κόλπο και το λιμάνι της Θεσσαλονίκης με πληθυσμό περίπου 1,2 εκ. κατοίκους. Τρεις κύριοι ποταμοί εκβάλλουν βορειοδυτικά του κόλπου, οι Αξιός, Αλιάκμονας και Πηνειός, και δύο μικρότεροι οι Λουδίας και Γαλλικός, μεταφέροντας σημαντικές ποσότητες φερτών υλών και οργανικού υλικού, οι οποίες τελικά καταλήγουν στο ευρύτερο θαλάσσιο οικοσύστημα του Θερμαϊκού, κυρίως εξαιτίας επεισοδιακών εποχιακών πλημμυρών. Επιπρόσθετα, στον κόλπο εισάγεται οργανικό υλικό και θρεπτικά από τις αστικές εκροές της Θεσσαλονίκης αλλά και τις παρακείμενης βιομηχανικής περιοχής.



Εικόνα 2.1: Χάρτης της περιοχής μελέτης και το πλέγμα των σταθμών δειγματοληψίας.

2.2 Στρατηγική Δειγματοληψίας

Για την παρούσα εργασία μελετήθηκαν δείγματα ιζήματος που συλλέχθηκαν από ένα δίκτυο πέντε διαφορετικών σταθμών με βαθμιαία μεταβολή της πρωτογενούς παραγωγικότητας από Βορρά προς Νότο. Οι σταθμοί όπως φαίνονται και στον παραπάνω χάρτη της περιοχής (εικόνα 2.1) είναι ανάμεσα στις ισοβαθείς των 50 και 100 μέτρων, όπου και βρίσκονται τα κυριότερα αλιευτικά πεδία για τις μηχανότρατες.

Οι σταθμοί είναι οι IP-1 (40°28,92' Β και 22°45,00' Α), IP-10 (40°22,08' Β και 22°43,50' Α), IP-17 (40°15,00' Β και 22°42,50' Α), IP-27 (40°05,00' Β και 22°40,50' Α), IP-30 (39°58,00' Β και 22°43,20' Α) και IP-38 (40° 05,00' Β και 23°00,00' Α), σε βάθη 30, 41, 55, 64, 51 και 86 m, αντίστοιχα.

Η αλιευτική περίοδος με μηχανότρατες ξεκινάει αρχές Οκτωβρίου και διαρκεί οχτώ μήνες μέχρι και τον Μάιο, ενώ κατά τη διάρκεια των υπόλοιπων μηνών του έτους κάθε αλιευτική δραστηριότητα στην περιοχή είναι απαγορευμένη από το νόμο. Οι δειγματοληψίες, προκειμένου να μελετηθούν οι επιδράσεις της μηχανότρατας στο βενθικό οικοσύστημα, χωρίστηκαν σε τρεις περιόδους. Η πρώτη δειγματοληψία έλαβε χώρα ακριβώς πριν την έναρξη της αλιευτικής περιόδου, το μήνα Σεπτέμβριο (Σεπτέμβριος 2001) και οι επόμενες δύο πραγματοποιήθηκαν ένα και τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της χρήσης της μηχανότρατας, τους μήνες Οκτώβρη 2001 και Ιανουάριο 2002 αντίστοιχα.

Οι δειγματοληψίες έγιναν με τη βοήθεια του ερευνητικού σκάφους 'Αιγαίο' (μήκος 61.5 m, πλάτος 9.6 m, βύθισμα 2.9 m) του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.). Σε κάθε περίοδο δειγματοληψίας λοιπόν, λαμβάνονταν τρία επαναληπτικά δείγματα (replicates) για την ανάλυση της μειοπανίδας, καθώς και επιπλέον δείγματα ιζήματος για τη μέτρηση και ανάλυση διαφόρων περιβαλλοντικών παραγόντων όπως θερμοκρασία, χλωροπλαστικές χρωστικές, οργανικός άνθρακας, δυναμικό οξειδοαναγωγής και κοκκομετρική σύσταση ιζήματος. Επιπρόσθετα, σε κάθε δειγματοληψία καταγράφηκαν και άλλες παράμετροι όπως, οι κυματικές συνθήκες, οι καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν, η διεύθυνση των ανέμων καθώς και επιπλέον πληροφορίες και παρατηρήσεις για συνθήκες ή ατυχήματα κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών.

2.3 Τεχνικές πεδίου

2.3.1 Δειγματολήπτης

Τα δείγματα συλλέχθηκαν με τη χρήση του πολυπυρηνοδειγματολήπτη Bowers/Conelly Multi-corer. Ο πολυπυρηνοδειγματολήπτης ο οποίος κατασκευάστηκε από το Ι.ΘΑ.ΒΙ.Κ. βασίστηκε σε ένα αντίστοιχο μοντέλο το οποίο ανέπτυξε η Ένωση Θαλάσσιων Βιολόγων της Σκωτίας (Scottish Marine Biological Association, SMBA).



Εικόνα 2.2: Πολυπυρηνοδειγματολήπτης τύπου Bowers/Conelly (Multi-corer).

Γενικά ο δειγματολήπτης αυτός ανακτά δείγματα υψηλής ποιότητας, για αυτό και θεωρείται και ο πιο κατάλληλος για μειοβενθικές μελέτες. Η επιτυχία του αυτή στο να συλλέγει αναλλοίωτα δείγματα, έχει τεκμηριωθεί από το γεγονός πως στο επάνω μέρος του ιζήματος βρίσκει κανείς ένα λεπτό νεφελώδες αιώρημα από φυτοθρύμματα. Η τεκμηρίωση αυτή έχει γίνει στον Ατλαντικό (Thiel et al., 1988/89; Rice et al., 1994), αλλά και στις δικές μας δειγματοληψίες, ιδιαίτερα την άνοιξη στο Βόρειο Αιγαίο (Λαμπαδαρίου, 2001). Η γενική του φιλοσοφία είναι ίδια με αυτήν του απλού πυρηνοδειγματολήπτη με τη βασική διαφορά πως αντί για έναν σωλήνα φέρει συνολικά οκτώ. Οι σωλήνες του πολυπυρηνοδειγματολήπτη είχαν εσωτερική διάμετρο 9 cm όπου έγινε υποδειγματοληψία με πυρήνες εσωτερικής διαμέτρου 4,5 cm αφενός για το λόγο ότι οι μειοπανιδικοί οργανισμοί σε μικρά βάθη έχουν ιδιαίτερα υψηλές αφθονίες σε πολύ μικρή επιφάνεια ιζήματος και αφετέρου προκειμένου να γίνει εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών.

2.3.2 Διαδικασία Δειγματοληψίας

Αμέσως μετά την άνοδο των δειγματοληπτών στο κατάστρωμα τα δείγματα μεταφέρονταν στο εργαστήριο του σκάφους για συντήρηση και αποθήκευση. Πρώτα από όλα γίνονταν διαχωρισμός σε κάθετα τμήματα. Οι μειοβενθικοί οργανισμοί ως γνωστόν, ζούνε σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον και έτσι εκτός από την οριζόντια διάσταση υπάρχει και η κατακόρυφη διάσταση μέσα στο ίζημα. Ο διαχωρισμός έγινε σε 12 κάθετα τμήματα ως εξής: 0-0.5cm, 0.5-1cm, 1-1.5cm, 1.5-2cm, 2-3cm, 3-4cm, 4-5cm, 5-6cm, 6-7cm, 7-8cm, 8-9cm and 9-10cm. Μετά το διαχωρισμό των κάθετων τμημάτων, το ίζημα τοποθετούνταν σε κατάλληλα δοχεία με ετικέτες. Στα δοχεία γινότανε προσθήκη διαλύματος $MgCl_2$ 6 % για διάστημα 15 min με σκοπό την

αναισθητοποίηση των οργανισμών. Η αναισθητοποίηση έχει σαν συνέπεια οι οργανισμοί να «χαλαρώνουν» και να αποκολλούνται από τους κόκκους του ιζήματος πάνω στους οποίους συγκρατούνται ισχυρά με τα διάφορα εξαρτήματα τους (τριχίδια, ουρές κτλ.). Αυτό επιτρέπει τον ευκολότερο διαχωρισμό τους αργότερα από το ίζημα. Μετά την πάροδο των 15 min, τα δείγματα στερεώνονταν με διάλυμα φορμόλης 10%.

2.3.3 Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων

Η **θερμοκρασία** μετρήθηκε σε βαθμούς Κελσίου (°C) με θερμομέτρο ακριβείας ενός δεκαδικού ψηφίου τόσο στην επιφάνεια όσο και σε κάθε κλάσμα του ιζήματος.

Το **δυναμικό οξειδοαναγωγής** αποτελεί μία έμμεση ένδειξη της οξυγόνωσης του ιζήματος σε σχέση με το οργανικό φορτίο που παρατηρείται σε αυτό. Χαμηλές τιμές συνήθως μετρώνται στις περιπτώσεις χαμηλών συγκεντρώσεων οξυγόνου και υψηλού οργανικού φορτίου και είναι ενδεικτικές των αυξημένων αναγωγικών λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα στο ίζημα οι οποίες παράλληλα συνοδεύονται από παρουσία υδρόθειου και άλλων ενώσεων του θείου (θειούχες, θειικές) που είναι προϊόντα της αποικοδόμησης των πρωτεϊνών. Αρχικά γίνεται σταθεροποίηση (*standardization*) του ηλεκτροδίου με τοποθέτησή του σε διάλυμα Zobell (Zobell, 1946) μέχρι την χρήση του. Οι μετρήσεις του σε mV γίνονται για κάθε κλάσμα του πυρήνα ιζήματος βυθίζοντας το ηλεκτρόδιο της συσκευής μέσα στο ίζημα, από την επιφάνεια του ιζήματος έως και τα 30 cm. Οι ενδείξεις του οργάνου εμφανίζονται στην οθόνη του ψηφιακού mV/pH μετρητή με ακρίβεια 1 mV και διορθώνονται στη συνέχεια προσθέτοντας στην τιμή της ένδειξης τον αριθμό 198. Ο αριθμός αυτός προτίθεται προκειμένου να λάβουμε τις συμβατικές τιμές του δυναμικού οξειδοαναγωγής οι οποίες αναφέρονται στο πρότυπο ηλεκτρόδιο υδρογόνου (Pearson & Stanley, 1979). Σε οξειδωτικά (οξυγονωμένα) ιζήματα οι τιμές του δυναμικού οξειδοαναγωγής μπορεί να φτάνουν τα +400 mV ενώ πέφτουν μέχρι και τα -200 mV σε πολύ αναγωγικά ιζήματα.

Σε κάθε δειγματοληψία λαμβάνονταν ανεξάρτητα δείγματα ιζήματος τα οποία διαχωρίζονταν επίσης σε 6 κλάσματα (0-0.3cm, 0.3-1cm, 1-2cm, 2-4cm, 4-6cm, 6-10cm) και φυλάσσονταν σε προσημειωμένα πλαστικά σακουλάκια προκειμένου να γίνει προσδιορισμός των συγκεντρώσεων του οργανικού άνθρακα, των χρωστικών (χλωροφύλλη α και φαιοχρωστικές) και της κοκκομετρικής σύστασης του ιζήματος στο εργαστήριο. Τέλος, όλα τα δείγματα τοποθετούνταν σε ψυγείο που διαθέτει το

εργαστήριο του πλοίου και μεταφέρονταν στο εργαστήριο όπου αποθηκεύονταν μέσα σε καταψύκτη με σταθερή θερμοκρασία -20 °C μέχρι τη στιγμή της ανάλυσής τους.

2.4 Εργαστηριακές τεχνικές

2.4.1 Ανάλυση Κοκκομετρικής Σύστασης

Η κοκκομετρική ανάλυση του ιζήματος είναι τεχνική με την οποία επιτυγχάνεται ποσοτικός προσδιορισμός των κλασμάτων ενός ιζήματος ώστε να είναι δυνατός ο προσδιορισμός του φυσικού περιβάλλοντος στο οποίο ζουν οι βενθικοί οργανισμοί με αποτέλεσμα την διερεύνηση των γνώσεών μας πάνω στην οικολογία των οργανισμών που μελετάμε.

Για την ανάλυση της κοκκομετρικής σύστασης του ιζήματος, χρησιμοποιείται μια παραλλαγή της μεθόδου που περιγράφεται από τον Buchanan (1984). Τα δείγματα ιζήματος μετά τον καταψύκτη παραμένουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για λίγες ώρες, ζυγίζονται σε αναλυτικό ζυγό και τοποθετούνται σε πλαστικούς δίσκους μέσα σε κλίβανο θερμοκρασίας 80 °C για μια νύχτα προκειμένου να ξηραθούν. Στη συνέχεια τα κλάσματα κοσκινίζονται με τη βοήθεια μιας σειράς κόσκινων με εύρος διαμέτρου πόρων από -2φ (4 mm) έως 4φ (63 μm) ανά 0.5 φ, όπου φ ο αρνητικός λογάριθμος της διαμέτρου με βάση το 2. Το διάστημα 0.5φ είναι ικανοποιητικό για τις συγκεκριμένες αναλύσεις ενώ μεγαλύτερα διαστήματα ενδεχομένως προκαλούν λανθασμένα αποτελέσματα (King, 1972). Έπειτα τα μέρη του ιζήματος που συγκρατούνται σε κάθε κόσκινο ζυγίζονται.

Η σύσταση του ιζήματος είναι μια πολυδιάστατη μεταβλητή και τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται περισσότερο για την περιγραφή του είναι η μέση διάμετρος των κόκκων (*MD*) και το ποσοστό (%) ιλύος αργίλου, τα οποία μας δείχνουν πόσο αδρό ή πόσο λεπτό είναι κατά μέσο όρο το ίζημα, ο συντελεστής διαλογής ή ταξινόμησης (*σ_i*) που είναι ένα μέτρο του βαθμού διασποράς του μεγέθους των κόκκων του και η λοξότητα (*Sk_i*) που είναι δείκτης του βαθμού ασυμμετρίας. Τα μεγέθη αυτά προσδιορίζονται με τη βοήθεια του γραφήματος του αθροιστικού ποσοστού έναντι της αντίστοιχης τιμής του φ (Folk, 1966).

Η διάμετρος των κόκκων του ιζήματος υπολογίζεται με την βοήθεια της σχέσης:

$$MD=2^{-\sum\phi^{50}}$$

Ο συντελεστής ταξινόμησης υπολογίζεται από την σχέση:

$$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

Οι κλάσεις ταξινόμησης που παράγονται από τον δείκτη αυτό χαρακτηρίζουν το ίζημα ως εξής:

<0,35	Πολύ καλή ταξινόμηση
0,35-0,50	Καλή ταξινόμηση
0,50-0,71	Μετρίως καλή ταξινόμηση
0,71-1,00	Μέτρια ταξινόμηση
1,00-2,00	Φτωχή ταξινόμηση
2,00-400	Πολύ φτωχή ταξινόμηση
>4,00	Κακή ταξινόμηση

Σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι ο υδροδυναμισμός (π.χ. κυματισμός, ρεύματα) καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την καλή ταξινόμηση των παράκτιων ιζημάτων, ενώ η εναπόθεση νέου ιζήματος ελαττώνει την καλή ταξινόμησή τους.

Ο συντελεστής λοξότητας υπολογίζεται από την σχέση:

$$Sk = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

Οι κλάσεις ταξινόμησης που παράγονται από τον δείκτη αυτό χαρακτηρίζουν τις τάσεις ασυμμετρίας της κοκκομετρικής σύστασης του ιζήματος ως εξής (Buchanan, 1984):

1,00 έως 0,30	Ισχυρή ασυμμετρία-Επικράτηση αδρόκοκκου ιζήματος
0,30 έως 0,10	Ασυμμετρία-Επικράτηση αδρόκοκκου ιζήματος
0,10 έως -0,10	Συμμετρία μεγέθους κόκκων ιζήματος
-0,10 έως -0,30	Ασυμμετρία-Επικράτηση λεπτόκοκκου ιζήματος
-0,30 έως -1,00	Ισχυρή ασυμμετρία-Επικράτηση λεπτόκοκκου ιζήματος

Θετικές τιμές του Sk_I υποδηλώνουν επικράτηση μεγέθους κόκκων μεγαλύτερη από τη μέση διάμετρο ενώ στην περίπτωση που ο Sk_I έχει αρνητικές τιμές επικρατούν τα λεπτότερα μερίδια ιζήματος (Folk, 1966; Higgins & Thiel, 1988).

2.4.2 Ανάλυση Χλωροπλαστικών Χρωστικών

Μια καλή μέθοδος εκτίμησης της διαθέσιμης τροφής στο ίζημα είναι ο προσδιορισμός της χλωροφύλλης a (*Chl a*) καθώς και το συνολικό άθροισμα (*CPE*) της χλωροφύλλης a και των διαφόρων φαιοχρωστικών (φαιοφυτίνη, φαιοφορβίνη) που υπάρχουν στο ίζημα. Οι ποσότητες αυτές και ειδικά το *CPE* έχει βρεθεί πολλές φορές να συσχετίζονται θετικά με τις μειοβενθικές αφθονίες.

Η χλωροφύλλη a καθώς και οι υπόλοιπες φαιοχρωστικές, προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο που περιγράφεται από τους Yentsch & Menzel (1963) και Lorenzen & Jeffrey (1980) χρησιμοποιώντας ένα φθοριόμετρο τύπου Turner 112. Τα δείγματα ιζήματος που διατηρούνται σε θερμοκρασία $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ξηραίνονται και ζυγίζονται πριν την ανάλυση. Στη συνέχεια πραγματοποιείται εξαγωγή των χρωστικών με ακετόνη 90% και κατόπιν ακολουθεί η οξείδωσή τους με (0.1 N) υδροχλωρικού οξέως. Η μέτρησή τους στο φθοριόμετρο γίνεται χρησιμοποιώντας ως μάρτυρα καθαρή χλωροφύλλη a από το φύκος *Anacystis nidulans* προμηθευμένο από την εταιρία SIGMA.

Από την διαδικασία αυτή υπολογίζονται δύο τιμές: οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης a και των φαιοχρωστικών σε $\mu\text{g/g}$ ιζήματος. Είναι δυνατόν όμως να υπολογιστούν και δύο ακόμα τιμές: το άθροισμα των δύο παραπάνω τιμών που εκφράζει το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών (*Chloroplastic Pigment Equivalent*) ή *CPE*, το οποίο μας δίνει μια ένδειξη συνολικής ποσότητας πρόσφατης και παλαιότερης φυτικής βιομάζας (Basford & Eleftheriou, 1988) καθώς και ο λόγος χλωροφύλλης a /*CPE* που αποτελεί ένδειξη της κατάστασης της φυτικής βιομάζας.

2.4.3 Οργανικός Άνθρακας

Για τη μέτρηση της ανοργανοποίησης της οργανικής ύλης στο ίζημα, εφαρμόστηκε η μεθοδολογία των Dauwe et al. (2001). Τα δείγματα ιζήματος τοποθετήθηκαν με τη βοήθεια λεπτής σπάτουλας μέσα σε γυάλινα σκουρόχρωμα μπουκάλια χωρητικότητας 60 ml όπου προστέθηκαν 10 ml φιλτραρισμένου νερού (σε

φίλτρο 0,2 μm) το οποίο συλλέχθηκε από την επιφάνεια του ιζήματος. Τα μπουκάλια κλείστηκαν ερμητικά και αναταράχθηκαν έντονα, για 1-2 λεπτά ώστε να δημιουργηθούν υδαρή ιζήματα (slurries). Επιπλέον σε 2-3 μπουκάλια εισήχθη μόνο νερό προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως μάρτυρες (blanks) σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα ιζήματος. Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκαν διαδοχικές «πλύσεις» (flushings) με ατμοσφαιρικό αέρα στερούμενου διοξειδίου του άνθρακα από το ειδικά διαμορφωμένο για το σκοπό αυτό πώμα των μπουκαλιών.

Τα δείγματα διατηρήθηκαν αναταράσσομενα σε σκιερό μέρος σε θερμοκρασία όμοια με αυτή της επιφάνειας του ιζήματος, η οποία μετρήθηκε αμέσως μετά την άνοδο του δειγματολήπτη στο κατάστρωμα του σκάφους. Με το πέρας χρονικού διαστήματος 2-2,5 μηνών, μετρήθηκε το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα (παρουσίας οξυγόνου) καθώς και το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο (απουσίας οξυγόνου), ως τα τελικά προϊόντα της ανοργανοποίησης της οργανικής ύλης. Η μέτρηση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου έγινε με αέρια χρωματογραφία, με τη χρήση αερίου χρωματογράφου τύπου HP 5890, εξοπλισμένο με ανιχνευτή θερμικής αγωγιμότητας (TCD) και ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID).

Η περιεκτικότητα του ολικού οργανικού άνθρακα και αζώτου στα δείγματα του ιζήματος υπολογίστηκε με χρήση της μεθόδου ανάλυσης που περιγράφεται από τους Hedges και Stern (1984), χρησιμοποιώντας φασματοφωτόμετρο Perkin–Elmer CHN 2400. Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε mg άνθρακα/ g ιζήματος.

2.4.4 Διαχωρισμός Ιζήματος-Πανίδας

Κατά τη διαδικασία του διαχωρισμού της μειοπανίδας από το ίζημα, χρησιμοποιούνται δύο κόσκινα με διαφορετική διάμετρο πόρων, το ένα τοποθετημένο πάνω στο άλλο. Ένα 500 μm για το διαχωρισμό της μακροπανίδας και των αδρότερων μερών του ιζήματος και ένα 32 μm για την κατακράτηση της μειοπανίδας. Στην αρχή το δείγμα τοποθετείται στο πάνω κόσκινο των 500 μm και ξεπλένεται με άφθονο τρεχούμενο νερό έως ότου απομακρυνθούν όλα τα μερίδια του ιζήματος που είναι μικρότερα από 32 μm. Μετά το ξέπλυμα το δείγμα συγκεντρώνεται στη άκρη του κόσκινου για μικρό χρονικό διάστημα ώστε να απομακρυνθεί σχεδόν ολόκληρη η ποσότητα του νερού. Στη συνέχεια οι οργανισμοί διαχωρίζονται από το ίζημα με μία παραλλαγή της μεθόδου των de Jonge και Bouwman (1977) η οποία προτιμάτε στην

περίπτωση ιζημάτων λεπτόκοκκης άμμου και λάσπης. Συγκεκριμένα, ότι απέμεινε από το δείγμα ξεπλένεται στο αρχικό δοχείο στο οποίο προστίθεται ένα πολυμερές, το Ludox TM με ειδική πυκνότητα 1.15. Η πυκνότητα αυτή είναι ενδιάμεση από την πυκνότητα των μειοβενθικών οργανισμών και του εναπομείναντος ιζήματος με αποτέλεσμα οι οργανισμοί να επιπλέουν στο υπερκείμενο ενώ αντίθετα οι κόκκοι του ιζήματος να βυθίζονται. Μετά την προσθήκη του Ludox TM τα δείγματα πραγματοποιήθηκε φυγοκέντρηση προκειμένου το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανισμών να συγκεντρωθεί στην επιφάνεια. Έπειτα, συλλέγονταν οι οργανισμοί από το υπερκείμενο σε ένα μικρότερο δοχείο. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβανόταν συνολικά τρεις φορές, ικανοποιητικός αριθμός ώστε να συλλεχθεί το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανισμών (~97%) (Austen & Warwick, 1989) και στη συνέχεια συλλέγονταν οι οργανισμοί σε μικρότερο δοχείο. Τέλος ακολουθούσε προσθήκη διαλύματος φορμόλης 4% για τη στερέωση και συντήρησή των οργανισμών καθώς και χρώση με Rose Bengal (1 g/l) προκειμένου οι οργανισμοί να διαχωρίζονται ευκολότερα από τα υπολείμματα του ιζήματος.

2.4.5 Διαλογή Μειοβενθικών Οργανισμών

Τα δείγματα που προορίζονται για πανιδική ανάλυση παραμένουν στα δοχεία τους τουλάχιστον για 24 ώρες ώστε να χρωσθούν επαρκώς όλοι οι ζωικοί οργανισμοί. Έπειτα, γίνεται έκπλυση του δείγματος με νερό σε κόσκινο διαμέτρου πόρων 45 μm και τοποθετείται σε τριβλίο petri ή σε μια πλαστική ορθογώνια ειδική συσκευή που ονομάζεται perspex tray όπου ακολουθεί αναλυτική διαλογή των κυριότερων ταξινομικών ομάδων, όπως είναι Νηματώδεις, Κωπήποδα, Πολύχαιτοι, Γαστερότριχα, Πλατυέλμινθες, κ.λ.π.. Η διαλογή γίνεται με τη βοήθεια μιας λεπτής εντομολογικής βελόνας, ενός στερεοσκοπίου και ενός οπτικού μικροσκοπίου.

Οι νηματώδεις που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή μόνιμων παρασκευασμάτων αφαιρούνταν από το τριβλίο Petri με μια λεπτή εντομολογική βελόνα και μεταφέρονταν σε ειδικό κοίλο γυάλινο τριβλίο (cavity block) το οποίο περιείχε κάποιο διάλυμα αφυδάτωσης. Η διαδικασία αυτή αν και χρονοβόρα κρίθηκε απαραίτητη γιατί με αυτό τον τρόπο το τελικό μόνιμο παρασκεύασμα περιείχε μόνο οργανισμούς και καθόλου λεπτά υπολείμματα του ιζήματος τα οποία θα δυσχέραιναν στη συνέχεια το έργο των προσδιορισμών.

2.4.6 Διαλογή Νηματώδων & δημιουργία μόνιμων παρασκευασμάτων

Για τους προσδιορισμούς των νηματώδων, απαιτούνταν η κατασκευή μόνιμων παρασκευασμάτων. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει δύο στάδια, την αφυδάτωση των οργανισμών και την προετοιμασία των αντικειμενοφόρων. Για την αφυδάτωση, οι νηματώδεις μεταφέρονταν σε ένα ειδικό κοίλο γυάλινο τριβλίο (cavity block) το οποίο περιείχε το διάλυμα αφυδάτωσης (7 % γλυκερίνη, 5 % άνυδρη αλκοόλη, 90 % γλυκό νερό). Το τριβλίο αυτό παρέμενε για μερικές ημέρες σε έναν ξηραντήρα, έως ότου εξατμιστεί ολόκληρη η ποσότητα της αλκοόλης και του νερού. Αυτή η διαδικασία είχε σαν αποτέλεσμα να μείνουν τελικά οι οργανισμοί σε καθαρή γλυκερίνη και στη συνέχεια ακολουθούσε η προπαρασκευή των αντικειμενοφόρων.



Εικόνα 2.3. Ολοκληρωμένο μόνιμο παρασκεύασμα. Διακρίνονται στο κέντρο η καλυπτρίδα με το δαχτυλίδι παραφίνης και τους νηματώδεις καθώς και η ετικέτα με τις πληροφορίες του παρασκευάσματος στο αριστερό άκρο.

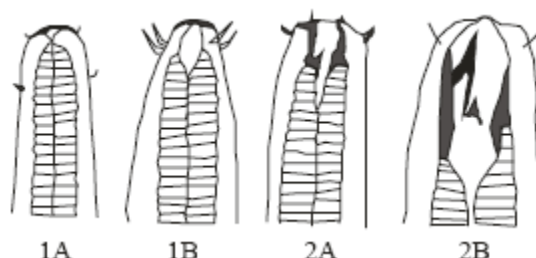
Αρχικά δημιουργούνταν ένα δαχτυλίδι από καθαρή παραφίνη στο κέντρο κάθε αντικειμενοφόρου ως εξής: το άκρο ενός μεταλλικού σωλήνα διαμέτρου 14 mm θερμαίνονταν καλά στη φλόγα ενός εργαστηριακού λύχνου και στη συνέχεια τοποθετούνταν για 1 sec περίπου επάνω στην επιφάνεια καθαρής παραφίνης. Το άκρο αυτό τοποθετούνταν κατόπιν στο κέντρο της αντικειμενοφόρου για χρονικό διάστημα περίπου 2 sec αφήνοντας έτσι ένα δαχτυλίδι από παραφίνη. Μία μικρή σταγόνα γλυκερίνης τοποθετούνταν στο κέντρο του δαχτυλιδιού και εκεί μέσα τοποθετούνταν περίπου 10-15 νηματώδεις. Κατόπιν τοποθετούνταν επάνω ακριβώς στο δαχτυλίδι παραφίνης η καλυπτρίδα και η αντικειμενοφόρος τοποθετούνταν επάνω σε θερμαινόμενο σώμα μέχρι να λιώσει και πάλι η παραφίνη. Η διαδικασία αυτή έπρεπε να γίνει σε χαμηλότερη θερμοκρασία και πολύ αργά, επιτρέποντας έτσι τις τυχόν φυσαλίδες αέρα να δραπετεύσουν. Αμέσως μετά, η αντικειμενοφόρος τοποθετούνταν σε οριζόντια επιφάνεια μέχρι να πήξει και πάλι η παραφίνη σφραγίζοντας με αυτόν τον τρόπο αεροστεγώς τους νηματώδεις. Η διαδικασία ολοκληρώνονταν αναγράφοντας σε ετικέτα τις πληροφορίες που αφορούσαν το συγκεκριμένο δείγμα (Εικόνα 2.3).

2.4.7 Προσδιορισμοί

Οι προσδιορισμοί των νηματωδών πραγματοποιήθηκαν σε οπτικό μικροσκόπιο τύπου Leica DM LS, με καταδυτικό φακό μεγέθυνσης $\times 100$. Για τον προσδιορισμό των νηματωδών στο επίπεδο του γένους χρησιμοποιήθηκε η κλείδα που αναπτύχθηκε από τους Platt και Warwick (1983), η οποία περιέχει όλα τα παγκοσμίως γνωστά γένη των ελεύθερων μορφών. Η κατάταξη που χρησιμοποιήθηκε, ήταν εκείνη των Platt και Warwick (1988), η οποία είναι μια ελαφρά τροποποίηση του συστήματος του Lorenzen (1981).

2.4.8 Λειτουργικοί τύποι

Τα άτομα των νηματωδών που προσδιορίστηκαν στο επίπεδο του γένους, κατατάχθηκαν και σε τροφικούς λειτουργικούς τύπους σύμφωνα με τον Wieser (1953). Ο Wieser (1953), πρότεινε πως η μορφολογία της στοματικής κοιλότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατάταξη των νηματωδών σε τέσσερις τροφικούς τύπους με ίδιες διατροφικές συνήθειες (Εικόνα 2.4): 1A: πολύ μικρή ή καθόλου στοματική κοιλότητα, 1B: μεσαία ως μεγάλη στοματική κοιλότητα χωρίς οπλισμό (δόντια κτλ), 2A: μικρή ως μέτρια κοιλότητα με δόντι, και 2B: μεγάλη στοματική κοιλότητα με μεγάλο και ισχυρό οπλισμό (δόντια-σιαγώνες κτλ).

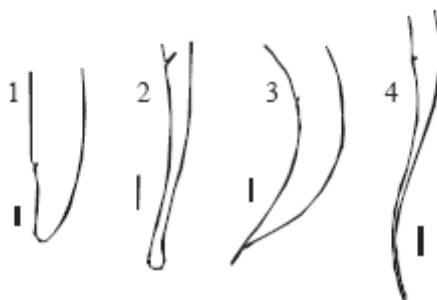


Εικόνα 2.4. Τροφικοί τύποι νηματωδών. 1A: επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι (selective deposit feeders), 1B: μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι (non-selective deposit feeders), 2A: νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα η οποία αναπτύσσεται επάνω στο υπόστρωμα (epistrate feeders), και 2B: άρπαγες-παμφάγοι (omnivores-predators).

Σύμφωνα με τον ίδιο προκύπτουν τέσσερις διαφορετικοί λειτουργικοί τύποι οι οποίοι αντιστοιχούν στις διαφορετικές στοματικές κοιλότητες: 1A: επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι (selective deposit feeders), 1B: μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι (nonselective deposit feeders), 2A: νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα η οποία αναπτύσσεται επάνω στο υπόστρωμα (epistrate feeders), και 2B: άρπαγες- παμφάγοι (omnivores-predators).

Οι Thistle και Sherman (1985) πρότειναν επίσης πως οι νηματώδεις μπορούν να χωριστούν σε ομάδες με κοινά λειτουργικά χαρακτηριστικά με βάση το σχήμα της

ουράς. Το σχήμα της ουράς μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο για παράδειγμα στη μετακίνηση (Adams & Tyler, 1980) καθώς και στη αναπαραγωγή. Ωστόσο μόνο σε μία από αυτές τις διαφορετικές ομάδες έχει αναγνωριστεί ο ρόλος της ουράς. Πρόκειται για τους νηματώδεις με πολύ μακριά νηματοειδή ουρά (Riemann, 1974), την οποία χρησιμοποιούν για να παραμένουν μερικώς προσκολλημένοι στο υπόστρωμα (hemisessile). Οι νηματώδεις αυτοί χρησιμοποιούν τις ουρές τους για να μένουν για μεγάλα διαστήματα ‘αγκυροβολημένοι’ και σε κατάσταση αιώρησης. Σύμφωνα με τους Thistle και Sherman (1985) υπάρχουν 11 διαφορετικές μορφές της ουράς, αλλά όπως τονίζουν οι Thistle et al. (1995), πολλές από αυτές τις μορφές ουσιαστικά αλληλεπικαλύπτονται. Οι ίδιοι πρότειναν τελικά πως οι 11 αυτές μορφές μπορούν να συγχωνευθούν σε τέσσερις (Εικόνα 2.5): 1: αμβλεία, 2: κωνικοκυλινδρική, 3: κωνική, 4: νηματοειδής ουρά.



Εικόνα 2.5. Ουραίοι τύποι νηματωδών. 1: αμβλεία, 2: κωνικοκυλινδρική, 3: κωνική, 4: νηματοειδής ουρά.

2.5 Ανάλυση Δεδομένων

2.5.1 Περιγραφική Στατιστική

Το περιγραφικό μέρος της ανάλυσης των δεδομένων περιελάμβανε τον υπολογισμό διαφόρων δειγμάτων στατιστικών, π.χ. μέση τιμή, τυπική απόκλιση, εύρος τιμών, για όλους τους διαφορετικούς τύπους δεδομένων, την συνοπτική παρουσίαση τους σε πίνακες και την απεικόνιση αυτών σε μορφή ιστογραμμάτων και ραβδογραμμάτων. Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τις συγκεντρώσεις στο ίζημα για τα περιβαλλοντικά δεδομένα και με βάση τις αφθονίες ανά 10 cm² επιφάνεια ιζήματος για τα πανιδικά δεδομένα. Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο πρόγραμμα EXCEL.

2.5.2 Έλεγχοι Υποθέσεων

2.5.2.1 Μέθοδος Ανάλυσης Διακύμανσης (ANOVA)

Οι έλεγχοι υποθέσεων για την ύπαρξη τυχόν χρονικών διαφορών γίνονται χρησιμοποιώντας τη στατιστική μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) με έναν ή δύο παράγοντες, ανάλογα την περίπτωση.

Η μέθοδος της ανάλυσης διακύμανσης ή ανάλυσης διασποράς χρησιμοποιείται ως έλεγχος σύγκρισης των μέσων τιμών πολλών (περισσότερα από δύο) ανεξάρτητων δειγμάτων στην περίπτωση που τα δείγματα ακολουθούν κανονική κατανομή. Στη μέθοδο αυτή υπάρχει μια εξαρτημένη ποσοτική μεταβλητή Y τις τιμές της οποίας μπορούμε να παρατηρήσουμε και η οποία μπορεί να εξαρτάται από έναν παράγοντα A (factor A) ή δύο ή και περισσότερους (που να επηρεάζουν ο ένας τον άλλον ή όχι). Οι τιμές που παίρνει ο παράγοντας λέγονται στάθμες (levels) και είναι πεπερασμένου πλήθους. Το πρόβλημα που τίθεται στην περίπτωση της ANOVA είναι το κατά πόσο οι μέσες τιμές των πληθυσμών, από τους οποίους προέρχονται τα δείγματα και οι οποίοι για τις ανάγκες της ANOVA θεωρούνται κανονικοί και με κοινή διασπορά, διαφέρουν σημαντικά ή όχι. Η απάντηση που δίνει η μέθοδος της ανάλυσης διασποράς στη σύγκριση της μεταβλητότητας μεταξύ των δειγματικών μέσων και της μεταβλητότητας των τιμών y μέσα σε κάθε δείγμα. (Κολύβα-Μαχαίρα, 1998)

Για τον έλεγχο της ομοιογένειας των διασπορών χρησιμοποιείται το test του Bartlett. Στην περίπτωση που επιτρέπεται η χρήση της ANOVA και αυτή υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών, ακολουθεί εκ των υστέρων έλεγχος (a posteriori), με πολλαπλές ζευγαρωτές συγκρίσεις χρησιμοποιώντας τη διαδικασία του Tukey HSD. Με τον παραπάνω έλεγχο παρατηρούνται τα σημεία όπου υπάρχουν οι διαφορές, για παράδειγμα στην προκειμένη περίπτωση διαφορές μεταξύ των μηνών ή των εποχών.

2.5.2.2 Δοκιμασία των Kruskal-Wallis

Όπου δεν επιτρέπεται η χρήση της μεθόδου Ανάλυσης Διακύμανσης χρησιμοποιούνται μη παραμετρικοί έλεγχοι. Η δοκιμή των Kruskal-Wallis είναι μία από τις πιο χρήσιμες και ουσιαστικές, γιατί μπορούμε με αυτή να εξετάσουμε αν κ ανεξάρτητα δείγματα είναι ομογενή ή όχι. Στους υπολογισμούς κάθε μια παρατήρηση

μετατρέπεται σε τάξη. Δηλαδή αν τα δείγματα που εξετάζουμε είναι τα A_1, A_2, \dots, A_k δημιουργούμε το δείγμα $A_1+A_2+ \dots+A_k$, το διατάσσουμε σε αύξουσα τάξη και στη συνέχεια υπολογίζουμε τα αθροίσματα των τάξεων. Η δοκιμή καθορίζει κατά πόσο αυτά τα αθροίσματα είναι τόσο διαφορετικά ώστε να είναι απίθανο να προέρχονται από την ίδια κατανομή. Κατά συνέπεια η δοκιμή των Kruskal-Wallis είναι ταυτόσημη με την παραμετρική ανάλυση διασποράς για έναν παράγοντα (ANOVA), με τη μόνη διαφορά ότι βασίζεται κυρίως στη διάταξη των παρατηρήσεων των δειγμάτων παρά στις μέσες τιμές.

2.5.2.3 Μέθοδος για τον Συντελεστή Συσχέτισης του Spearman

Ο μη παραμετρικός συντελεστής συσχέτισης του Spearman, χρησιμοποιείται όταν δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι η διδιάστατη μεταβλητή που εξετάζουμε ακολουθεί την κανονική κατανομή. Και σε αυτή την περίπτωση όπως και στις άλλες μη παραμετρικές μεθόδους τα δεδομένα κατατάσσονται σε τάξη και στη συνέχεια υπολογίζονται τα αθροίσματα των τάξεων.

Στην προκειμένη περίπτωση ο συντελεστής συσχέτισης του Spearman εφαρμόστηκε μεταξύ των περιβαλλοντικών μεταβλητών και των μειοπανδικών δεδομένων για τον έλεγχο πιθανών συσχετίσεων ανάμεσα τους.

2.5.3 Πολυπαραγοντική Ανάλυση

Οι φυσικές βιοκοινωνίες αποτελούνται συνήθως από ένα μεγάλο αριθμό ειδών και οι μεταβολές που παρουσιάζονται καθορίζονται από ένα σύνολο διαφορετικών περιβαλλοντικών παραγόντων έναντι των οποίων κάθε είδος αποκρίνεται διαφορετικά. Τα πανδικά δεδομένα, λοιπόν, έχουν τη μορφή πολυδιάστατων μεταβλητών με αποτέλεσμα πληροφορία όπως είναι η σύνθεση των ειδών ή η διάρθρωση σε λειτουργικούς τύπους, να χάνεται όταν επιχειρείται μια μονοδιάστατη προσέγγιση σε αυτά. Έτσι, είναι πολύ πιθανό βιοκοινωνίες που έχουν πανομοιότυπη σύνθεση ειδών να βρούμε πως διαφέρουν, κάτι που οπωσδήποτε δεν αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα. Για να ξεπεραστεί το παραπάνω πρόβλημα έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές πολυπαραγοντικής ανάλυσης όπως είναι για παράδειγμα η κατάταξη (*classification*), που οδηγεί στην απεικόνιση με μορφή δενδρογραμμάτων

και η διευθέτηση (*ordination*), που οδηγεί σε δισδιάστατη απεικόνιση καρτεσιανών συντεταγμένων.

Οι περισσότερες από αυτές τις τεχνικές βασίζονται στον υπολογισμό της ομοιότητας με κάποιον τρόπο των δεδομένων αφθονίας ανάμεσα σε διαφορετικά δείγματα. Ο υπολογισμός αυτής γίνεται συνήθως με την κατασκευή μιας μήτρας ομοιότητας στην οποία περιλαμβάνονται όλα τα υπό εξέταση δείγματα. Ο πιο πολυχρησιμοποιημένος και πιο κατάλληλος δείκτης ομοιότητας για θαλάσσια δεδομένα (Field et al., 1982) έχει βρεθεί ότι είναι ο δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957), ο οποίος υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\delta_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^S |Y_{ij} - Y_{ik}|}{\sum_{i=1}^S |Y_{ij} + Y_{ik}|}$$

όπου: Y_{ij} : η αφθονία του είδους i στο δείγμα j

Y_{ik} : η αφθονία του είδους i στο δείγμα k

S : ο συνολικός αριθμός ειδών

δ_{jk} : η ανομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων j και k αθροισμένη για όλα τα S είδη

$1-\delta_{jk}$: ορίζεται ως η ομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων j και k

Οι τεχνικές αυτές ταυτόχρονα με την ομοιότητα υπολογίζουν και την ανομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων η οποία είναι το ακριβώς αντίθετο, και δηλώνει το κατά πόσο δύο ή περισσότερα δείγματα διαφέρουν μεταξύ τους με βάση τη δομή της βιοκοινωνίας τους. Οι ανομοιότητες αυτές μετατρέπονται στη συνέχεια σε αποστάσεις και χρησιμοποιούνται σε διαγράμματα δύο διαστάσεων, απεικονίζοντας έτσι το πόσο κοντά ή μακριά βρίσκονται τα διάφορα δείγματα μεταξύ τους. Έτσι, δείγματα με μεγάλη ανομοιότητα θα βρίσκονται πολύ απομακρυσμένα πάνω στο διάγραμμα, ενώ δείγματα με μικρή ή μηδενική ανομοιότητα θα βρίσκονται σχεδόν δίπλα το ένα στο άλλο.

Η ομοιότητα ή ανομοιότητα ανάμεσα στα δείγματα επηρεάζεται αρκετά από τις πιθανές μεγάλες αφθονίες των πολύ κοινών ειδών. Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό εφαρμόζονται συνήθως διάφοροι μετασχηματισμοί στα δεδομένα έτσι ώστε όλα τα είδη να συμμετέχουν σε έναν βαθμό στον υπολογισμό της ομοιότητας/ανομοιότητας. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η τετραγωνική ρίζα ($\sqrt{\quad}$). Ο παραπάνω μετασχηματισμός μειώνει σε μεγάλο βαθμό την επίδραση των πολύ άφθονων ειδών, αυξάνει τη συμμετοχή των σπανίων ενώ ταυτόχρονα δεν είναι τόσο ισχυρός ώστε να αλλοιώνει τη φύση των δεδομένων και έχει βρεθεί ότι είναι ο πλέον

κατάλληλος για την επεξεργασία των βιολογικών δεδομένων (Field et al., 1982; Clarke & Warwick, 1994).

2.5.3.1 Ανάλυση ομοιότητας (*Analysis of similarity, ANOSIM*)

To test ANOSIM (Clarke & Green, 1988), χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ διαφόρων ομάδων σταθμών με κοινά είδη. Η ανάγκη χρήσης του test ξεκινάει από το γεγονός πως οι διάφορες πολυμεταβλητές τεχνικές (βλέπε παρακάτω) παράγουν απλά και μόνο κάποια πρότυπα στο χώρο και δεν αποτελούν test σημαντικότητας. Το test ANOSIM είναι ουσιαστικά ένα μη παραμετρικό test το οποίο ελέγχει αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε ομάδες δειγμάτων και τις συγκρίνει με τις στατιστικά σημαντικές διαφορές που πιθανόν να υπάρχουν ανάμεσα στα δείγματα που βρίσκονται μέσα σε κάθε μία από τις ομάδες αυτές, υπολογίζοντας παράλληλα την τιμή ενός στατιστικού R. Τα δείγματα που υπάρχουν μέσα στις διάφορες ομάδες ανακατεύονται στη συνέχεια σχηματίζοντας νέες ομάδες με διαφορετική σύνθεση δειγμάτων και υπολογίζεται ξανά η τιμή του στατιστικού R. Το test ANOSIM ελέγχει στη συνέχεια αν η τιμή του αρχικού στατιστικού R από τις ομάδες που ορίστηκαν στην αρχή, διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις άλλες τιμές R (Clarke & Warwick, 1994). Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του test είναι πως δεν απαιτεί τον ίδιο αριθμό επαναληπτικών δειγμάτων (replicates) μέσα σε κάθε ομάδα. Ουσιαστικά ακόμα και ένα μονάχα δείγμα είναι αρκετό αρκεί η άλλη ομάδα να έχει επαναληπτικά δείγματα.

2.5.3.2 Ανάλυση Ομαδοποίησης (*Cluster analysis*)

Η ομαδοποίηση έχει το πλεονέκτημα να διακρίνει ομάδες δειγμάτων και να δίνει μια εύκολα αντιληπτή εικόνα των ομάδων αυτών ενώ το σχήμα που προκύπτει (δενδρόγραμμα) παραμένει σε γενικές γραμμές σταθερό ακόμα και μετά την πρόσθεση ή αφαίρεση δειγμάτων από την ανάλυση. Υπάρχει πληθώρα μεθόδων ομαδοποίησης (*hierarchical agglomerative methods*), στην παρούσα μελέτη παρόλα αυτά χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ομαδοποίησης του μέσου όρου (*average linkage*), με την οποία η ομοιότητα μεταξύ δύο ομάδων δειγμάτων ορίζεται ως η μέση ομοιότητα μεταξύ όλων των δυνατών ζευγών δειγμάτων (Field et al., 1982). Η ανάλυση ομαδοποίησης, χρησιμοποιεί τη μήτρα ομοιότητας για να κατατάξει τα

δείγματα σε ομάδες έτσι ώστε σε κάθε ομάδα να συνυπάρχουν τα δείγματα με τη μεγαλύτερη ομοιότητα. Στη συνέχεια, μειώνοντας το επίπεδο ομοιότητας όλο και περισσότερο, ομαδοποιεί κάποιες από τις ομάδες έως ότου στο τελικό σημείο όλες οι ομάδες να ανήκουν σε ένα κλάδο του δενδρογράμματος. Το αποτέλεσμα της μεθόδου, λοιπόν, είναι ένα διάγραμμα (δενδρογράμμα) όπου ο άξονας x αντιπροσωπεύει το βαθμό ομοιότητας μεταξύ των ομάδων ενώ στον άξονα y απεικονίζεται ένας πλήρης κατάλογος με όλα τα δείγματα τα οποία συμμετέχουν στην ανάλυση.

Στην παραπάνω μέθοδο ωστόσο παρατηρούνται και ορισμένα μειονεκτήματα. Η δημιουργία ομάδων, για παράδειγμα, δεν συνεπάγεται αυτομάτως και συγγένεια μεταξύ των δειγμάτων μια και ομάδες δημιουργούνται ούτως ή άλλως. Επιπλέον, η ομαδοποίηση στον άξονα y δεν είναι μοναδική με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να συμπεράνουμε εύκολα ποιες ομάδες ή ποια δείγματα μέσα στις ομάδες είναι πιο κοντινά μεταξύ τους. Τέλος, ο χρήστης καλείται να αποφασίσει μόνος του που θα ορίσει τη διαχωριστική γραμμή διάκρισης των ομάδων.

2.5.3.3 Πολυδιάστατη διαβάθμιση (Multi-dimensional Scaling, MDS)

Η MDS είναι μια τεχνική που αναπτύχθηκε κυρίως από τις επιστήμες της ψυχολογίας και της κοινωνιολογίας (Kruskal & Wish, 1978), παρόλα αυτά έχει μεγάλη εφαρμογή και στις βιολογικές επιστήμες. Με την MDS δημιουργείται ένα διάγραμμα όπου απεικονίζονται τα n δείγματα σε ένα καθορισμένο αριθμό διαστάσεων (συνήθως δύο). Η μέθοδος αυτή βασίζεται σε έναν αλγόριθμο ο οποίος εκτελεί διαδοχικές δοκιμές και συγκρίσεις των αποστάσεων των δειγμάτων, βελτιώνοντας συνεχώς τις σχετικές τους θέσεις έως ότου βρεθεί ο βέλτιστος δυνατός συνδυασμός που να ικανοποιεί τις ανομοιότητες η οποίες υπάρχουν μεταξύ των δειγμάτων.

Τα βήματα που ακολουθούνται από τον συγκεκριμένο αλγόριθμο σε γενικές γραμμές είναι τα εξής: αρχικά τοποθετούνται όλα τα δείγματα πάνω στο δισδιάστατο διάγραμμα σε τυχαίες θέσεις. Ακολουθεί, εν συνεχεία, μια μη γραμμική παλινδρόμηση ανάμεσα στις αποστάσεις που υπάρχουν μεταξύ των σημείων και των ανομοιοτήτων τους. Γίνονται αλλαγές και δοκιμές των αρχικών τυχαίων σημείων έως ότου βρεθεί η βέλτιστη δυνατή παλινδρόμηση. Ο βαθμός προσαρμογής της

απεικόνισης των σημείων (δειγμάτων) με την ομοιότητά τους εκφράζεται με ένα μέγεθος το οποίο ονομάζεται stress. Γενικά μια σχετικά μικρή τιμή του stress δηλώνει μια επιτυχημένη απεικόνιση (Clarke, 1993):

- Για $\text{stress} < 0,05$ η διάταξη των δειγμάτων δίνει μια άριστη απεικόνιση των σχέσεών τους, χωρίς πιθανότητες παρερμηνείας.
- Για $\text{stress} < 0,1$ η διάταξη των δειγμάτων δίνει καλή απεικόνιση με ελάχιστες πιθανότητες παρερμηνείας.
- Για $\text{stress} < 0,2$ η διάταξη των δειγμάτων μπορεί να βοηθήσει, αλλά τα συμπεράσματα πρέπει να διασταυρωθούν με κάποια από άλλη μέθοδο.
- Για $\text{stress} > 0,3$ η διάταξη των δειγμάτων είναι σχεδόν τυχαία πάνω στο διάγραμμα.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της τεχνικής MDS είναι το γεγονός ότι χρησιμοποιεί ίσως την πιο κατάλληλη πληροφορία που μπορεί κανείς να βρει ανάμεσα σε διαφορετικά δείγματα, το κατά πόσο δηλαδή τα δείγματα αυτά είναι όμοια ή ανόμοια μεταξύ τους. Τέλος, δεν προϋποθέτει κανονικότητα κατανομής και ομοιογένεια διασπορών (Clarke & Green, 1988).

Τόσο για την κατασκευή δενδρογραμμάτων όσο και για την κατασκευή διαγραμμάτων MDS χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957)

2.5.3.4 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA)

Η PCA, εφαρμόζεται συνήθως για να γίνει σύνδεση των περιβαλλοντικών παραμέτρων με τους σταθμούς, είναι δυνατόν όμως να χρησιμοποιηθεί και για την δισδιάστατη απεικόνιση ειδών. Σε περιπτώσεις όπου οι ευκλείδειες αποστάσεις δεν είναι κατάλληλες για τη μέτρηση αποστάσεων ανάμεσα στα είδη (σταθμούς) είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται κάποια άλλη μέθοδος όπως είναι η MDS στην οποία έγινε αναφορά προηγουμένως. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος για να γίνει σύνδεση των περιβαλλοντικών με τους μήνες των δειγματοληψιών.

Η PCA (Jeffers, 1978; Pielou, 1984), αποτελεί μια από τις πιο ισχυρές και απλές τεχνικές μια και χρησιμοποιεί απευθείας τη μήτρα δεδομένων. Εφαρμόζεται

ευρέως σε όλα σχεδόν τα πεδία της οικολογίας καθώς και της ταξινομίας. Βασικά αυτό που κάνει η μέθοδος είναι να απεικονίζει όλους τους σταθμούς σε έναν πολυδιάστατο χώρο όπου κάθε σταθμός αποτελεί έναν άξονα. Η θέση αυτή, στη συνέχεια, των σταθμών προβάλλεται σε δύο ή τρεις άξονες και το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα δισδιάστατο διάγραμμα. Ο βασικός σκοπός της μεθόδου είναι να περιγράψει μια μήτρα δεδομένων μειώνοντας τις διαστάσεις της. Οι νέοι άξονες είναι πάντα αυτοί οι οποίοι επεξηγούν το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό της διακύμανσης των δεδομένων και επιλέγονται με τρόπο τέτοιο ώστε να μην υπάρχει συσχέτιση μεταξύ τους. Η τεχνική αυτή είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να ανακαλύπτει γραμμικές σχέσεις ανάμεσα στα δεδομένα, για αυτό το λόγο στις περιπτώσεις μη γραμμικών σχέσεων δεν ενδείκνυται. Η κατασκευή της μήτρας μπορεί να γίνει είτε με βάση τη διακύμανση/ συνδιακύμανση (*variance-covariance matrix*) είτε με βάση τις συσχετίσεις (*correlation matrix*). Στην προκειμένη περίπτωση γίνεται χρήση της μήτρας συσχετίσεων.

2.5.3.5 Σύνδεση Βιοτικών και Αβιοτικών Παραμέτρων με τη μέθοδο BIO-ENV

Η μέθοδος BIO-ENV (Clarke & Ainsworth, 1993), εξετάζει τις σχέσεις ανάμεσα στα πανιδικά δεδομένα μιας βιοκοινωνίας και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Πρόκειται για μια μέθοδο ιδιαίτερα αποτελεσματική για τα θαλάσσια δεδομένα. Τα σύνολα των βιοτικών και αβιοτικών δεδομένων δέχονται μετασχηματισμούς και στη συνέχεια υπολογίζονται ανεξάρτητα οι μήτρες ομοιότητας. Για τα μεν πανιδικά δεδομένα χρησιμοποιείται ο δείκτης Bray-Curtis ενώ οι αποστάσεις των περιβαλλοντικών παραμέτρων υπολογίζονται γεωμετρικά (Ευκλείδειες αποστάσεις). Η μήτρα ομοιότητας των πανιδικών δεδομένων υπολογίζεται μία φορά ενώ η μήτρα των αβιοτικών υπολογίζεται τόσες φορές όσοι είναι και οι πιθανοί συνδυασμοί των παραμέτρων και για κάθε επίπεδο πολυπλοκότητας (δηλαδή αρχικά κατασκευάζονται μήτρες με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς 2 παραγόντων, μετά με 3, κ.ο.κ.).

Κατά την διαδικασία αυτή υπολογίζεται ένας συντελεστής συσχέτισης (ρ_w) ανάμεσα στις μήτρες των βιοτικών και των αβιοτικών παραμέτρων. Έτσι τελικά επιλέγεται ένα υποσύνολο από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους το οποίο δίνει τη μεγαλύτερη συσχέτιση με τη μήτρα των πανιδικών δεδομένων και το οποίο εξηγεί καλύτερα τη δομή της συγκεκριμένης βιοκοινωνίας.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν συνδέεται άμεσα με τη μέθοδο MDS που επιλέγεται, γεγονός που επιτρέπει τη χρήση ανεξάρτητης τεχνικής απεικόνισης των πανιδικών δεδομένων. Παρόλα αυτά ένα μεγάλο μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι στην αρκετά συνηθισμένη περίπτωση που κάποιες από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους συσχετίζονται μεταξύ τους θα πρέπει αυτές να εξαιρεθούν από την ανάλυση.

2.5.3.6 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών ειδών

Σε πολλές οικολογικές μελέτες παρουσιάζει ενδιαφέρον ο καθορισμός των ειδών που είναι υπεύθυνα για τις παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των συναθροίσεων. Για τον προσδιορισμό των ειδών αυτών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος SIMPER (Clarke, 1993). Με τη συγκεκριμένη μέθοδο μπορεί να υπολογιστεί η συμμετοχή του κάθε είδους χωριστά στη συνολική μέση ανομοιότητα που υπάρχει μεταξύ δύο ομάδων δειγμάτων, καθώς και η συμμετοχή κάθε είδους στη συνολική ομοιότητα που υπάρχει μέσα στην κάθε ομάδα. Με τον τρόπο αυτό, αφενός, εντοπίζουμε τα είδη στα οποία οφείλεται ο διαχωρισμός των δειγμάτων σε διακριτές ομάδες, αφετέρου, διαπιστώνουμε ποια είδη είναι χαρακτηριστικά κάθε ομάδας με την έννοια της μεγάλης συμμετοχής τους στην συνολική ομοιότητα εντός της ομάδας.

2.5.4 Ανάλυση Ποικιλότητας

Προκειμένου να περιγραφεί αναλυτικότερα η δομή μιας συνάθροισης εφόσον η αφθονία κάθε είδους ποικίλει, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι δείκτες ποικιλότητας (Magurran, 2004) οι οποίοι εκτιμούν την ποικιλότητα λαμβάνοντας υπόψη δύο σημαντικά στοιχεία: α) τον αριθμό των ειδών (*species richness*) και β) το βαθμό της ισομερούς κατανομής των ατόμων ανάμεσα στα είδη ή αλλιώς ομοιομορφία (*equitability* ή *evenness*). Οι δείκτες αυτοί περιγράφονται από τον όρο *δείκτες ετερογένειας* και καθένας τους δίνει περισσότερη βαρύτητα στο ένα από τα δύο παραπάνω στοιχεία της ποικιλότητας χωρίς να έχει βρεθεί ακόμα ένας δείκτης που να περιγράφει ολοκληρωμένα και τα δύο αυτά στοιχεία.

Η αντίδραση μιας βιοκοινωνίας σε μια μη καταστροφική διατάραξη, πολύ πιθανόν να είναι μια αλλαγή στο βαθμό της ισομερούς κατανομής των ειδών της, καθώς ορισμένα είδη θα ωφεληθούν και θα ευδοκιμήσουν ενώ άλλα θα περιέλθουν σε δυσμενείς συνθήκες. Κατά συνέπεια, δείκτες που δίνουν μεγαλύτερο βάρος στο βαθμό ισομερούς κατανομής είναι μάλλον πιο ικανοί να περιγράψουν ήπιες

διαταραχές. Αντιθέτως, συγκρίνοντας δύο εντελώς διαφορετικές βιοκοινωνίες μεταξύ τους με διαφορετικά σύνολα ειδών, τότε το γεγονός πως ο βαθμός της ισομερούς κατανομής θα διαφέρει ανάμεσα στις δύο βιοκοινωνίες είναι ουσιαστικά χωρίς νόημα. Έτσι, αν μια διατάραξη είναι αρκετά ισχυρή ώστε να αλλάξει εντελώς τον κατάλογο των ειδών μιας βιοκοινωνίας τότε μας είναι αδύνατον να προβλέψουμε το βαθμό της ισομερούς κατανομής της νέας βιοκοινωνίας. Σε αυτήν την περίπτωση οι δείκτες που βασίζονται περισσότερο στον αριθμό των ειδών είναι πολύ πιθανόν να είναι πιο χρήσιμοι.

Σύμφωνα με τους Heip et al. (1988), προκειμένου να παρέχονται όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά της ποικιλότητας μιας συνάθροισης, συνιστάται η χρήση της σειράς των αριθμών του Hill (N0, N1, N2 και NInf) η οποία θεωρείται ως ένα ενοποιητικό μοντέλο για όλους τους δείκτες ποικιλότητας που έχουν προταθεί (Legendre & Legendre, 1983). Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν οι: Shannon (H') και Margalef (d), οι οποίοι δίνουν μεγαλύτερη βαρύτητα στον αριθμό των ειδών και δύο ακόμα με μεγαλύτερη βαρύτητα στο βαθμό της ισομερούς κατανομής, οι Pielou (J') και Ewens-Caswell (V). Χρησιμοποιήθηκαν τέλος και οι καμπύλες k-dominance οι οποίες αποτελούν μια γραφική απεικόνιση της κατανομής των ειδών και των αφθονιών τους.

2.5.4.1 Ο δείκτης Shannon-Wiener (H') (Shannon & Weaver 1949)

Ο δείκτης αυτός έχει χρησιμοποιηθεί περισσότερο από όλους τους άλλους δείκτες στην ανάλυση των βιοκοινωνιών. Η κατώτερη τιμή που μπορεί να πάρει είναι μηδέν, όταν όλα τα άτομα ανήκουν σε ένα και μοναδικό είδος. Αντίθετα δεν έχει μέγιστη τιμή εκτός από τη θεωρητική περίπτωση όπου όλα τα είδη έχουν ακριβώς τον ίδιο αριθμό ατόμων. Ο δείκτης Shannon-Wiener (H') υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (p_i)(\text{Log}_2 p_i)$$

όπου: S = ο αριθμός των ειδών του δείγματος

p_i = η σχετική πυκνότητα του είδους i

Ο δείκτης αυτός προϋποθέτει ότι τα άτομα του δείγματος συλλέγονται τυχαία από πολύ μεγάλους (άπειρους) πληθυσμούς και ότι όλα τα είδη της βιοκοινωνίας αντιπροσωπεύονται. Επειδή όμως κάτι τέτοιο είναι αδύνατον ενώ συνήθως ο αριθμός

των ατόμων στο δείγμα είναι μικρότερος του πραγματικού, ο δείκτης περικλείει υποκειμενική εκτίμηση. Επηρεάζεται δηλαδή πολύ από το μέγεθος του δείγματος.

2.5.4.2 Ο δείκτης Margalef (d) (Margalef 1958)

Ο δείκτης του Margalef εκφράζει τον αριθμό των ειδών σε μια οργανισμική συνεύρεση και επηρεάζεται από το μέγεθος του δείγματος (Hairstone, 1959). Είναι επίσης από τους πλέον χρησιμοποιούμενους στη θαλάσσια οικολογία και εκφράζει τον αριθμό των ειδών στο δείγμα. Παρόλο που λαμβάνει υπόψη του το μέγεθος του δείγματος επηρεάζεται αρκετά από αυτό με αποτέλεσμα να παρουσιάζει και αυτός τα ίδια προβλήματα με το δείκτη του Shannon-Wiener (H'). Ο δείκτης του Margalef υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$d = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

όπου: S = ο αριθμός των ειδών του δείγματος

N = ο αριθμός των ατόμων του δείγματος

2.5.4.3 Ο δείκτης της ισομερούς κατανομής Pielou (J') (Pielou 1969)

Οι δείκτες ισομερούς κατανομής περιγράφουν πως κατανέμονται τα άτομα ανάμεσα στα είδη. Ένας τρόπος να εκτιμήσουμε το μέγεθος αυτό είναι χρησιμοποιώντας το δείκτη H και υπολογίζοντας το λόγο της παρατηρούμενης ποικιλότητας προς τη θεωρητική μέγιστη H_{\max} η οποία όπως προαναφέρθηκε, επιτυγχάνεται όταν όλα τα είδη στη βιοκοινωνία μας έχουν ακριβώς τον ίδιο αριθμό ατόμων. Φυσικά, επειδή στους υπολογισμούς συμμετέχει και ο αριθμός των ειδών που έχουμε στο δείγμα μας, ο δείκτης αυτός εξαρτάται επίσης από το μέγεθος του δείγματος. Ένα άλλο μειονέκτημα του δείκτη αυτού είναι πως είναι πολύ ευαίσθητος στις αλλαγές του αριθμού (πρόσθεση-αφαίρεση) των πολύ σπάνιων ειδών του δείγματος (Heip et al., 1988). Ο δείκτης J υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$J = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

όπου H = ο δείκτης ποικιλότητας του Shannon χρησιμοποιώντας \log_2 .

2.5.4.4 Ουδέτερο μοντέλο του Caswell (V) (Caswell 1976)

Ο Caswell (1976), πρότεινε ένα ουδέτερο μοντέλο το οποίο υποτίθεται εξαλείφει όλες τις παραμέτρους που παίζουν κάποιο ρόλο στο σχηματισμό μιας βιοκοινωνίας, όπως είναι για παράδειγμα αλληλεπιδράσεις μεταξύ ειδών ή η διαφορετική απόκριση σε τυχόν αλλαγές του περιβάλλοντος. Το μοντέλο αυτό δημιουργεί μια οικολογικά «ουδέτερη» βιοκοινωνία η οποία έχει τον ίδιο αριθμό ειδών και ατόμων με αυτήν που μελετούμε. Στη συνέχεια υπολογίζει τη θεωρητική ποικιλότητα αυτής της βιοκοινωνίας $[E(H)]$ την οποία συγκρίνει με την παρατηρούμενη ποικιλότητα (H). Η απόκλιση (V) της παρατηρούμενης ποικιλότητας από τη θεωρητική υπολογίζεται στη συνέχεια από την εξίσωση:

$$V = \left[\frac{H - E(H)}{\sigma[E(H)]} \right]$$

όπου: H = ο δείκτης ποικιλότητας του Shannon χρησιμοποιώντας φυσικούς λογάριθμους (ln)
[E(H)] = η θεωρητική ποικιλότητα
 $\sigma[E(H)]$ = η τυπική απόκλιση της θεωρητικής ποικιλότητας

Όταν η τιμή του V είναι μηδέν τότε το δείγμα υποτίθεται πως προήλθε από μια «ουδέτερη» βιοκοινωνία. Όταν η τιμή του V δεν είναι μηδέν τότε η βιοκοινωνία μας δεν είναι ουδέτερη. Έτσι θετικές τιμές του V δείχνουν μεγάλο βαθμό ισομερούς κατανομής ενώ αντίθετα αρνητικές τιμές δείχνουν μεγάλη επικράτηση. Στην περίπτωση αυτή ο Caswell (1976), θεωρεί ότι το πρότυπο κατανομής επηρεάζεται από παράγοντες διατάραξης που αποσταθεροποιούν την εσωτερική ισορροπία που επιτυγχάνει η βιοκοινωνία. Για τιμές του V μικρότερες από -2 ή μεγαλύτερες από +2 δεχόμαστε σημαντική απόκλιση του δείκτη V από το μοντέλο ουδετερότητας (Clarke & Warwick, 1989; Warwick et al., 1990).

2.5.4.5 Η σειρά αριθμών του Hill (Hill 1973)

Η σειρά των αριθμών του Hill θεωρείται ως ένα ενοποιητικό μοντέλο για όλους τους δείκτες ποικιλότητας που έχουν προταθεί (Legendre & Legendre, 1983). Η σειρά αυτή υπολογίζει την ποικιλότητα (N) διαφορετικών τάξεων. Έτσι η ποικιλότητα N της τάξης a υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$N_a = \left(\sum_i p_i^a \right)^{\frac{1}{1-a}}$$

όπου: p_i = η αναλογική αφθονία του είδους i στο δείγμα
 όταν $a = 0$ το N_a ταυτίζεται με τον αριθμό ειδών (S) στο δείγμα
 όταν $a = 1$ το N_a ταυτίζεται με την εκθετική συνάρτηση του δείκτη Shannon (H)
 όταν $a = 2$ το N_a ταυτίζεται με τον αντίστροφο του δείκτη του Simpson

Ο Saito (1976), παρατηρεί ότι με τη σειρά των αριθμών του Hill έγινε προφανές ότι υπάρχει μια συνέχεια στους δείκτες ποικιλότητας οι οποίοι σε τελική ανάλυση διαφέρουν ως προς την τάση τους να αγνοούν ή να περικλείουν τα σχετικά σπάνια είδη. Έτσι ο αριθμός N_{inf} της τάξης $+\infty$, λαμβάνει υπόψη του μόνο τα πολύ κοινά είδη. Στο άλλο άκρο ο αριθμός N_{-inf} της τάξης $-\infty$, λαμβάνει υπόψη του μόνο τα πολύ σπάνια είδη και αγνοεί παντελώς τα άφθονα. Οι υπόλοιποι αριθμοί (N_0 , N_1 και N_2) βρίσκονται ανάμεσα σε αυτό το φάσμα. Όπως παρατηρούν και οι Heip et al. (1988), είναι πολύ χρήσιμο να δίδεται η ποικιλότητα μιας βιοκοινωνίας χρησιμοποιώντας αριθμούς με διαφορετικές τάξεις ιδιαίτερα στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει να εκτιμήσουμε το βαθμό της ισομερούς κατανομής.

2.5.4.6 Γραφική απεικόνιση με τις καμπύλες k-dominance (Lambhead et al. 1983)

Οι καμπύλες αυτές είναι μια γραφική παράσταση του αθροιστικού αριθμού ατόμων έναντι του αριθμού των ειδών. Στα διαγράμματα αυτά όσο πιο χαμηλά βρίσκεται μια καμπύλη τόσο πιο μεγάλη η ποικιλότητα της. Αν οι καμπύλες δεν τέμνονται, τότε αυτή που είναι υποκείμενη των υπολοίπων θα έχει πάντα τη μεγαλύτερη ποικιλότητα ανεξάρτητα από το δείκτη που θα χρησιμοποιήσουμε. Αν οι καμπύλες τέμνονται σε κάποιο σημείο πρακτικά σημαίνει πως τα δείγματα αυτά δεν μπορούν να συγκριθούν με βάση την ποικιλότητα τους διότι τα δείγματα έχουν ουσιαστικά την ίδια ποικιλότητα αλλά διαφορετικές κατανομές. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι πως μπορούμε να συγκρίνουμε τον τρόπο με τον οποίο κατανέμονται τα άτομα ανάμεσα στα είδη δύο δειγμάτων χρησιμοποιώντας κατά κάποιον τρόπο μια ενιαία κλίμακα. Έτσι δεν χάνεται πολύτιμη πληροφορία από την εξαγωγή ενός μοναδικού αριθμού (όπως συμβαίνει με τους δείκτες ποικιλότητας) ο οποίος περιγράφει τη βιοκοινωνία.

Η μέθοδος αυτή είναι πολύ χρήσιμη όταν δεν υπάρχει στο δείγμα μας κάποιο είδος το οποίο να εμφανίζει υπερβολικά μεγάλη επικράτηση (Shaw et al., 1983). Έτσι

μπορούμε σε μια γραφική παράσταση να συγκρίνουμε μαζί τα k πιο άφθονα είδη κάθε φορά. Συμπερασματικά, μια βιοκοινωνία έχει μεγαλύτερη επικράτηση αν για όλα τα πιθανά k δυο διαφορετικών δειγμάτων η καμπύλη k -dominance του ενός είναι πάντα μεγαλύτερη ή το πολύ ίση με την k -dominance του άλλου. Επομένως, μιας και η επικράτηση έχει την αντίθετη έννοια από την ποικιλότητα καθώς και το βαθμό της ισομερούς κατανομής, μια βιοκοινωνία θα είναι πιο ποικιλόμορφη από μια άλλη αν για όλα τα πιθανά k η καμπύλη k -dominance της συγκεκριμένης βιοκοινωνίας βρίσκεται πάντα κάτω από την καμπύλη της δεύτερης βιοκοινωνίας. Αν όμως οι δύο καμπύλες τέμνονται σε κάποιο σημείο τότε οι δύο βιοκοινωνίες δεν μπορούν να συγκριθούν ως προς την ποικιλότητα τους.

2.6 Λογισμικό

Οι στατιστικές αναλύσεις των δεδομένων, περιβαλλοντικών και πανιδικών, πραγματοποιήθηκαν σε περιβάλλον Windows XP.

Για την κατασκευή των πινάκων έγινε χρήση του λογισμικού Microsoft Office Excel, για τον έλεγχο των συσχετίσεων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο STATISTICA v.6.0 και για τις πολυπαραγοντικές αναλύσεις έγινε χρήση του στατιστικού πακέτου Primer v.6.1.5 (*Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research*).

3. Αποτελέσματα

3.1 Περιβαλλοντικές παράμετροι

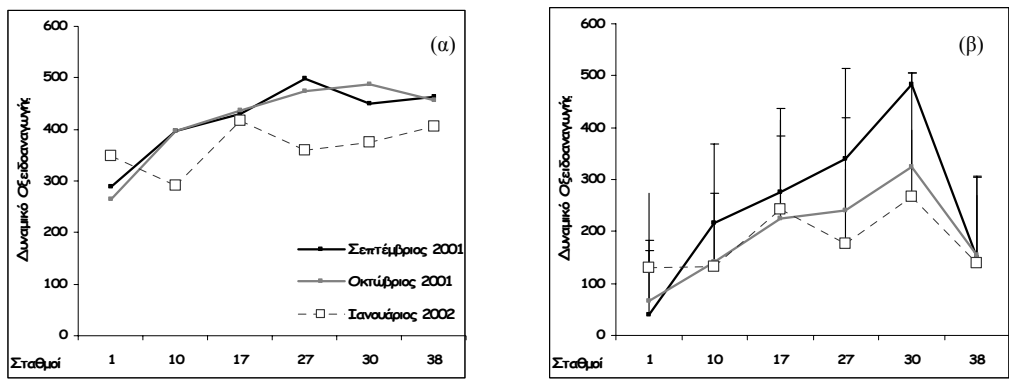
Οι δειγματοληψίες, προκειμένου να μελετηθούν οι επιδράσεις της μηχανότρατας στο βενθικό οικοσύστημα, χωρίστηκαν σε τρεις περιόδους. Η πρώτη δειγματοληψία έλαβε χώρα ακριβώς πριν την έναρξη της αλιευτικής περιόδου, Σεπτέμβριος του 2001 και οι επόμενες δύο πραγματοποιήθηκαν ένα και τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της χρήσης της μηχανότρατας, τους μήνες Οκτώβριο του 2001 και Ιανουάριο του 2002 αντίστοιχα. Στον πίνακα 7.1 του παραρτήματος παρουσιάζονται τα βάθη και οι συντεταγμένες των σταθμών καθώς και οι μέσοι όροι των τιμών των περιβαλλοντικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών.

3.1.1 Θερμοκρασία

Οι σχετικά υψηλές τιμές της θερμοκρασίας του υπερκείμενου νερού παρουσίασαν μικρή διακύμανση, 16 °C - 21 °C, στους διάφορους σταθμούς κατά τη διάρκεια των δύο πρώτων δειγματοληπτικών περιόδων (Σεπτέμβριος και Οκτώβριος 2001). Ενώ κατά την τρίτη δειγματοληπτική περίοδο τον μήνα Ιανουάριο 2002 η θερμοκρασία παρουσίασε μειωμένες τιμές οι οποίες κυμαίνονταν από 9 °C έως 10 °C.

3.1.2 Δυναμικό Οξειδοαναγωγής

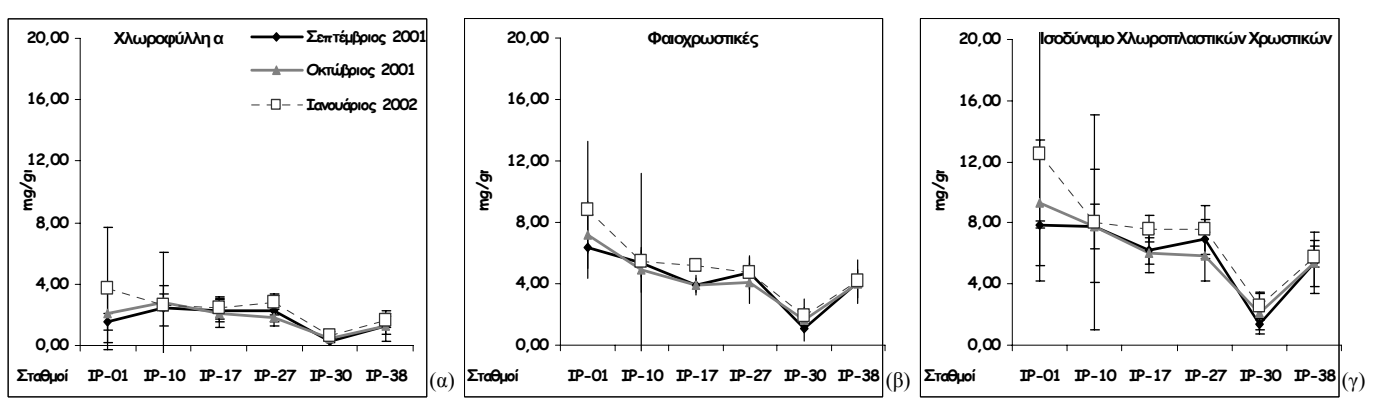
Στην εικόνα 3.1 παρουσιάζεται η διακύμανση του δυναμικού οξειδοαναγωγής στην διεπιφάνεια νερού ιζήματος (διάγραμμα 3.1α) και 5 cm εντός του ιζήματος (διάγραμμα 3.1β). Σημαντικό είναι το γεγονός ότι σε όλα τα κλάσματα των πυρήνων του ιζήματος οι τιμές του δυναμικού οξειδοαναγωγής βρέθηκαν θετικές. Αυτό οφείλεται στην έντονη κυματική και ρευματική δραστηριότητα (Kontoyiannis et al., 2003), στις εποχικές καταιγίδες (Tragou et al., 2005) και την έντονη μετακίνηση και ανάμειξη του ιζήματος του βυθού εξαιτίας της σύρσης της μηχανότρατας, προκαλώντας ανανέωση του μεσοδιαστηματικού νερού και κατά συνέπεια καλή οξυγόνωση.



Εικόνα 3.1: Διακύμανση του Δυναμικού Οξειδοαναγωγής στη διεπιφάνεια νερού ιζήματος (α) και εντός του ιζήματος (β).

3.1.3 Χλωροπλαστικές Χρωστικές

Στην εικόνα 3.2 παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης α (3.2.α), των φαιοχρωστικών (3.2.β) και του ισοδύναμου των χλωροπλαστικών χρωστικών (3.2.γ). Γενικά παρατηρείται μια από βορρά προς νότο διαβάθμιση των τιμών των συγκεντρώσεων των χλωροπλαστικών χρωστικών, και του ισοδύναμού τους, καθώς και μια διακύμανση εξαιτίας της εναλλαγής των εποχών και των εποχικών πλημμυρών των ποταμών που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Παράλληλα, οι συγκεντρώσεις τόσο της χλωροφύλλης α όσο και των φαιοχρωστικών είναι αρκετά υψηλές γεγονός που υποδεικνύει διαθεσιμότητα τροφής τόσο εξαιτίας της εισροής οργανικού υλικού από τις εκβολές των ποταμών και τον κόλπο της Θεσσαλονίκης όσο και εξαιτίας της ανάδευσης αυτού με τη χρήση της μηχανότρατας.

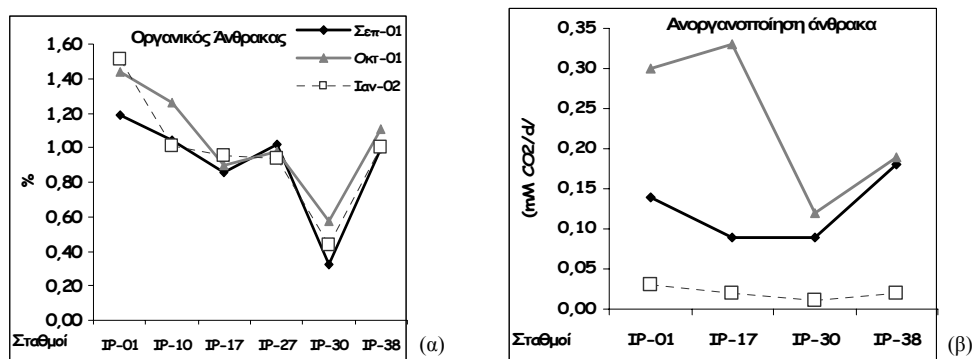


Εικόνα 3.2: Διακύμανση χλωροφύλλης α (Chl α) (α) και φαιοχρωστικών (β) και ισοδύναμου χλωροπλαστικών χρωστικών (CPE) (γ)

3.1.4 Οργανικός άνθρακας

Στην εικόνα 3.3 παρουσιάζεται η διακύμανση του ποσοστού του οργανικού άνθρακα και του ρυθμού ανοργανοποίησής του στο ίζημα. Οι σταθμοί που βρίσκονται εσωτερικά του Θερμαϊκού κόλπου παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές

οργανικού άνθρακα. Οι τιμές αυτές τείνουν να μειώνονται προς τους νότιους και απομακρυσμένους από την ακτή σταθμούς, όπως και με τις τιμές των συγκεντρώσεων των χλωροπλαστικών χρωστικών. Τα ποσοστά ανοργανοποίησης του άνθρακα φαίνεται να λαμβάνουν μέγιστες τιμές κατά τον Οκτώβριο του 2001, συγκριτικά με αυτά του Σεπτεμβρίου ενώ ταυτόχρονα μειώνονται απότομα πλησιάζοντας μηδενικές τιμές κατά τον Ιανουάριο του 2002.



Εικόνα 3.3: Διακύμανση ποσοστού οργανικού άνθρακα (α) και ρυθμός ανοργανοποίησης οργανικού άνθρακα (mM CO₂/d/g).

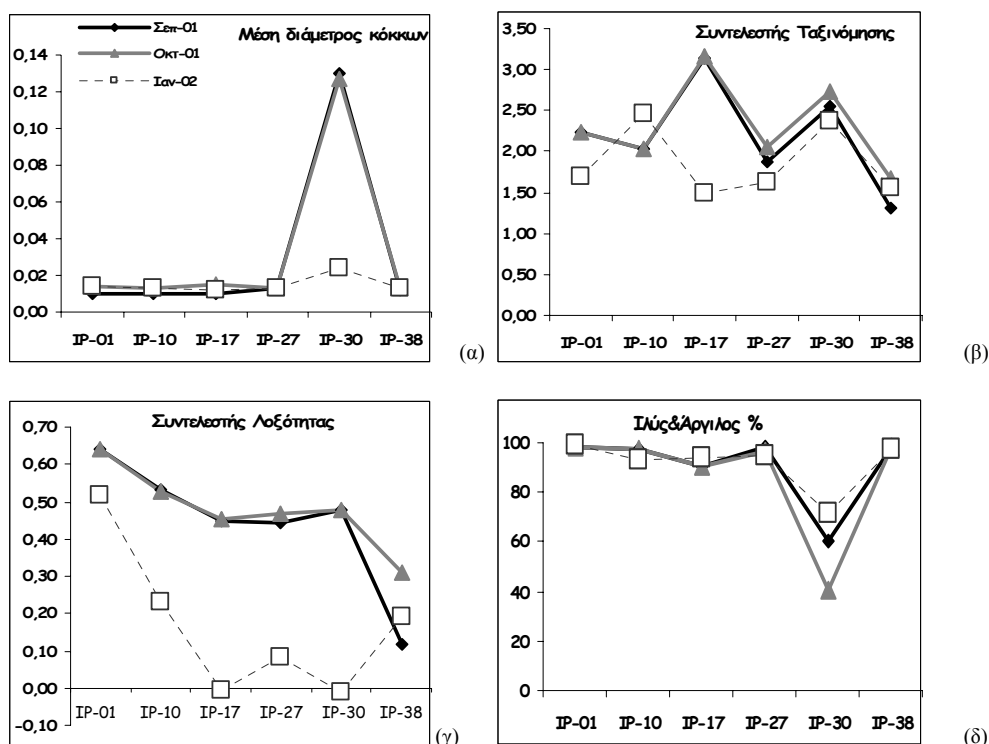
3.1.5 Κοκκομετρική Σύσταση Ιζήματος

Στην εικόνα 3.4 παρατίθενται τα διαγράμματα με τη διακύμανση των χαρακτηριστικών του ιζήματος. Σύμφωνα με τις τιμές της μέσης διαμέτρου κόκκων (εικόνα 3.4.α) τα ιζήματα όλων των υπό μελέτη σταθμών χαρακτηρίζονται ιλυώδη με μέση διάμετρο κόκκων να κυμαίνεται από 0,012 έως 0,024 mm. Εξάιρεση αποτελεί ο σταθμός IP-30 καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών του οποίου το ιζημα χαρακτηρίζεται ως λεπτόκοκκη άμμος.

Η ταξινόμηση, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.4.β, για τα ιζήματα στις περιοχές μελέτης του Θερμαϊκού κόλπου χαρακτηρίζεται φτωχή έως πολύ φτωχή, με τιμές που κυμαίνονται από 1,30 έως 3,15, υποδεικνύοντας μεγάλη ετερογένεια ιζήματος στο βυθό του Θερμαϊκού όπου συναντάται σε χαμηλής ενέργειας περιοχές που χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλή κυματική και ρευματική δραστηριότητα (Gray, 1981) παρόλο που σύμφωνα με τους Kontoyiannis et al. (2003) παρατηρείται έντονη κυματική και ρευματική δραστηριότητα. Η ετερογένεια του ιζήματος επομένως, οφείλεται στον έντονο βαθμό ιζηματοπόθεσης εξαιτίας των φερτών υλών από τις εκβολές των ποταμών. Στην εικόνα 3.4.γ φαίνονται τα αποτελέσματα του συντελεστή λοξότητας. Οι μέσες τιμές του κυμαίνονται από 0,00 έως 0,64 όπου είναι ευδιάκριτη η ασυμμετρία των κόκκων του ιζήματος ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται επικράτηση των αδρότερων μεριδίων έναντι των λεπτότερων. Οι τιμές καθ' όλη την

διάρκεια των δειγματοληψιών είναι θετικές γεγονός που υποδηλώνει την επικράτηση κόκκων ιζήματος μεγέθους μεγαλύτερου της μέσης διαμέτρου κόκκων (Folk, 1966, Higgins & Thiel, 1988).

Τα ποσοστά ιλύος αργίλου, σύμφωνα με το διάγραμμα 3.4.δ, σε όλους του σταθμούς, πλην του IP-30, κυμαίνονται από 90,84 έως 99,14 %, γεγονός που επιβεβαιώνει τον χαρακτηρισμό του ιζήματος ως ιλυώδους. Εξάιρεση αποτελεί και πάλι ο σταθμός IP-30 καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών όπου τα ποσοστά ιλύος και αργίλου έχουν τις χαμηλότερες τους τιμές να κυμαίνονται από 40,92 έως 71,13 %.



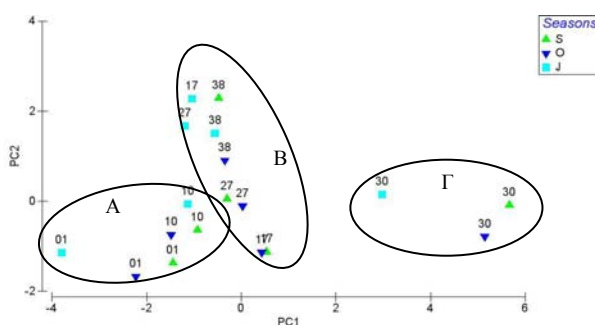
Εικόνα 3.4: Ιστογράμματα των διαφόρων χαρακτηριστικών του ιζήματος: α) της μέσης διαμέτρου κόκκων (MD), β) του συντελεστή ταξινόμησης (σ₁), γ) του συντελεστή λοξότητας (Sk₁) και δ) του ποσοστού επί τις εκατό ιλύος αργίλου.

3.1.6 Ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA)

Στα περιβαλλοντικά δεδομένα, προτού εφαρμοστεί η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA), εφαρμόστηκε ο μετασχηματισμός $\text{Log}(\chi+1)$, διότι οι συνθήκες γραμμικότητας και έλλειψης ασυμμετρίας είναι δυνατόν να ικανοποιηθούν με τη χρήση του συγκεκριμένου μετασχηματισμού (Clarke & Warwick, 1994). Η εφαρμογή της PCA στα περιβαλλοντικά δεδομένα του συνόλου των σταθμών (εικόνα 3.5) υπέδειξε πως οι δύο πρώτοι άξονες εξηγούν ένα ικανοποιητικό ποσοστό, 57,1 και

15,5% αντίστοιχα (72,6% συνολικά), της μεταβλητότητας των σταθμών και μας επιτρέπει να διακρίνουμε την ύπαρξη τριών βασικών ομάδων.

Συγκεκριμένα, στην ομάδα Α φαίνεται να ομαδοποιούνται οι σταθμοί IP-1 και IP-10, οι οποίοι βρίσκονται εσωτερικά του Θερμαϊκού κόλπου, έχουν το μικρότερο βάθος, πολύ κοντά στον κόλπο της Θεσσαλονίκης και επηρεάζονται από τις εκροές των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα καθώς και από τα αστικά λύματα του λιμανιού της Θεσσαλονίκης. Στην δεύτερη ομάδα (B) ανήκουν οι σταθμοί IP-17, IP-27 και IP-38, οι οποίοι βρίσκονται σε μεγαλύτερα βάθη, δυτικά του κόλπου και επηρεάζονται από τις εκροές των ποταμών Πηνειού, Γαλλικού και Λουδία. Εξαιρέση αποτελεί ο σταθμός IP-30 ο οποίος δημιουργεί μια ομάδα από μόνος του, βρίσκεται στο κέντρο του κόλπου, δεν έχει άμεσες επιρροές από τις εκροές των ποταμών ή των αστικών λυμάτων και έχει πολύ διαφορετική κοκκομετρική σύσταση.



Εικόνα 3.5: Διάγραμμα της διάταξης PCA για όλα τα δεδομένα, βασισμένο στους δύο πρώτους σημαντικότερους άξονες.

Για τη χωρική και χρονική ετερογένεια που παρατηρείται κατά μήκος του πρώτου άξονα σημαντικό ρόλο παίζουν οι παράμετροι που συσχετίζονται με τη διαθεσιμότητα τροφής (αρνητική συσχέτιση με οργανικού άνθρακα, χλωροφύλλη, φαιοχρωστικές, CPE) και τον τύπο του ιζήματος (θετική συσχέτιση με μέση διάμετρο κόκκων και αρνητική με ποσοστό ιλύος αργίλου) ενώ η μεταβλητότητα κατά μήκος του δεύτερου άξονα εξηγείται σε μεγάλο ποσοστό από παράγοντες που ερμηνεύουν τον τύπο του ιζήματος (αρνητική συσχέτιση με συντελεστές ταξινόμησης και λοξότητας). Η μεταβλητότητα κατά μήκος του τρίτου άξονα εξηγείται σε μεγάλο ποσοστό από παράγοντες που ερμηνεύουν τη διαθεσιμότητα τροφής (Chl-a) και το δυναμικό οξειδοαναγωγής. Τέλος η μεταβλητότητα κατά μήκος των δύο τελευταίων αξόνων (PC4 και PC5) εξηγείται από παράγοντες που ερμηνεύουν τη σύσταση του ιζήματος και το δυναμικό οξειδοαναγωγής.

3.2 Μειοπανίδα

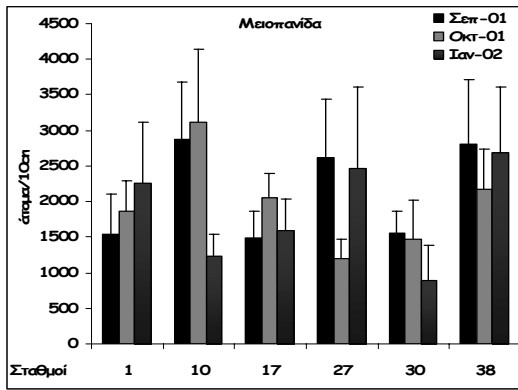
3.2.1 Γενική περιγραφή

Μετά την διαδικασία της διαλογής των μειοβενθικών οργανισμών στο εργαστήριο βρέθηκε πως οι κυριότερες από την άποψη της μεγαλύτερης αφθονίας ταξινομικές ομάδες οι οποίες συναντώνται στην περιοχή μελέτης είναι οι νηματώδεις, τα κωπήποδα, τα κινόρρυγα, οι πολύχαιτοι, οι στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες, τα οστρακώδη και τα δίθυρα μαλάκια, οι αφθονίες των οποίων παρατίθενται στον πίνακα 7.2 του παραρτήματος.

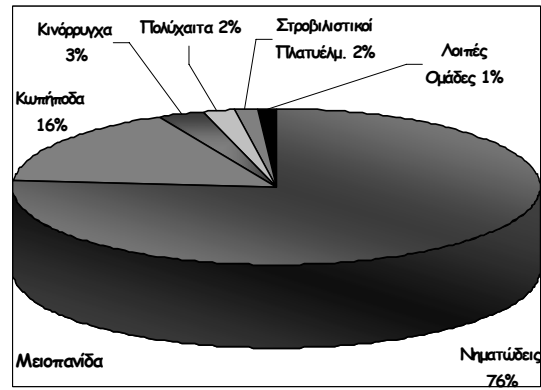
Η μελέτη της πληθυσμιακής δομής των μειοβενθικών ομάδων και η απόκρισή τους στην εντατική αλίευση με χρήση της μηχανότρατας πραγματοποιήθηκε και δημοσιεύτηκε από τους Lampadariou et al. (2005), για το λόγο αυτό παρατίθενται επιγραμματικά μόνο κάποια εισαγωγικά στοιχεία για το σύνολο της μειοπανίδας. Εν συνεχεία παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης που αφορούν στους πληθυσμούς των νηματωδών στο επίπεδο του γένους.

Στο διάγραμμα της εικόνας 3.6 παρουσιάζεται η διακύμανση του συνόλου της μειοπανίδας κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληπτικών περιόδων ανά σταθμό. Σύμφωνα με τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν, ένα μήνα πριν την έναρξη της αλιευτικής περιόδου με χρήση της μηχανότρατας και ένα και τέσσερις μήνες μετά, οι μειοπανιδικοί πληθυσμοί εμφανίζουν τη μέγιστη αφθονία στα 3.116 άτομα/10cm² τον Οκτώβριο του 2001 στο σταθμό IP-10 και την ελάχιστη στα 889 άτομα/10cm² τον Ιανουάριο του 2002 στο σταθμό IP-30. Γενικά στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων η μειοπανίδα συναντάται σε αφθονίες οι οποίες κυμαίνονται από 1.200 έως 2.800 άτομα/10cm² με έντονες διακυμάνσεις όπως φαίνεται στο αντίστοιχο διάγραμμα και σύμφωνα με τις τιμές των τυπικών αποκλίσεων.

Στην εικόνα 3.7 παρουσιάζονται οι αφθονίες, σε ποσοστά επί της εκατό (%), των 5 κύριων ομάδων επί του συνόλου της μειοπανίδας που βρέθηκε στο σύνολο των δειγμάτων. Οι πιο άφθονες ταξινομικές ομάδες είναι οι νηματώδεις και τα κωπήποδα οι οποίες κατέχουν περίπου το 92 % του συνόλου της πανίδας. Η επόμενη πιο άφθονη ταξινομική ομάδα είναι τα κινόρρυγα με ποσοστό αφθονίας 3% και ακολουθούν οι ομάδες των στροβιλιστικών πλατυέλμινθων και των πολυχαιτών με ποσοστό αφθονίας 2 % η κάθε μια ενώ ταυτόχρονα με ποσοστό αφθονίας μόλις 1 % στο σύνολό τους συμμετέχουν όλες οι υπόλοιπες ομάδες.



Εικόνα 3.6: Διακύμανση της συνολικής αφθονίας της μειοπανίδας



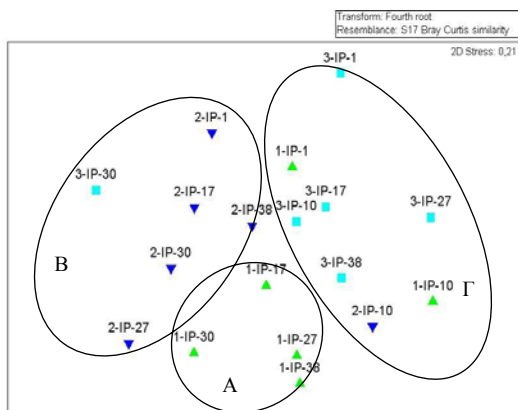
Εικόνα 3.7: Μέση ποσοστιαία συμμετοχή των κυριότερων ταξινομικών ομάδων του μειοβένθους

3.2.2 Πολυπαραγοντικές Αναλύσεις

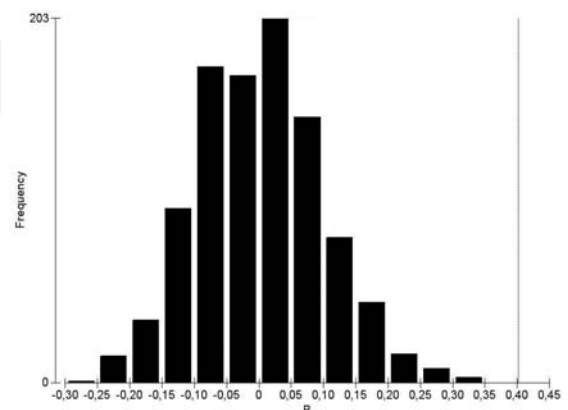
3.2.2.1 Ανάλυση πολυδιάστατης διαβάθμισης και ομοιότητας

Το δενδρόγραμμα της μεθόδου ομαδοποίησης (*cluster analysis*) στα δεδομένα της αφθονίας του συνόλου της μειοπανίδας δεν έδειξε κάποια ομαδοποίηση των σταθμών ανά δειγματοληπτική περίοδο με βάση την πανιδική τους σύνθεση. Στα ίδια δεδομένα εφαρμόστηκε και η μέθοδος πολυδιάστατης διαβάθμισης (*MDS*), το δισδιάστατο γράφημα της οποίας φαίνεται στην εικόνα 3.8.

Από την παρακάτω εικόνα διαπιστώνεται εύκολα ότι υπάρχει ευδιάκριτη ομαδοποίηση μεταξύ των τριών δειγματοληπτικών περιόδων. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται τρεις ομάδες. Στην ομάδα Α ανήκουν όλοι οι σταθμοί της πρώτης δειγματοληπτικής περιόδου πλην των IP-1 και IP-10. Στην ομάδα Β ανήκουν σχεδόν όλοι οι σταθμοί της δεύτερης δειγματοληπτικής περιόδου μαζί με τον σταθμό IP-30 της τρίτης και στην ομάδα Γ σχεδόν όλοι οι σταθμοί της τρίτης δειγματοληπτικής μαζί με τους IP-1 και IP-10 της πρώτης και του IP-10 της δεύτερης.



Εικόνα 3.8: Γράφημα της ανάλυσης διαβάθμισης για το σύνολο των μειοπανιδικών δεδομένων (2D stress 0,21).



Εικόνα 3.9: Γράφημα της ανάλυσης ομοιότητας για το σύνολο των μειοπανιδικών δεδομένων (R:0,402 & επίπεδο σημαντικότητας 0,1%).

Το δισδιάστατο γράφημα της MDS δεν μας δίνει και τόσο καλό επίπεδο αξιοπιστίας (stress 0,21). Για το λόγο αυτό τα παραπάνω συμπεράσματα διασταυρώθηκαν με τη μέθοδο της ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM). Το αντίστοιχο γράφημα φαίνεται στην εικόνα 3.9. Η εφαρμογή της μεθόδου επιβεβαιώνει την ομαδοποίηση των δεδομένων του γραφήματος της MDS με R: 0,402 και σε επίπεδο σημαντικότητας 0,1%.

3.2.2.2 Συσχέτιση βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων

Ο συντελεστής συσχέτισης του Spearman εφαρμόστηκε μεταξύ των περιβαλλοντικών μεταβλητών και των μειοπανιδικών δεδομένων για τον έλεγχο πιθανών συσχετίσεων ανάμεσα τους (πίνακας 3.2). Ο υπολογισμός του συντελεστή Spearman παρουσιάζει τους νηματώδεις να συσχετίζονται αρνητικά με το συντελεστή ταξινόμησης και το ποσοστό ιλύος αργίλου ενώ τα κωπήποδα συσχετίζονται θετικά μόνο με τη χλωροφύλλη α. Οι πολύχαιτοι συσχετίζονται θετικά με τη χλωροφύλλη α και το ισοδύναμο των χλωροπλαστικών χρωστικών. Τα γαστερότριχα εμφανίζουν θετική συσχέτιση με το ποσοστό του άνθρακα και το ισοδύναμο των χλωροπλαστικών χρωστικών και τα κινόρρυγα με τη χλωροφύλλη α. Η ομάδα των ισόποδων φαίνεται πως συσχετίζεται αρνητικά με τη χλωροφύλλη α και το ισοδύναμο των χλωροπλαστικών χρωστικών. Οι στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες παρουσιάζουν θετική συσχέτιση με τις χλωροπλαστικές χρωστικές και το ισοδύναμό τους και αρνητικά με τον συντελεστή ταξινόμησης του ιζήματος.

Πίνακας 3.2: Συσχετίσεις μεταξύ πανιδικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων. (Spearman). Οι στατιστικά σημαντικές σχέσεις ($\alpha=0,05$) είναι σκιασμένες.

	Χλωρ.α (mg/gr)	Ξαιοχ.(mg/gr)	Ι.Χ.Χ.(mg/gr)	% Οργ. C	Δυν.Οξειδ.(mV)	Μ.Δ.Κ.	Σ.Τ.	Σ.Λοξ.	Ιλύς&Αργίλος(%)
Μειοπανίδα	0,34	0,31	0,22	0,41	-0,26	-0,34	-0,61	-0,08	0,52
Νηματώδεις	0,12	0,16	0,05	0,32	-0,20	-0,24	-0,50	0,01	0,52
Κωπήποδα	0,61	0,43	0,42	0,34	-0,27	-0,33	-0,47	-0,22	0,25
Πολύχαιτα	0,55	0,46	0,50	0,39	-0,35	0,03	-0,11	0,15	0,17
Γαστερότριχα	0,29	0,75	0,61	0,68	-0,65	-0,08	-0,42	0,11	0,56
Ισόποδα	-0,55	-0,43	-0,59	-0,33	0,29	-0,09	-0,21	-0,23	-0,05
Κινόρρυγα	0,54	0,20	0,21	0,21	-0,14	-0,41	-0,41	-0,36	0,14
Στροβ. Πλατυέλμινθες	0,62	0,58	0,49	0,49	-0,34	-0,44	-0,58	-0,38	0,44

Συμπερασματικά, η μειοπανίδα στο σύνολό της, και κατ' επέκταση και οι νηματώδεις, φαίνεται να συσχετίζεται κυρίως με την κοκκομετρία του ιζήματος. Οι ομάδες των κωπηπόδων, πολυχαιτών, γαστερότριχων, κινόρρυγων και ισόποδων

συσχετίζονται με τη διαθεσιμότητα τροφής. Τέλος, η ομάδα των στροβιλιστικών πλατυέλμινθων βρέθηκε να συσχετίζεται τόσο με τη διαθεσιμότητα της τροφής όσο και με την κοκκομετρία του ιζήματος.

Εκτός από τον μη παραμετρικό συντελεστή συσχέτισης του Spearman, για τον έλεγχο πιθανών συσχετίσεων ανάμεσα στις περιβαλλοντικές παραμέτρους και τα πανιδικά δεδομένα, εφαρμόστηκε και μια πολυπαραγοντική μέθοδος. Η εφαρμογή της ανάλυσης BIOENV έδωσε ως καλύτερο συνδυασμό περιβαλλοντικών παραμέτρων, οι οποίες εξηγούν τα πανιδικά πρότυπα, τις φαιοχρωστικές με συντελεστή $\rho_w=0.305$. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.3, τα αποτελέσματα της μεθόδου συσχετίζουν τα πανιδικά δεδομένα καλύτερα με περιβαλλοντικές παραμέτρους οι οποίες εκφράζουν τη διαθεσιμότητα τροφής.

Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα της μεθόδου BIO-ENV.

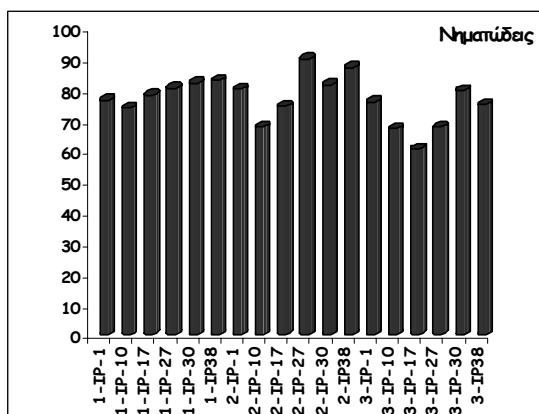
Βέλτιστη Συσχέτιση	Περιβαλλοντικές Παράμετροι
<u>0,305</u>	<u>Phaeop.</u>
0,298	Phaeop., CPE, OC
0,296	Phaeop., CPE
0,295	Phaeop., OC
0,293	Chl-a, Phaeop., CPE, OC

3.3 Νηματώδεις

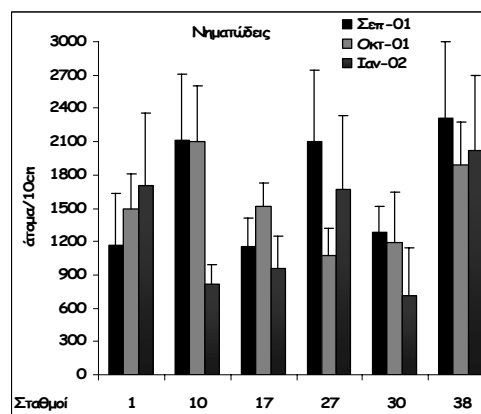
3.3.1 Γενική περιγραφή

Η κυριότερη από την άποψη της μεγαλύτερης αφθονίας ταξινομική ομάδα που συναντάται στην περιοχή μελέτης είναι οι Νηματώδεις, με ποσοστό 60 έως 90 % καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων (εικόνα 3.10). Συγκεκριμένα, το ποσοστό των νηματωδών κυμαίνεται από 73 έως 83% το Σεπτέμβρη πριν την έναρξη της μηχανότρατας, από 68 έως 90% αμέσως μετά την έναρξη και 61 έως 80% τέσσερις μήνες μετά. Σύμφωνα με το διάγραμμα της εικόνας 3.11, οι αφθονίες των πληθυσμών κυμαίνονται από 800 έως 2.100 άτομα/10cm² με έντονες διακυμάνσεις λαμβάνοντας υπόψη και τις τιμές των αντίστοιχων τυπικών αποκλίσεων. Μέγιστο και ελάχιστο παρουσιάζονται στον σταθμό IP-38 της πρώτης δειγματοληψίας πριν την έναρξη της μηχανότρατας και στο σταθμό IP-30 της τελευταίας δειγματοληψίας τέσσερις μήνες μετά, με αφθονίες 2314 και 707 άτομα/10cm² αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, οι αφθονίες τους κυμαίνονται από 1160 έως 2300 άτομα/10cm² τον

Σεπτέμβρη του 2001, από 1075 έως 2100 άτομα/10cm² τον Οκτώβρη του 2001 και από 700 έως 2000 άτομα/10cm² τον Ιανουάριο του 2002.



Εικόνα 3.10: Τρισδιάστατο ραβδόγραμμα με τα ποσοστά επί της εκατό των νηματωδών στο σύνολο της μειοπανίδας.



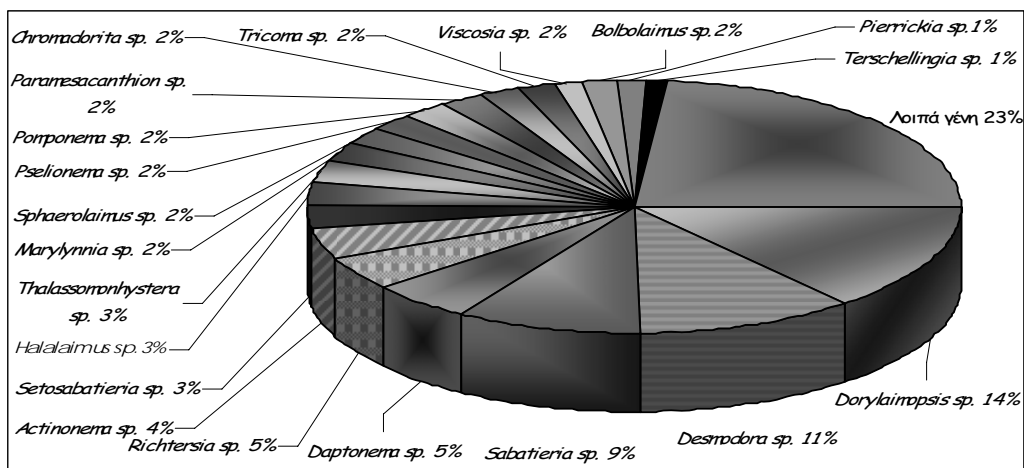
Εικόνα 3.11: Μονοδιάστατο ραβδόγραμμα με τη διακύμανση τη αφθονιών και των αντίστοιχων τιμών των τυπικών αποκλίσεων για την ομάδα των νηματωδών.

3.3.2 Συστηματική Κατάταξη Γενών

3.3.2.1 Περιγραφή βιοκοινωνίας

Στην περιοχή του Θερμαϊκού προσδιορίστηκαν συνολικά 5500 άτομα της ομάδας των νηματωδών και όπως προκύπτει ανήκουν σε 165 γένη και 34 οικογένειες, τα οποία παρατίθενται αναλυτικά στον πίνακα 7.3 του παραρτήματος. Από τις αφθονίες των γενών παρατηρούνται 20 πιο άφθονα γένη που αποτελούν το 76,70% ενώ όλα τα υπόλοιπα γένη που εμφανίζονται περιστασιακά αποτελούν μόνο το 23,30%. Η μέση ποσοστιαία συμμετοχή αυτών στο σύνολο της βιοκοινωνίας των νηματωδών παρουσιάζεται στο διάγραμμα της εικόνας 3.12.

Τα είκοσι πιο άφθονα γένη με ποσοστά να κυμαίνονται από 1,2 έως και 14% επί του συνόλου των ατόμων είναι και αυτά τα οποία διαμορφώνουν την βιοκοινωνία των νηματωδών στους σταθμούς της υπό μελέτης περιοχής καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων.



Εικόνα 3.12: Μέση ποσοστιαία συμμετοχή των νηματωδών στο επίπεδο του γένους.

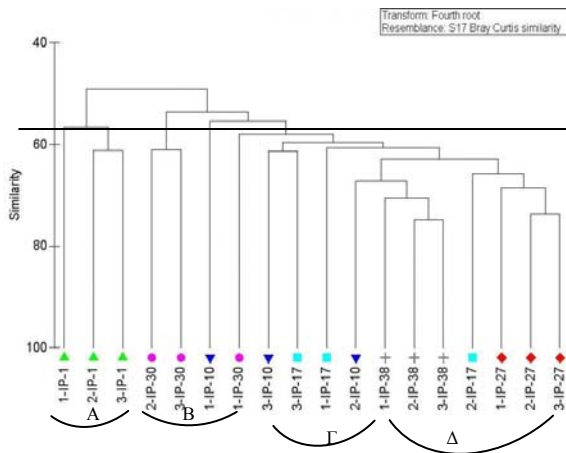
Σύμφωνα με τον πίνακα 7.3 και το διάγραμμα 3.12, λοιπόν, τα γένη *Dorylaimopsis sp.*, *Desmodora sp.*, *Sabatieria sp.*, *Daptonema sp.* και *Richtersia sp.* εμφανίζονται με ποσοστά που κυμαίνονται από 5 έως και 14% και τα γένη *Actinonema sp.*, *Setosabatieria sp.*, *Halalaimus sp.*, *Thalassomonhystera sp.*, *Marylynna sp.*, *Sphaerolaimus sp.*, *Pselionema sp.*, *Pompronema sp.*, *Paramesacanthion sp.*, *Chromadorita sp.*, *Tricoma sp.*, *Viscosia sp.*, *Bolbolaimus sp.*, *Pierrickia sp.* και *Terschellingia sp.* παρουσιάζονται λιγότερο άφθονα με ποσοστά που κυμαίνονται από 1 έως και 4%. Όλα τα υπόλοιπα γένη εμφανίζονται περιστασιακά και σε πολύ μικρές αφθονίες με ποσοστά τις τάξεως του 0,01%.

3.3.2.2 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις

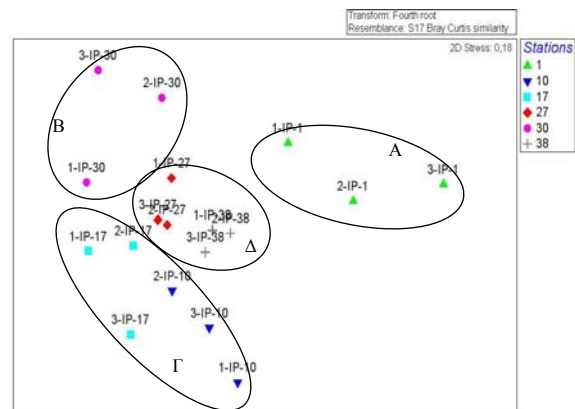
3.3.2.2.1 Ανάλυση Ομαδοποίησης, Πολυδιάστατης κλιμάκωσης και ομοιότητας

Η εφαρμογή της μεθόδου ομαδοποίησης (*cluster analysis*) στα δεδομένα της αφθονίας του συνόλου των νηματωδών στο επίπεδο του γένους κατέληξε στη δημιουργία ενός δενδρογράμματος ομαδοποίησης των σταθμών ανά δειγματοληπτική περίοδο με βάση την πληθυσμιακή τους σύνθεση το οποίο φαίνεται στην εικόνα 3.13. Από την παρακάτω εικόνα διαπιστώνεται εύκολα ότι υπάρχει ομαδοποίηση μεταξύ των σταθμών και όχι μεταξύ των δειγματοληπτικών περιόδων. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται τρεις ομάδες, σε όχι και τόσο ικανοποιητικό επίπεδο ομοιότητας ~57% όπως φαίνεται και από την ευθεία γραμμή που έχει χαραχθεί στο αντίστοιχο δενδρόγραμμα. Ο σταθμός IP-1 δημιουργεί μια ομάδα από μόνος του (Α). Στην ομάδα Β ανήκει ο σταθμός IP-30 και στην ομάδα Γ ανήκουν οι σταθμοί IP-10, IP-17, IP-27

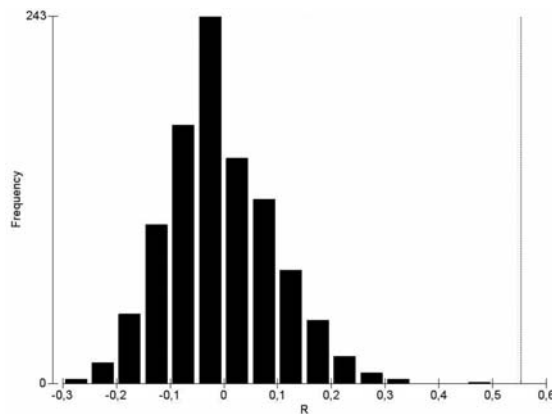
και IP-38, οι οποίοι όμως διαχωρίζονται σε δύο διαφορετικές ομάδες σύμφωνα με τη μέθοδο της πολυδιάστατης κλιμάκωσης (*MDS*).



Εικόνα 3.13: Δενδρόγραμμα της ανάλυσης κατάταξης για το σύνολο των νηματωδών στο επίπεδο του γένους (επίπεδο ομοιότητας ~57%).



Εικόνα 3.14: Γράφημα της ανάλυσης διευθέτησης για το σύνολο των νηματωδών στο επίπεδο του γένους (2D Stress: 0,18).



Εικόνα 3.15: Διάγραμμα ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM) για το σύνολο των νηματωδών στο επίπεδο του γένους. R: 0,554 και επίπεδο σημαντικότητας 0,1%.

Στην εικόνα 3.14 παρατίθενται το δισδιάστατο γράφημα της (*MDS*) όπου παρατηρείται ιδιαίτερα ευκρινής ομαδοποίηση μεταξύ των σταθμών σε τέσσερις ομάδες, επιβεβαιώνοντας εν μέρει και το δενδρόγραμμα σε ένα όχι και τόσο καλό επίπεδο αξιοπιστίας (stress 0.18). Για το λόγο αυτό τα παραπάνω συμπεράσματα πρέπει να διασταυρωθούν με κάποια από άλλη μέθοδο όπως είναι η ανάλυση ομοιότητας (ANOSIM). Το αντίστοιχο γράφημα φαίνεται στην εικόνα 3.15. Η εφαρμογή της μεθόδου επιβεβαιώνει την ομαδοποίηση των δεδομένων μας του γραφήματος της *MDS* με R: 0,554 και σε επίπεδο σημαντικότητας 0,1%.

3.3.2.2.2 Συσχέτιση βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων

Ο συντελεστής συσχέτισης του Spearman εφαρμόστηκε μεταξύ των περιβαλλοντικών μεταβλητών και των δεδομένων των αφθονότερων γενών των νηματωδών για τον έλεγχο πιθανών συσχετίσεων ανάμεσα τους (πίνακας 3.5). Ο

υπολογισμός του συντελεστή Spearman παρουσιάζει τα άτομα που ανήκουν στα γένη *Dorylaimopsis sp.*, *Pierrickia sp.*, *Thalassomonhystera sp.* και *Terchellingia sp.* να συσχετίζονται θετικά με τις τιμές των φαιοχρωστικών, το ισοδύναμο των χλωροπλαστικών χρωστικών και το ποσοστό οργανικού άνθρακα και αρνητικά με τις τιμές του δυναμικού οξειδοαναγωγής. Τα άτομα *Terchellingia sp.* συσχετίζονται επίσης, αρνητικά και με το συντελεστή ταξινόμησης και το ποσοστό ιλύος αργίλου, ενώ τα *Thalassomonhystera sp.* συσχετίζονται αρνητικά με τη μέση διάμετρο των κόκκων και το συντελεστή ταξινόμησης του ιζήματος. Οι νηματώδεις που ανήκουν στα γένη *Pomponema sp.*, *Pselionema sp.* και *Setosabatieria sp.* φαίνεται να συσχετίζονται θετικά με το δυναμικό οξειδοαναγωγής και αρνητικά με τις τιμές των φαιοχρωστικών, του ισοδύναμου των χλωροπλαστικών χρωστικών και το ποσοστό οργανικού άνθρακα.

Τα άτομα *Daptonema sp.* συσχετίζονται θετικά μόνο με το ποσοστό ιλύος αργίλου του ιζήματος και τα *Halalaimus sp.* αρνητικά μόνο με τη χλωροφύλλη α. Οι νηματώδεις του γένους *Paramesacanthion sp.* προκύπτει πως συσχετίζονται αρνητικά με τη μέση διάμετρο κόκκων, τον συντελεστή ταξινόμησης και το συντελεστή λοξότητας του ιζήματος. Τα άτομα που ανήκουν στο γένος *Sabatieria sp.* συσχετίζονται θετικά μόνο με τις τιμές των φαιοχρωστικών. Τέλος, οι νηματώδεις του γένους *Sphaerolaimus sp.* φαίνεται να συσχετίζονται θετικά και με το ποσοστό άνθρακα και με το ποσοστό ιλύος αργίλου του ιζήματος.

Πίνακας 3.5: Συσχετίσεις μεταξύ των 20 αφθονότερων νηματωδών στο επίπεδο του γένους και των περιβαλλοντικών παραμέτρων. (Spearman). Οι στατιστικά σημαντικές σχέσεις ($\alpha=0,05$) είναι σκιασμένες.

	Χλωρ.α (mg/gr)	Φαιοχ.(mg/gr)	Ι.Χ.Χ.(mg/gr)	%Οργ.С	Δυν. Οξειδ(mV)	ΜΔΚ	ΣΤ	Σλοξ.	Ιλύς&Αργίλος(%)
<i>Actinonema sp.</i>	-0,07	0,09	-0,01	0,21	-0,22	0,16	-0,26	-0,03	0,44
<i>Bolbolaimus sp.</i>	0,28	-0,03	0,08	-0,15	0,25	-0,28	0,05	-0,16	-0,20
<i>Chromadorita sp.</i>	-0,06	-0,16	-0,16	-0,23	0,23	-0,42	-0,10	-0,27	0,04
<i>Daptonema sp.</i>	0,30	0,32	0,34	0,46	-0,29	-0,34	-0,26	-0,05	0,57
<i>Desmodora sp.</i>	0,09	-0,26	-0,30	-0,17	0,18	-0,21	-0,33	-0,32	-0,19
<i>Dorylaimopsis sp.</i>	0,19	0,49	0,35	0,82	-0,73	-0,32	-0,47	0,03	0,66
<i>Halalaimus sp.</i>	-0,49	-0,15	-0,19	0,04	-0,08	0,09	0,12	0,17	0,29
<i>Marylynnia sp.</i>	-0,18	-0,15	-0,08	-0,36	0,38	0,37	0,34	0,37	-0,11
<i>Paramesacanthion sp.</i>	0,20	-0,05	-0,13	0,04	-0,01	-0,58	-0,57	-0,56	0,06
<i>Pierrickia sp.</i>	0,22	0,26	0,30	0,43	-0,59	0,02	-0,05	0,06	0,37
<i>Pomponema sp.</i>	-0,41	-0,58	-0,66	-0,62	0,63	0,00	-0,16	-0,40	-0,28
<i>Pselionema sp.</i>	-0,21	-0,41	-0,53	-0,26	0,25	-0,17	-0,34	-0,32	-0,16
<i>Richtersia sp.</i>	-0,15	-0,36	-0,42	-0,18	0,23	-0,26	-0,26	-0,26	-0,12
<i>Sabatieria sp.</i>	0,23	0,47	0,45	0,39	-0,36	0,13	0,02	0,31	0,38
<i>Setosabatieria sp.</i>	-0,22	-0,54	-0,56	-0,52	0,56	-0,16	-0,10	-0,28	-0,33
<i>Sphaerolaimus sp.</i>	0,23	0,43	0,36	0,51	-0,45	-0,14	-0,39	0,11	0,76
<i>Terchellingia sp.</i>	0,19	0,68	0,50	0,79	-0,75	-0,10	-0,48	0,27	0,78
<i>Thalassomonhystera sp.</i>	0,23	0,26	0,17	0,21	-0,12	-0,58	-0,55	-0,07	0,35
<i>Tricoma sp.</i>	-0,10	-0,12	-0,28	0,10	0,03	-0,12	-0,40	-0,10	0,15
<i>Viscosia sp.</i>	-0,05	-0,27	-0,33	-0,36	0,39	-0,18	-0,25	-0,18	-0,17

Εκτός από τον μη παραμετρικό συντελεστή συσχέτισης του Spearman, για τον έλεγχο πιθανών συσχετίσεων ανάμεσα στις περιβαλλοντικές παραμέτρους και τα πανιδικά δεδομένα των αφθονότερων γενών, εφαρμόστηκε και μια πολυπαραγοντική μέθοδος. Η εφαρμογή της ανάλυσης BIOENV έδωσε ως καλύτερο συνδυασμό περιβαλλοντικών παραμέτρων, οι οποίες εξηγούν τα πρότυπα των πληθυσμών των νηματωδών, τις φαιοχρωστικές με συντελεστή $\rho_w=0.641$. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.6, τα αποτελέσματα της μεθόδου συσχετίζουν τη σύσταση των πληθυσμών των νηματωδών καλύτερα με περιβαλλοντικές παραμέτρους οι οποίες εκφράζουν τη διαθεσιμότητα τροφής και οξυγόνου (Eh).

Πίνακας 3.6: Αποτελέσματα της μεθόδου BIO-ENV.

Βέλτιστη Συσχέτιση	Περιβαλλοντικές Παράμετροι
0,641	Phaeop.
0,585	Phaeop., CPE
0,584	Phaeop., CPE, Eh
0,58	Phaeop., Eh
0,579	Phaeop., Eh, OC

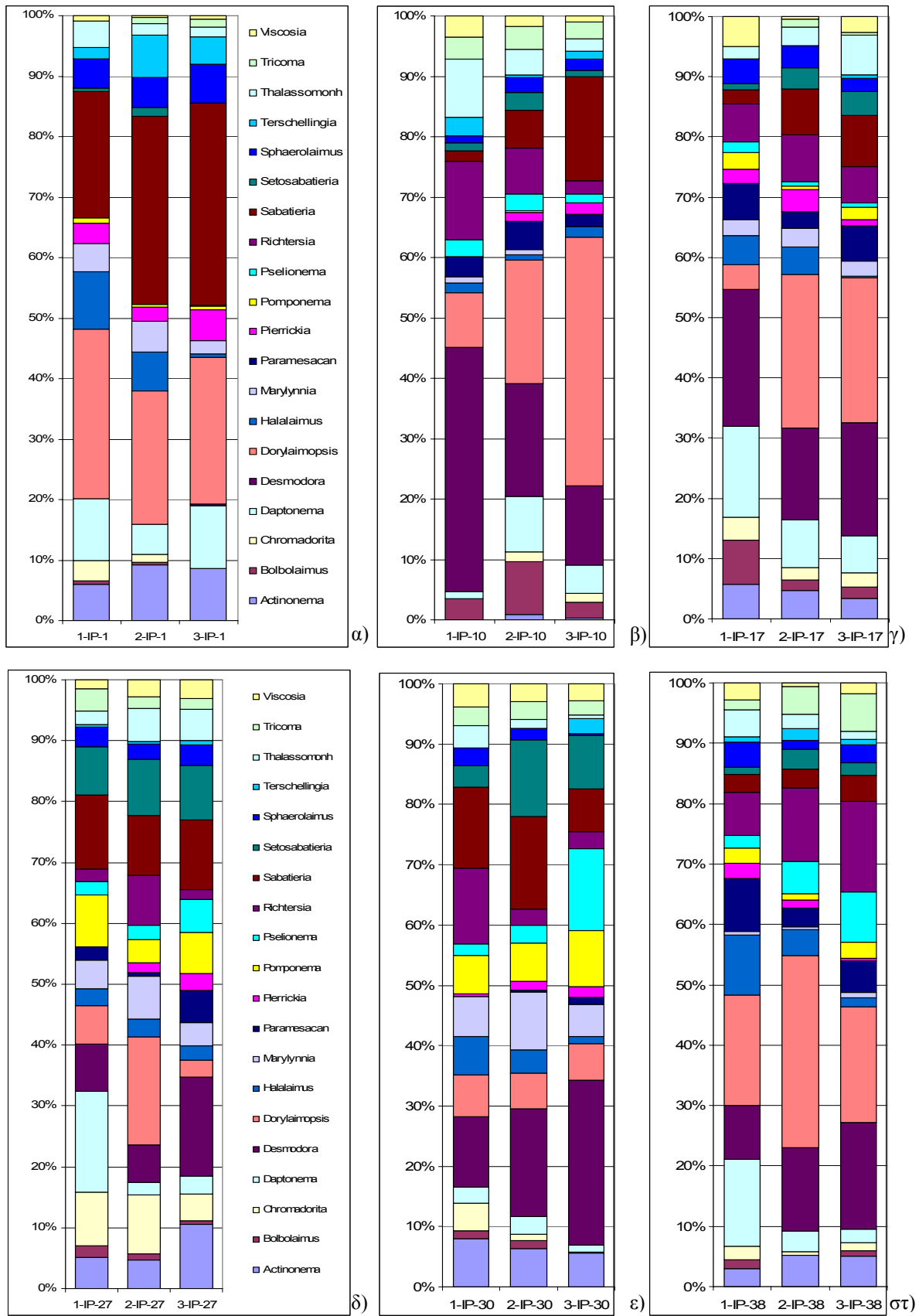
3.3.3 Πληθυσμιακή δομή

Εξαιτίας τις διαφορετικότητας των σταθμών μεταξύ τους κυρίως ως προς το βάθος, τον τύπο του ιζήματος και της απόστασης και κατ' επέκταση της επίδρασής τους από της εκροές του κόλπου της Θεσσαλονίκης και των εκβολών των μεγάλων ή μικρότερων ποταμών, μελετάμε την πληθυσμιακή δομή των νηματωδών σε κάθε σταθμό χωριστά (εικόνα 3.16). Κάτι τέτοιο διευκολύνει οποιαδήποτε παρατήρηση σχετικά με κάποια πληθυσμιακή αλλαγή είτε εναλλαγή ειδών είτε λειτουργικών τύπων πριν και μετά την έναρξη της αλιευτικής περιόδου με χρήση της μηχανότρατας στην υπό μελέτη περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου.

Ο σταθμός IP-1 αποτελεί τον ρηχότερο σταθμό με βάθος 30 m, βρίσκεται εσωτερικά του Θερμαϊκού, έξω από τον κόλπο της Θεσσαλονίκης και επηρεάζεται άμεσα από τους ποταμούς Αξιό και Αλιάκμονα. Σύμφωνα με τα ποσοστά του διαγράμματος 3.16.α αφθονότερο παρουσιάζεται το γένος *Sabatieria sp.* και λιγότερο άφθονα τα γένη *Desmodora sp.* και *Richtersia sp.*. Οι νηματώδεις του γένους *Dorylaimopsis sp.* στο σταθμό αυτό παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές αφθονίας συγκριτικά με όλους τους σταθμούς, οι οποίες παρέμειναν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων με ποσοστό συμμετοχής της τάξεως του 20%. Τα άτομα των γενών *Sabatieria sp.*, *Actinonema sp.*, *Sphaerolaimus sp.*, *Tricoma*

sp., τα οποία επιπλέον παρουσίασαν στο σταθμό αυτό τις μέγιστες τιμές αφθονίας, και *Terchellingia sp.* διπλασίασαν σχεδόν τις αφθονίες τους τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της μηχανότρατας, ενώ παράλληλα την ίδια περίοδο εμφανίστηκαν τα γένη *Desmodora sp.* και *Richtersia sp.* στους πληθυσμούς των νηματωδών με ποσοστά της τάξεως 0,2%, τα οποία συναντώνται συχνά και σε μεγάλες αφθονίες σε όλους τους υπόλοιπους σταθμούς. Τέλος παρατηρήθηκε και μια τρίτη ομάδα νηματωδών με έντονη διακύμανση των αφθονιών τους και τελικά αύξηση τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της μηχανότρατας και ανήκουν στα γένη *Daptonema sp.*, *Pierrickia sp.*, με τις μέγιστες τιμές αφθονίας τους στο σταθμό IP-1, και *Viscosia sp.*. Τα προαναφερθέντα γένη φαίνεται να διαδέχονται στους πληθυσμούς τα γένη *Halalaimus sp.*, με τις μέγιστες τιμές αφθονίας του, *Thalassomonhystera sp.*, *Maryllynnia sp.*, *Pompronema sp.*, *Chromadorita sp.*, και *Setosabatieria sp.*, *Bolbolaimus sp.*, με τις ελάχιστες τιμές αφθονίας, τα οποία παρουσίασαν αισθητή μείωση στις αφθονίες τους κατά τη διάρκεια της περιόδου της μηχανότρατας, με τα τρία τελευταία να εξαφανίζονται τελείως τον Ιανουάριο.

Ο σταθμός IP-10 με βάθος 41 m, βρίσκεται επίσης εσωτερικά του Θερμαϊκού, έξω από τον κόλπο της Θεσσαλονίκης και επηρεάζεται άμεσα από τους ποταμούς Αξιό και Αλιάκμονα. Σύμφωνα με τα ποσοστά του διαγράμματος 3.16.β μέγιστες αφθονίες παρατηρούνται στο γένος *Desmodora sp.* και ελάχιστες στο *Pompronema sp.*. Οι νηματώδεις των γενών *Halalaimus sp.*, με ελάχιστες τιμές αφθονίας, και *Tricoma sp.* είχαν σταθερές τιμές αφθονίας καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων με ποσοστό συμμετοχής της τάξεως του 1 και 3% αντίστοιχα. Στα άτομα των γενών *Sabatieria sp.* και *Dorylaimopsis sp.* οι αφθονίες δεκαπλασιάστηκαν και πενταπλασιάστηκαν αντίστοιχα κατά τη διάρκεια της περιόδου της μηχανότρατας. Οι νηματώδεις *Actinonema sp.*, *Chromadorita sp.*, με ελάχιστες αφθονίες στο σταθμό αυτό, *Daptonema sp.*, *Sphaerolaimus sp.*, και *Pierrickia sp.* παρουσίασαν σχεδόν διπλάσια αύξηση στις αφθονίες τους τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της μηχανότρατας. Τα παραπάνω γένη φαίνεται πως διαδέχονται στους πληθυσμούς των νηματωδών τα γένη *Desmodora sp.*, *Thalassomonhystera sp.*, *Bolbolaimus sp.*, με μέγιστες τιμές αφθονίας από όλους τους σταθμούς, *Pselionema sp.*, *Paramesacanthion sp.*, *Viscosia sp.*, *Terschellingia sp.*, *Richtersia sp.*, *Setosabatieria sp.*, και *Maryllynnia sp.*, με τις ελάχιστες αφθονίες του να εξαφανίζεται τελείως τον Ιανουάριο του 2002.



Εικόνα 3.16. Ποσοστιαία συμμετοχή των 20 αρθρότερων νηματωδών στο επίπεδο του γένους στην πληθυσμιακή δομή της βιοκοινωνίας ανάμεσα στους διαφορετικούς σταθμούς (IP-1, IP-10, IP-17, IP-27, IP-30, IP-38) και στις τρεις δειγματοληπτικές περιόδους στον κόλπο του Θερμαϊκού (1-IP, 2-IP, 3-IP).

Ο σταθμός IP-17 με βάθος 55 m, βρίσκεται βορειοδυτικά του Θερμαϊκού και επηρεάζεται άμεσα από τους ποταμούς Λουδία και Γαλλικό. Σύμφωνα με τα ποσοστά του διαγράμματος 3.16.γ μέγιστες αφθονίες παρατηρούνται στο γένος *Desmodora sp.* όπως και στον σταθμό IP-10 και ελάχιστες στο *Terschellingia sp.*, λιγότερο άφθονο και περιστασιακό γένος στην υπό μελέτη περιοχή. Οι νηματώδεις που ανήκουν στο γένος *Richtersia sp.* και *Marylynnia sp.* είχαν σταθερές τιμές αφθονίας καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων με ποσοστό συμμετοχής της τάξεως του 5 και 2% αντίστοιχα. Στα άτομα των γενών *Dorylaimopsis sp.*, *Sabatieria sp.* και *Thalassomonhystera sp.* οι αφθονίες δεκαπλασιάστηκαν, πενταπλασιάστηκαν και τετραπλασιάστηκαν, αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια της περιόδου της μηχανότρατας. Τα *Tricoma sp.*, με τις ελάχιστες τιμές αφθονίας στο σταθμό αυτό, και *Setosabatieria sp.* παρουσίασαν διπλάσια αύξηση, ενώ παράλληλα τα γένη *Paramesacanthion sp.* και *Pomponema sp.* παρουσίασαν έντονη διακύμανση των αφθονιών τους και τελικά αύξηση τον Ιανουάριο. Τα παραπάνω γένη φαίνεται πως διαδέχονται στις βιοκοινωνίες των νηματωδών τα υπόλοιπα δέκα βασικά γένη, τα οποία σύμφωνα με το αντίστοιχο διάγραμμα παρουσίασαν αισθητή μείωση στις αφθονίες τους κατά τη διάρκεια της περιόδου της μηχανότρατας.

Ο σταθμός IP-27 με βάθος 64 m, βρίσκεται δυτικά του Θερμαϊκού και επηρεάζεται από τον ποταμό Πηνειό. Σύμφωνα με τα ποσοστά του διαγράμματος 3.16.δ μέγιστες αφθονίες παρατηρούνται στο γένος *Sabatieria sp.* όπως και στον σταθμό IP-1 και ελάχιστες στο *Terschellingia sp.*, όπως και στο σταθμό IP-17, λιγότερο άφθονο και περιστασιακό γένος του Θερμαϊκού. Οι νηματώδεις που ανήκουν στα γένη *Setosabatieria sp.*, με τις μέγιστες τιμές αφθονίας στο σταθμό αυτό, και *Sphaerolaimus sp.* είχαν σταθερές τιμές αφθονίας καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων με ποσοστό συμμετοχής της τάξεως του 6 και 2 αντίστοιχα. Έντεκα από τα είκοσι βασικά γένη νηματωδών, παρουσιάζοντας μικρές διακυμάνσεις και τελικά διπλασιασμό των τιμών των αφθονιών τους τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της μηχανότρατας και φαίνεται να διαδέχονται τα γένη *Halalaimus sp.*, *Chromadorita sp.*, *Bolbolaimus sp.*, *Daptonema sp.*, και *Tricoma sp.*, τα οποία παρουσίασαν αισθητή μείωση στις αφθονίες τους την ίδια περίοδο.

Ο σταθμός IP-38 αποτελεί τον βαθύτερο και νοτιότερο σταθμό με βάθος 86 m, βρίσκεται δυτικά του Θερμαϊκού και επηρεάζεται άμεσα από τον Πηνειό ποταμό. Σύμφωνα με τα ποσοστά του διαγράμματος 3.16.στ μέγιστες αφθονίες παρατηρούνται στο γένος *Dorylaimopsis sp.* όπως και στους σταθμούς IP-1, IP-10 και IP-17 και

ελάχιστες στο *Marylynnia sp.*, όπως και στο σταθμό IP-10. Οι αφθονίες των νηματωδών παρουσίασαν πολύ έντονες διακυμάνσεις στο σταθμό αυτό και κανένας από τους πληθυσμούς στο επίπεδο του γένους δεν διατηρήθηκε σταθερός καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων. Στα άτομα των γενών *Pselionema sp.* και *Tricoma sp.*, με τις μέγιστες τιμές αφθονίας στο σταθμό αυτό, οι αφθονίες τετραπλασιάστηκαν και στα άτομα *Desmodora sp.*, *Richtersia sp.*, με τις μέγιστες τιμές αφθονίας, *Actinonema sp.*, και *Sabatieria sp.*, με τις ελάχιστες τιμές αφθονίας, διπλασιάστηκαν τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της μηχανότρατας, διαδεχόμενα τα γένη *Halalaimus sp.*, *Chromadorita sp.*, *Daptonema sp.*, *Thalassomonhystera sp.*, *Sphaerolaimus sp.*, *Paramesacanthion sp.*, με τις μέγιστες τιμές αφθονίας, και *Pierrickia sp.*, τα οποία παρουσίασαν αισθητή μείωση στις αφθονίες τους την ίδια περίοδο. Από την άλλη τα γένη *Pompronema sp.*, *Viscosia sp.* και *Bolbolaimus sp.* παρουσίασαν έντονη διακύμανση στις αφθονίες τους και εν τέλει τάση αύξησης τον Ιανουάριο γεγονός που δείχνει πως τα άτομα αυτά διαδέχονται στους πληθυσμούς των νηματωδών τα γένη *Dorylaimopsis sp.*, *Setosabatieria sp.* και *Terchellingia sp.*.

Ο σταθμός IP-30 αποτελεί τον πιο απομακρυσμένο από την ακτογραμμή σταθμό με βάθος 51 m, βρίσκεται σχεδόν κεντρικά του Θερμαϊκού, έχει πολύ διαφορετική κοκκομετρική σύσταση από όλους τους άλλους και δεν επηρεάζεται άμεσα από κανέναν ποταμό ή αστικά λύματα. Σύμφωνα με τα ποσοστά του διαγράμματος 3.16.ε μέγιστες αφθονίες παρατηρούνται στο γένος *Desmodora sp.* όπως και στους σταθμούς IP-1, IP-10 και IP-17 και ελάχιστες στο *Paramesacanthion sp.*, λιγότερο άφθονο και περιστασιακό γένος στην υπό μελέτη περιοχή. Οι νηματώδεις που ανήκουν στα γένη *Dorylaimopsis sp.* και *Viscosia sp.* είχαν σταθερές τιμές αφθονίας καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων με ποσοστό συμμετοχής της τάξεως του 4,5, και 2,5% αντίστοιχα. Στα άτομα των γενών *Pselionema sp.*, *Paramesacanthion sp.* και *Pierrickia* οι αφθονίες δεκαπλασιάστηκαν, εννεαπλασιάστηκαν και επταπλασιάστηκαν, αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια της περιόδου της μηχανότρατας. Οι νηματώδεις *Desmodora sp.*, *Pompronema sp.* και *Setosabatieria sp.* παρουσίασαν σχεδόν διπλάσια αύξηση στις αφθονίες τους, ενώ παράλληλα την ίδια περίοδο εμφανίστηκαν άτομα του γένους *Terchellingia sp.*, όπως και στον σταθμό IP-17. Τα παραπάνω γένη φαίνεται να διαδέχονται στους πληθυσμούς των νηματωδών τα υπόλοιπα δέκα βασικά γένη του Θερμαϊκού κατά την τρίτη δειγματοληπτική περίοδο.

3.3.4 Λειτουργικοί τύποι

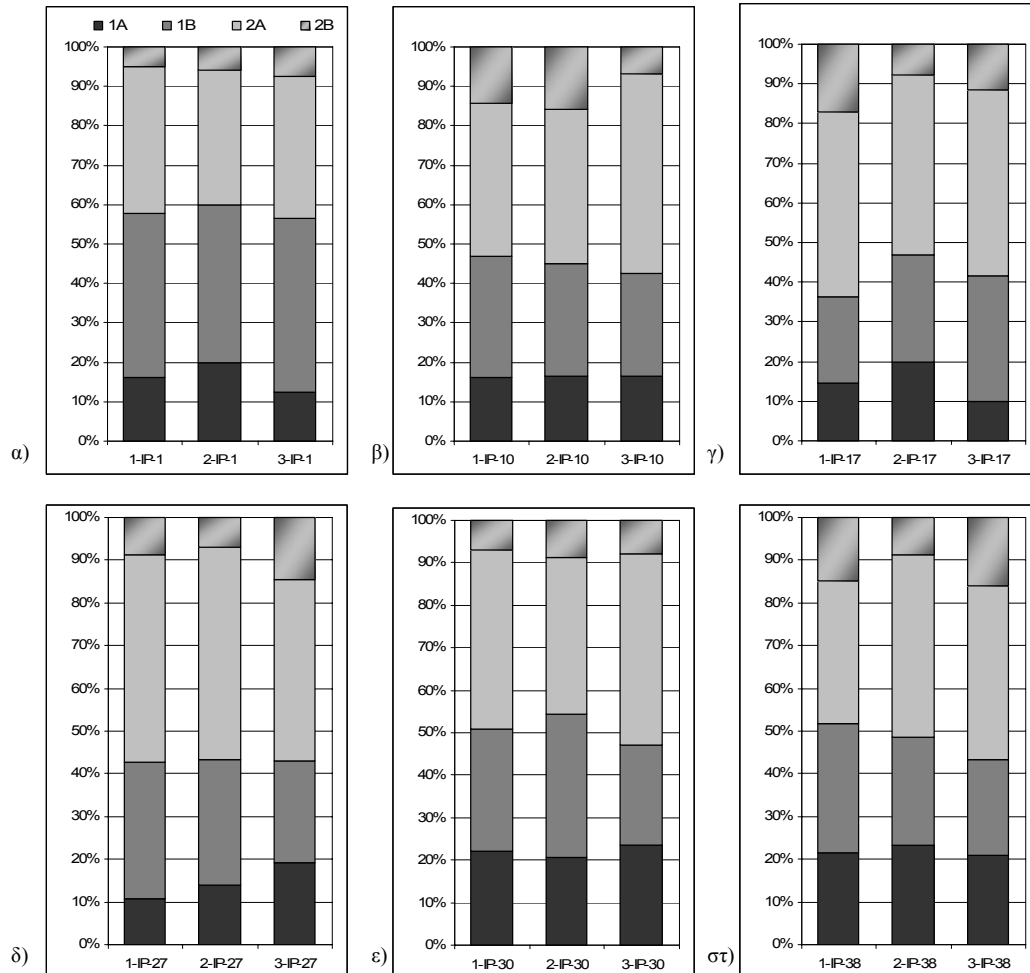
Όλοι οι νηματώδεις που προσδιορίστηκαν στο επίπεδο του γένους, κατατάχθηκαν σε τροφικούς λειτουργικούς τύπους. Προέκυψε, λοιπόν, πως οι πληθυσμοί των νηματωδών στον υπό μελέτη κόλπο του Θερμαϊκού αποτελούνται κατά κύριο λόγο από νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα η οποία αναπτύσσεται επάνω στο υπόστρωμα με ποσοστό 42% και από μη επιλεκτικούς ιζηματοφάγους με ποσοστό 30%. Παράλληλα, λιγότερο άφθονοι είναι οι επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι και οι άρπαγες- παμφάγοι με ποσοστά 17 και 11%, αντίστοιχα (Wieser, 1953).

Γενικά στους λειτουργικούς τύπους δεν παρατηρήθηκαν έντονες διακυμάνσεις μεταξύ των σταθμών και των δειγματοληπτικών περιόδων. Συγκεκριμένα, στο σταθμό IP-1 δεν παρατηρήθηκε καμία απολύτως διακύμανση πριν και μετά την έναρξη της μηχανότρατας, σύμφωνα με το διάγραμμα 3.17.α., παρά τις έντονες εποχικές διακυμάνσεις των ποσοστών ανοργανοποίησης του άνθρακα και χλωροπλαστικών χρωστικών και οργανικού άνθρακα. Οι επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι κατείχαν το 17% του συνόλου των νηματωδών, οι μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι το 44%, οι νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα το 38% και οι άρπαγες- παμφάγοι το 6%.

Στο σταθμό IP-10 παρατηρήθηκε μείωση στους μη επιλεκτικούς ιζηματοφάγους και στους παμφάγους οι οποίοι κατείχαν κατά μέσο όρο το 25 και 11%, αντίστοιχα, καθώς και μια αύξηση στους νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα, με ποσοστό 39%, κατά την περίοδο της μηχανότρατας, σύμφωνα με το διάγραμμα 3.17.β.. Αυτό συμπίπτει και με το γεγονός πως στο σταθμό αυτό και τον Ιανουάριο παρατηρήθηκαν οι μέγιστες τιμές χλωροπλαστικών χρωστικών και οργανικού άνθρακα στο ίζημα. Οι επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι, οι οποίοι δεν έδειξαν καμία διακύμανση, κατείχαν το 15% του συνόλου των νηματωδών.

Στο σταθμό IP-17 παρατηρήθηκε η εντονότερη διακύμανση στους λειτουργικούς τύπους των νηματωδών μεταξύ των εποχών, το οποίο συμπίπτει με την μέγιστη τιμή ανοργανοποίησης του άνθρακα. Οι επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι και οι άρπαγες- παμφάγοι κατείχαν κατά μέσο όρο το 16 και 13%, αντίστοιχα, κατά την περίοδο της μηχανότρατας, σύμφωνα με το διάγραμμα 3.17.γ.. Τον Οκτώβρη παρατηρήθηκε αντικατάσταση των παμφάγων νηματωδών από τους επιλεκτικούς ιζηματοφάγους, ενώ το αντίθετο συνέβη τον Ιανουάριο. Οι επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι

και οι νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιφανίδα, από την άλλη δεν έδειξαν καμία διακύμανση, κατέχοντας το 29 και 50% του συνόλου των νηματωδών, αντίστοιχα.



Εικόνα 3.17. Ποσοστιαία συμμετοχή των τεσσάρων λειτουργικών και τροφικών τύπων των νηματωδών στην πληθυσμιακή δομή της βιοκοινωνίας ανάμεσα στους διαφορετικούς σταθμούς (IP-1, IP-10, IP-17, IP-27, IP-30, IP-38) και στις τρεις δειγματοληπτικές περιόδους στον κόλπο του Θερμαϊκού (1-IP, 2-IP, 3-IP).

Στο σταθμό IP-27 παρατηρήθηκε αύξηση, πριν και μετά την έναρξη της μηχανότρατας, στις αφθονίες των επιλεκτικών ιζηματοφάγων και των άρπαγων-παμφάγων, οι οποίοι κατείχαν κατά μέσο όρο 15 και 10% επί του συνόλου των νηματωδών (3.17.δ), γεγονός που συμπίπτει με την αύξηση των χλωροπλαστικών χρωστικών των Ιανουάριο. Οι μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι και οι νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιφανίδα παρουσίασαν μια μικρή μείωση κατέχοντας το 29 και 48%, αντίστοιχα.

Στο σταθμό IP-30 παρατηρήθηκε έντονη διακύμανση στους μη επιλεκτικούς ιζηματοφάγους και στους νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιφανίδα, οι

οποίοι κατείχαν κατά μέσο όρο το 30 και 40%, αντίστοιχα, κατά την περίοδο της μηχανότρατας, σύμφωνα με το διάγραμμα 3.17.ε., όπου παρατηρείται οι δεύτεροι να διαδέχονται τους πρώτους στις βιοκοινωνίες των νηματωδών. Οι επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά τους όπως και στον σταθμό IP-38 από όλους τους σταθμούς ενώ παράλληλα οι άρπαγες-παμφάγοι τα μικρότερα ποσοστά όπως και στον σταθμό IP-1 διατηρώντας τις αφθονίες τους σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων (23% και 8%). Αυτό συμπίπτει με το γεγονός πως σε αυτό το σταθμό παρατηρείται διαφορετική κοκκομετρική σύσταση ιζήματος και ταυτόχρονα οι χαμηλότερες τιμές χλωροπλαστικών χρωστικών και οργανικού άνθρακα χωρίς εποχικές διακυμάνσεις.

Στο σταθμό IP-38, τέλος, παρατηρήθηκε έντονη διακύμανση στους νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιφανίδα και στους άρπαγες-παμφάγους, 39 και 13%, αντίστοιχα, κατά την περίοδο της μηχανότρατας (3.17.στ). Οι μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι με αφθονία τις τάξεως του 26% παρουσίασαν μείωση μετά την έναρξη της μηχανότρατας, δίνοντας τη οικολογική τους θέση στους νηματώδεις των δύο πρώτων λειτουργικών τύπων ενώ οι επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι δεν έδειξαν καμία διακύμανση καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων, κατέχοντας το 22% του συνόλου των νηματωδών. Παρόλα αυτά στον σταθμό αυτό δεν παρατηρήθηκαν εποχικές διακυμάνσεις των χλωροπλαστικών χρωστικών και του οργανικού άνθρακα. Επιπλέον τα ποσοστά ανοργανοποίησης του άνθρακα παραμένουν σταθερά στις δύο πρώτες δειγματοληψίες και μειώνονται δραματικά τον Ιανουάριο.

3.3.5 Πρότυπα ποικιλότητας των Νηματωδών

3.3.5.1 Δείκτες ποικιλότητας

Ο προσδιορισμός των συναθροίσεων των νηματωδών στο επίπεδο του γένους έδωσε τη δυνατότητα υπολογισμού μιας σειράς δεικτών ποικιλότητας για κάθε σταθμό και δειγματοληπτική περίοδο. Στον πίνακα 7.4 του παραρτήματος παρατίθενται οι μέσες τιμές και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις των τιμών των δεικτών ποικιλότητας που υπολογίστηκαν.

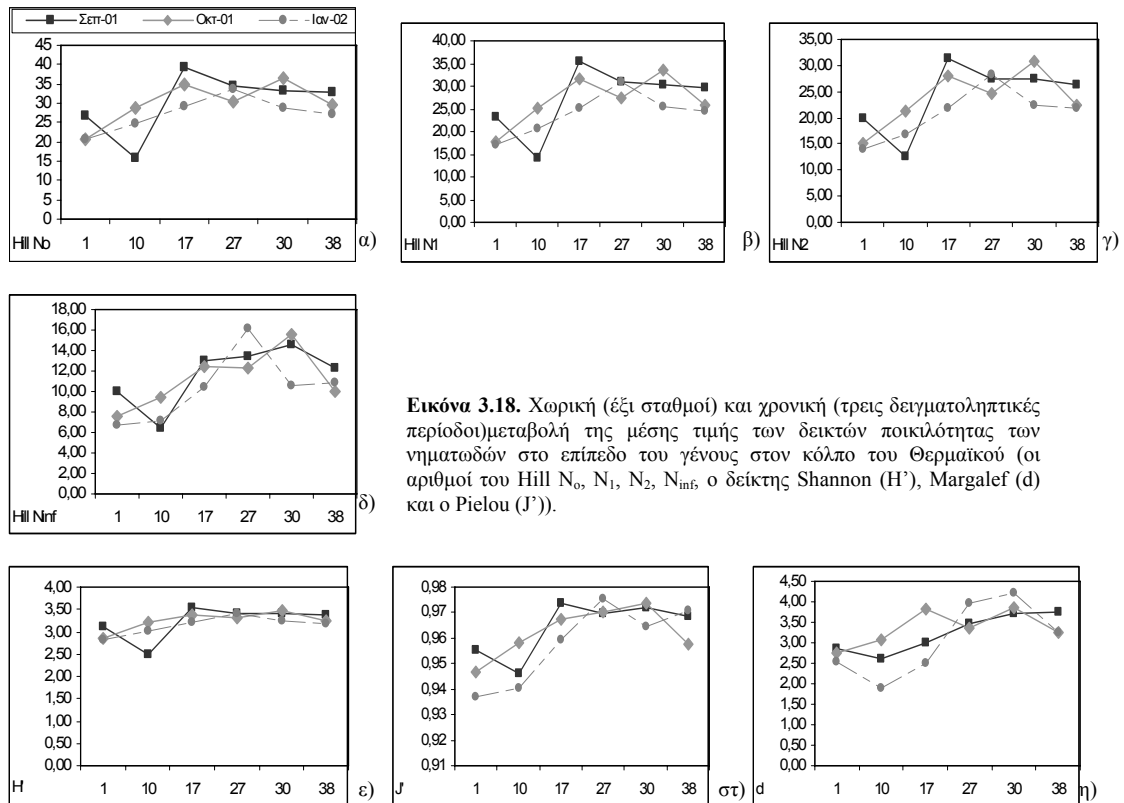
Στα διαγράμματα της εικόνας 3.18 παρατηρούμε τη χωρική και χρονική διακύμανση των δεικτών ποικιλότητας που υπολογίστηκαν για τις συναθροίσεις των νηματωδών στο επίπεδο του γένους. Οι τιμές του δείκτη Margalef (d) (εικόνα 3.18.η)

παρουσιάζουν έντονη διακύμανση ένα και τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της μηχανότρατας. Συγκεκριμένα στους σταθμούς IP-1, IP-10 και IP-17 παρατηρείται αυξημένη ποικιλότητα κατά τη δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο ενώ στους σταθμούς IP-27, IP-30 και IP-38 η ποικιλότητα αυξάνει κατά την τελευταία.

Οι τιμές του δείκτη Shannon (H') (εικόνα 3.18.ε) δεν παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών και ανάμεσα στους σταθμούς, γεγονός που υποδεικνύει παρόμοιο βαθμό ισομερούς κατανομής των βιοκοινωνιών των νηματωδών. Συγκεκριμένα μόνο στο σταθμό 10 παρατηρείται μειωμένη ποικιλότητα και πιο ομοιόμορφη κατανομή ένα μήνα πριν την έναρξη της μηχανότρατας και αυξάνει αμέσως μετά την έναρξή της.

Οι τιμές του δείκτη Pielou (J') (εικόνα 3.18.στ) παρουσιάζουν έντονη διακύμανση τόσο μεταξύ των σταθμών όσο και μεταξύ των δειγματοληπτικών περιόδων. Συγκεκριμένα παρατηρείται μια αύξηση του βαθμού ισομερούς κατανομής των ειδών από τους σταθμούς εσωτερικά του κόλπου προς τους νοτιότερους σταθμούς. Κάτι τέτοιο συμπίπτει και με την από βορρά προς νότο διαβάθμιση των τιμών των χλωροπλαστικών χρωστικών και του οργανικού άνθρακα. Παράλληλα, στους σταθμούς IP-1 και IP-17 παρατηρείται μείωση της ομοιομορφίας μεταξύ των δειγματοληψιών πριν και μετά την έναρξη της μηχανότρατας και κατ' επέκταση μείωση της ποικιλότητας. Οι υψηλότεροι βαθμοί ισομερούς κατανομής και κατ' επέκταση ομοιομορφίας παρουσιάζονται στους σταθμούς IP-17, IP-27, IP-30 και IP-38 κατά την πρώτη και δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο.

Οι αριθμοί του Hill N_o , N_1 , N_2 , N_{inf} , παρουσιάζουν παρόμοιο πρότυπο κατανομής μεταξύ τους. Συνεπώς τόσο τα πολύ κοινά όσο και τα πολύ σπάνια είδη ακολουθούν παρόμοιο πρότυπο κατανομής στους υπό μελέτη σταθμούς. Στους σταθμούς IP-1, IP-17, IP-27 και IP-38 η ποικιλότητα εμφανίζεται αυξημένη κατά την πρώτη δειγματοληπτική περίοδο και μειώνεται ένα και τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της μηχανότρατας, ενώ στους σταθμούς IP-10 και IP-30 αυξημένη ποικιλότητα παρουσιάζουν οι συναθροίσεις των νηματωδών κατά τον Οκτώβρη.



Εικόνα 3.18. Χωρική (έξι σταθμοί) και χρονική (τρεις δειγματοληπτικές περιόδους) μεταβολή της μέσης τιμής των δεικτών ποικιλότητας των νηματωδών στο επίπεδο του γένους στον κόλπο του Θερμαϊκού (οι αριθμοί του Hill N_0 , N_1 , N_2 , N_{inf} , ο δείκτης Shannon (H'), Margalef (d) και ο Pielou (J')).

3.3.5.2 Similarity Percentage (SIMPER)

Ενδιαφέρον αποτελεί ο καθορισμός των ειδών που είναι υπεύθυνα για τις παρατηρούμενες ομοιότητες ή ανομοιότητες μεταξύ των συναθροίσεων των νηματωδών στο επίπεδο του γένους στους υπό μελέτη σταθμούς. Προκειμένου να διαπιστωθεί ποια είδη είναι χαρακτηριστικά μεταξύ σταθμών αλλά και δειγματοληπτικών περιόδων, πριν και κατά τη διάρκεια της μηχανότρατας, με την έννοια της μεγάλης συμμετοχής τους στην συνολική ομοιότητα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος SIMPER (Clarke 1993). Στους πίνακες 3.7 και 3.8 παρατίθενται τα χαρακτηριστικά γένη και οι ποσοστιαίες συνεισφορές τους στις παρατηρούμενες ομοιότητες μεταξύ των συναθροίσεων των νηματωδών στο επίπεδο του γένους τόσο μεταξύ των σταθμών όσο και των δειγματοληπτικών περιόδων πριν και μετά την έναρξη της μηχανότρατας.

Πίνακας 3.7. Τα χαρακτηριστικά γένη και η ποσοστιαία συνεισφορά τους στις παρατηρούμενες ομοιότητες μεταξύ των συναθροίσεων των νηματωδών στο επίπεδο του γένους στο σύνολο των σταθμών ανά δειγματοληπτική περίοδο (αθροιστικό επίπεδο 80%)

Γένη Νηματωδών	Σεπ-01	Οκτ-01	Ιαν-02
<i>Actinonema sp.</i>	3,75	6,11	5,32
<i>Aponema sp.</i>	1,7		
<i>Axonolaimus sp.</i>	1,77		
<i>Bolbolaimus sp.</i>	2,55		
<i>Chromadorita sp.</i>	3,83	2,07	
<i>Daptonema sp.</i>	5,17	5,74	6,5
<i>Desmodora sp.</i>	7,03	5,95	7,88
<i>Desmoscolex sp.</i>		1,7	
<i>Dorylaimopsis sp.</i>	7,58	9,99	9,55
<i>Halalaimus sp.</i>	5,62	3,97	1,92
<i>Laimella sp.</i>		1,73	
<i>Leptolaimus sp.</i>	2,47		
<i>Marylynna sp.</i>	3,53	4,3	3,45
<i>Mesacanthion sp.</i>		1,69	
<i>Paramesacanthion sp.</i>	2,43	1,8	3,01
<i>Pierrickia sp.</i>		2,78	2,37
<i>Pomponema sp.</i>	2,88		3,54
<i>Pselionema sp.</i>	3,91	2,99	3,42
<i>Quadricoma sp.</i>		2,13	
<i>Richtersia sp.</i>	4,27	4,83	4,18
<i>Sabatieria sp.</i>	5,49	7,8	8,33
<i>Setosabatieria sp.</i>	2,67	4,53	3,38
<i>Sphaerolaimus sp.</i>	4,51	4,59	4,8
<i>Terschellingia sp.</i>			3,26
<i>Thalassomonhystera sp.</i>	3,54	3,32	2,56
<i>Tricoma sp.</i>	1,96	3,45	3,42
<i>Viscosia sp.</i>	4,4		4,28

Πίνακας 3.8. Τα χαρακτηριστικά γένη και η ποσοστιαία συνεισφορά τους στις παρατηρούμενες ομοιότητες μεταξύ των συναθροίσεων των νηματωδών στο επίπεδο του γένους στο σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων ανά σταθμό (αθροιστικό επίπεδο 80%)

Γένη Νηματωδών	St. 1	St. 10	St. 17	St. 27	St. 30	St. 38
<i>Actinonema sp.</i>	8,89		4,69	5,61	5,81	3,49
<i>Axonolaimus sp.</i>				4,8	4,89	2,05
<i>Bolbolaimus sp.</i>		5,48	3,13			
<i>Chromadorina sp.</i>				1,89		
<i>Chromadorita sp.</i>			2,27	5,08		2,06
<i>Daptonema sp.</i>	8,88	4,65	5,78	4,71	2,2	4,36
<i>Desmodora sp.</i>		12,12	9,06	6,28	8,35	8,05
<i>Desmoscolex sp.</i>		2,66	2,13			
<i>Dorylaimopsis sp.</i>	12,16	12,53	6,51	3,86	6,45	8,77
<i>Halalaimus sp.</i>	4,19		2,18		4,36	4,64
<i>Laimella sp.</i>						2,74
<i>Leptolaimus sp.</i>		2,66	2,96			
<i>Marylynna sp.</i>	5,34		4,48	5,31	6,63	
<i>Mesacanthion sp.</i>			3,69			2,35
<i>Metadasynemella sp.</i>						2,52
<i>Oxystomina sp.</i>					1,83	
<i>Paramesacanthion sp.</i>		5,5	4,56	2,84		3,59
<i>Parodontophora sp.</i>	7,54					
<i>Pierrickia sp.</i>	4,02		2,07			2,09
<i>Pomponema sp.</i>			2,26	4,74	5,39	3,14
<i>Pselionema sp.</i>		7,11		3,82	5,34	5,73
<i>Quadricoma sp.</i>					3,15	
<i>Richtersia sp.</i>		8,22	6,34	2,87	3,31	7,73
<i>Sabatieria sp.</i>	12,15	5,87	6,09	4,91	6,1	4,37
<i>Setosabatieria sp.</i>			2,36	6,04	5,33	3,95
<i>Spilophorella sp.</i>					2,22	
<i>Sphaerolaimus sp.</i>	8,23	2,68	5,04	4,67		3,22
<i>Terschellingia sp.</i>	7,16	3,07				2,77
<i>Thalassironus sp.</i>				5,07		
<i>Thalassomonhystera sp.</i>	3,93	3,25	3,42	2,84		
<i>Tricoma sp.</i>		5,09		2,22	4,37	4
<i>Viscosia sp.</i>			2,91	3,52	5,34	

Τα μέσα ποσοστά ομοιότητας στις τρεις δειγματοληπτικές περιόδους είναι 43,76%, 46,20% και 46,86% αντίστοιχα. Τα δέκα αφθονότερα γένη μαζί με τα *Sphaerolaimus sp.*, *Paramesacanthion sp.*, *Pselionema sp.* και *Tricoma sp.* φαίνεται να αποτελούν τα πλέον χαρακτηριστικά γένη στις συναθροίσεις των νηματωδών τόσο πριν όσο και μετά την έναρξη της μηχανότρατας, με υψηλή ποσοστιαία συμμετοχή στη συνολική ομοιότητα. Αντίθετα τα λιγότερο άφθονα και περιστασιακά εμφανιζόμενα γένη *Aponema sp.*, *Axonolaimus*, *Bolbolaimus sp.*, και *Leptolaimus sp.*, φαίνεται να συνεισφέρουν στη συνολική ομοιότητα των σταθμών εντός μιας δειγματοληπτικής περιόδου, τον Σεπτέμβριο 2001. Αναλόγως για τους νηματώδεις *Desmoscolex sp.*, *Laimella sp.*, *Mesacanthion sp.*, και *Quadricoma sp.* για τη δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο και η εμφάνιση του *Terschellingia sp.* στην τρίτη, τα οποία αποτελούν γένη που εμφανίζονταν με μεγάλες αφθονίες περιστασιακά. Τέλος οι νηματώδεις των γενών *Chromadorita sp.*, *Pierrickia sp.*, *Pomponema sp.* και *Viscosia*

sp. φαίνεται να ευθύνονται για την ομοιότητα των συναθροίσεων των σταθμών ανάμεσα σε δύο δειγματοληπτικές περιόδους (I-II, II-III και I-III αντίστοιχα).

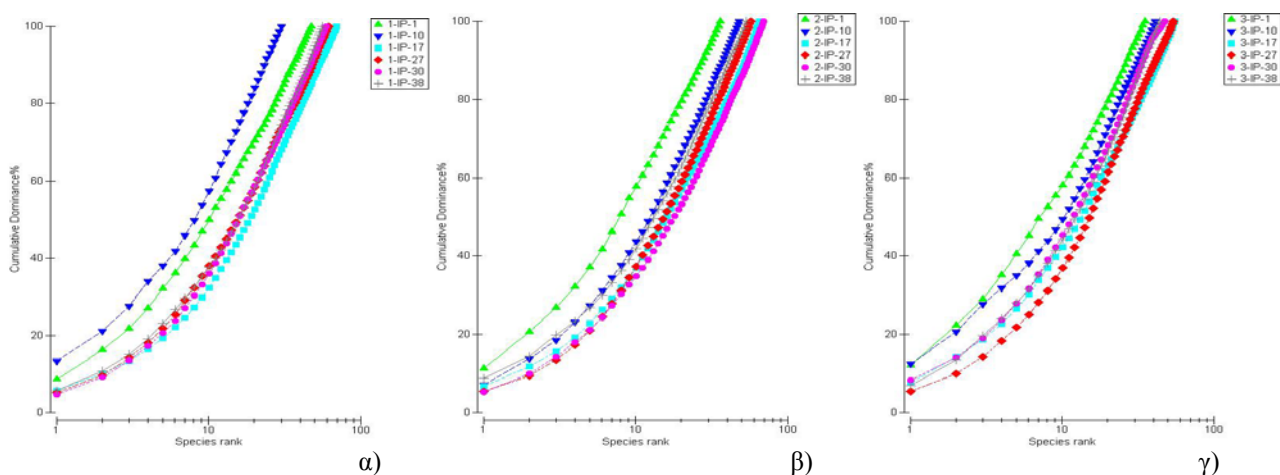
Η μέση τιμή της ποσοστιαίας ομοιότητας για τους έξι σταθμούς ανά δειγματοληπτική περίοδο είναι 56,65%, 49,46%, 49,81%, 56,28%, 49,75 και 46,86% αντίστοιχα. Τα έξι αφθονότερα γένη *Daptonema sp.*, *Dorylaimopsis sp.*, *Sabatieria sp.*, *Actinonema sp.*, *Desmodora sp.*, και *Richtersia sp.* φαίνεται να αποτελούν τα πλέον χαρακτηριστικά στις συναθροίσεις των νηματωδών σε όλους τους σταθμούς τόσο πριν όσο και μετά την έναρξη της μηχανότρατας, με υψηλή ποσοστιαία συμμετοχή στη συνολική ομοιότητα αυτών, επιβεβαιώνοντας τα προηγούμενα αποτελέσματα μας. Από την άλλη, τα γένη *Chromadorina sp.*, *Laimella sp.*, *Metadasynemella sp.*, *Oxystomina sp.*, *Parodontophora sp.*, *Quadricoma sp.*, *Spilophorella sp.* και *Thalassironus sp.*, φαίνεται να συνεισφέρουν στη συνολική ομοιότητα των συναθροίσεων καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων σε ένα και μόνο σταθμό. Τα παραπάνω είδη δεν ανήκουν στα αφθονότερα και τα επικρατέστερα στους υπό μελέτη σταθμούς και πιθανώς οι ξαφνικές εμφανίσεις τους να επηρεάζουν την ομοιομορφία και κατανομή τόσο των αφθονιών όσο και της ποικιλότητας των συναθροίσεων των νηματωδών. Τα υπόλοιπα γένη, όπως φαίνεται και στους αντίστοιχους πίνακες, συνεισφέρουν στην συνολική ομοιότητα των συναθροίσεων των νηματωδών ανάμεσα σε δύο έως και τέσσερις σταθμούς.

3.3.5.3 Καμπύλες *k*-dominance

Σύμφωνα με τους Lambshead *et al.* (1983), δύο βιοκοινωνίες μπορούν να συγκριθούν μόνο όταν οι καμπύλες αυτές δεν τέμνονται. Σε αντίθετη περίπτωση, οποιαδήποτε σύγκριση ως προς τους δείκτες ποικιλότητας δεν έχει νόημα, εφόσον τα δείγματα ουσιαστικά παρουσιάζουν την ίδια ποικιλότητα, έχοντας διαφορετική κατανομή των ειδών τους. Η μέθοδος *k*-dominance πραγματοποιήθηκε τόσο μεταξύ των σταθμών ανά δειγματοληπτική περίοδο όσο και μεταξύ των δειγματοληπτικών περιόδων ανά σταθμό, προκειμένου να εξεταστεί το κατά πόσο η σύγκριση της ποικιλότητας μεταξύ των συναθροίσεων των διαφορετικών σταθμών είναι εφικτή. Τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής φαίνονται στα διαγράμματα της εικόνας 3.19 και 3.20 αντίστοιχα.

Παρατηρούμε πως στην πρώτη δειγματοληπτική περίοδο η καμπύλες των σταθμών IP-1 και IP-10 δεν τέμνονται με τις καμπύλες των άλλων σταθμών, γεγονός που επιτρέπει την σύγκριση των βιοκοινωνιών. Παράλληλα, το γεγονός ότι οι

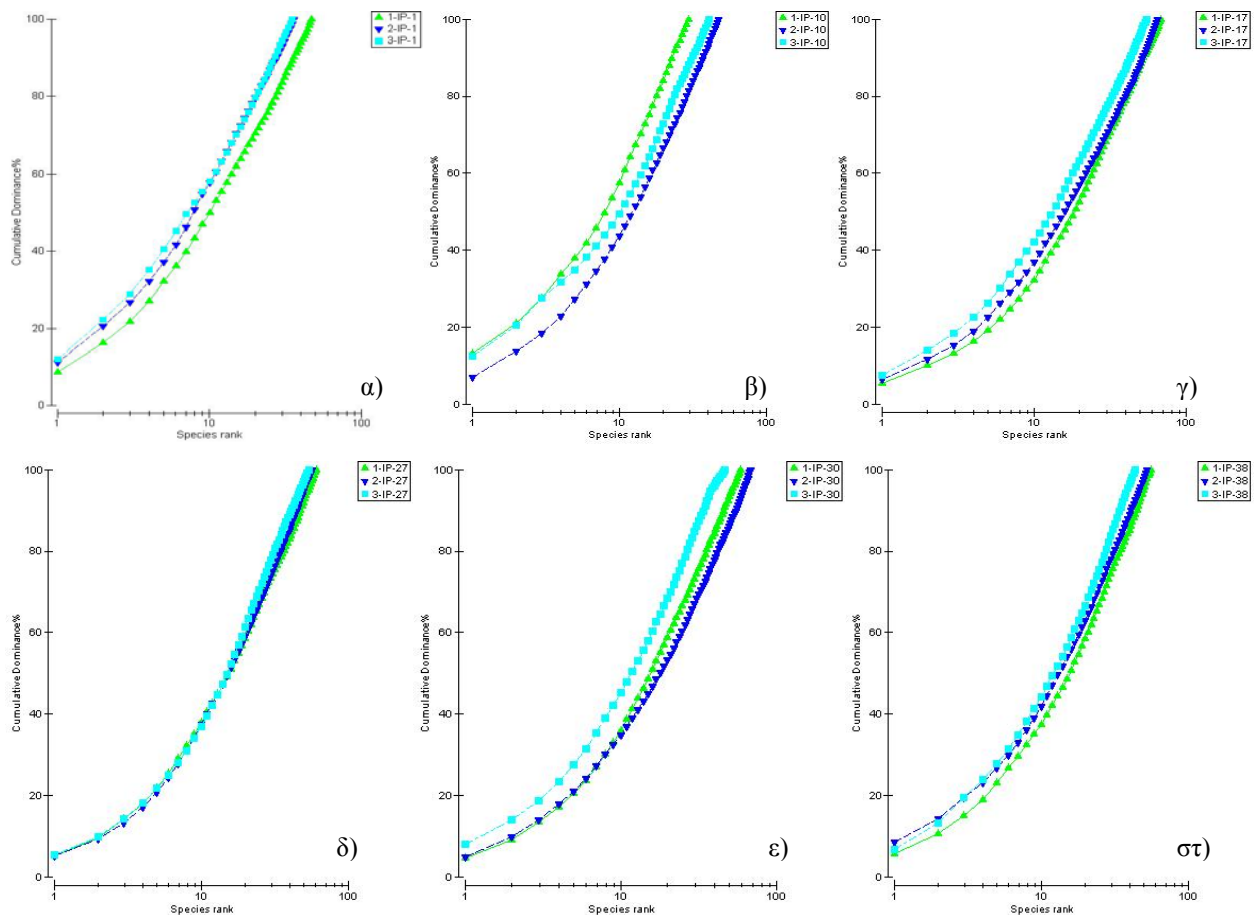
καμπύλες των σταθμών IP-1 και IP-10 βρίσκονται πάνω από τις υπόλοιπες, μας δίνει μια πρώτη ένδειξη πως οι δύο αυτοί σταθμοί εμφανίζουν και τη μικρότερη ποικιλότητα. Οι καμπύλες των υπολοίπων σταθμών τέμνονται με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η εξαγωγή συμπερασμάτων για το πρότυπο ποικιλότητας που ακολουθούν οι σταθμοί IP-17, IP-27, IP-30 και IP-38. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και για τις επόμενες δύο δειγματοληπτικές περιόδους μόνο για τον σταθμό IP-1.



Εικόνα 3.19. Διαγράμματα καμπυλών k-dominance των έξι σταθμών ανά δειγματοληπτική περίοδο (α) 1^η, β) 2^η, γ) 3^η), πριν και ένα και τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της μηχανότρατας στον κόλπο του Θερμαϊκού.

Βλέποντας τα διαγράμματα της εικόνας 3.20.α και 3.20.στ παρατηρούμε πως στους σταθμούς IP-1 και IP-38 η καμπύλη της πρώτης δειγματοληπτικής περιόδου δεν τέμνεται με τις καμπύλες των δύο επόμενων, γεγονός που επιτρέπει την σύγκριση των βιοκοινωνιών. Παράλληλα, η καμπύλη αυτή βρίσκεται κάτω από τις υπόλοιπες, γεγονός που υποδεικνύει ότι στους σταθμούς IP-1 και IP-38 πριν την έναρξη της μηχανότρατας παρατηρείται και η μεγαλύτερη ποικιλότητα.

Στο σταθμό IP-10 (εικόνα 3.20.β) η καμπύλη της δεύτερης δειγματοληπτικής περιόδου δεν τέμνεται με τις υπόλοιπες, γεγονός που επιτρέπει την σύγκριση των βιοκοινωνιών και ταυτόχρονα βρίσκεται κάτω από τις άλλες καμπύλες, γεγονός που υποδεικνύει ότι σε αυτό το σταθμό ένα μήνα μετά την έναρξη της μηχανότρατας παρατηρείται και η μεγαλύτερη ποικιλότητα.



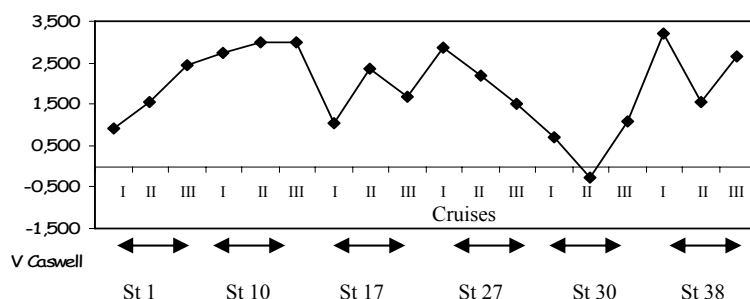
Εικόνα 3.20. Διαγράμματα καμπυλών k-dominance των τριών δειγματοληπτικών περιόδων μεταξύ των σταθμών (α) IP-1, β) IP-10, γ) IP-17, δ) IP-27, ε) IP-30 και στ) IP-38).

Στους σταθμούς IP-17 και IP-30 (εικόνα 3.20.γ και 3.20.ε) η καμπύλη της τρίτης δειγματοληπτικής περιόδου δεν τέμνεται με τις καμπύλες των υπολοίπων, γεγονός που επιτρέπει την σύγκριση των βιοκοινωνιών. Παράλληλα, βρίσκεται πάνω από τις υπόλοιπες στο διάγραμμα, γεγονός που υποδεικνύει ότι στους σταθμούς IP-17 και IP-30 τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της μηχανότρατας παρατηρείται και η μικρότερη ποικιλότητα. Τέλος, οι καμπύλες των υπολοίπων δειγματοληπτικών περιόδων καθώς και των τριών για το σταθμό IP-27, τέμνονται με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η εξαγωγή συμπερασμάτων για το πρότυπο ποικιλότητας που ακολουθείται.

3.3.5.4 Μοντέλο Ewens/Caswell (V)

Το ουδέτερο μοντέλο Ewens/Caswell θεωρείται χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων της φυσικής διατάραξης στα οικοσυστήματα (Lambshhead & Platt, 1988), συνεπώς χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα μελέτη όπου οι οργανισμοί υπόκεινται σε έντονη και συνεχή φυσική πίεση εξαιτίας της

χρόνιας δραστηριότητας της μηχανότρατας. Για τον υπολογισμό της τιμής V , τα επαναληπτικά δείγματα από κάθε σταθμό αθροίστηκαν καθώς η συγκεκριμένη ανάλυση μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε πραγματικές μετρήσεις ατόμων (Caswell, 1976).



Εικόνα 3.21. Διακυμάνσεις του δείκτη V του Caswell για τους έξι σταθμούς ανά δειγματοληπτική περίοδο (I) Σεπτεμβρίου 2001, (II) Οκτώβριος 2001 και (III) Ιανουάριος 2002).

Όπως παρατηρείται στον πίνακα 7.4 ο δείκτης ποικιλότητας V του Caswell κυμαίνεται από $-0,26$ έως $3,205$. Η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή του παρατηρούνται τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της μηχανότρατας στους σταθμούς IP-10 και IP-27 αντίστοιχα. Γενικά ο δείκτης V λαμβάνει θετικές τιμές στο σύνολο των σταθμών καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα της εικόνας 3.21 ο δείκτης του ουδέτερου μοντέλου Ewens/Caswell παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών σε όλους τους σταθμούς, γεγονός που υποδηλώνει διαρκείς μεταβολές στην απόκλιση της εκάστοτε συνάθροισης από το ουδέτερο μοντέλο.

Στον σταθμό IP-1 οι τιμές του δείκτη αποκλίνουν από τα όρια του μοντέλου (>2) κατά την τρίτη δειγματοληπτική περίοδο. Γενικά παρατηρείται αύξηση του βαθμού της ισομερούς κατανομής αλλά ταυτόχρονη μείωση της βιοποικιλότητας εφόσον (κεφ. 3.3.3, εικόνα 3.16.α) παρατηρείται μείωση ή και εξαφάνιση των περισσότερων άφθονων ειδών και αύξηση ή και επικράτηση πολύ λιγότερων αριθμητικά ειδών, γεγονός που επιβεβαιώνεται και με τις καμπύλες k -dominance (εικόνα 3.20.α). Στον σταθμό IP-10 οι τιμές του μοντέλου βρίσκονται εκτός των ορίων καθ' όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας, παρατηρώντας αύξηση του βαθμού της ισομερούς κατανομής με ταυτόχρονη μείωση της βιοποικιλότητας εφόσον (κεφ. 3.3.3, εικόνα 3.16.β) παρατηρείται μείωση ή και εξαφάνιση των περισσότερων ειδών και έντονη αύξηση και επικράτηση, σχεδόν, των πέντε αφθονότερων γενών όπως είναι τα *Dorylaimopsis sp.*, *Sabatieria sp.*, *Halalaimus sp.*, *Actinonema sp.*, *Daptonema sp.*. Στον IP-30 οι τιμές του δείκτη V βρίσκονται εντός των ορίων με τη

μοναδική αρνητική τιμή ένα μήνα μετά την έναρξη της μηχανότρατας, υποδεικνύοντας μεγάλη επικράτηση ορισμένων ειδών. Στον σταθμό IP-17 ο δείκτης αποκλίνει από τα όρια ένα μήνα μετά την έναρξη της μηχανότρατας, υποδεικνύοντας αύξηση του βαθμού της ισομερούς κατανομής αλλά και ταυτόχρονη μείωση της βιοποικιλότητας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα στο κεφάλαιο 3.3.3 και του διαγράμματος της εικόνας 3.16.γ, έχουμε κατά τον Οκτώβρη μείωση των περισσότερων ειδών των νηματωδών και έπειτα επανεμφάνισή τους τέσσερις μήνες μετά, τον Ιανουάριο. Στο σταθμό IP-27 ο δείκτης βρίσκεται εντός των ορίων του ουδέτερου μοντέλου μόνο τον Ιανουάριο (κεφ. 3.3.3, εικόνα 3.16.δ) όπου παρατηρούμε πραγματικά επικράτηση και των 20 αφθονότερων γενών με αυξημένο βαθμό ισομερούς κατανομής, και παράλληλα κάτι παρόμοιο παρατηρείται στον IP-38 τον Οκτώβρη.

4. Συζήτηση

4.1 Ο Θερμαϊκός κόλπος

Ο κόλπος του Θερμαϊκού είναι μια επιμήκης ημίκλειστη λεκάνη, με εκτεταμένη υφαλοκρηπίδα, ομαλό ανάγλυφο βυθού και βάθη μικρότερα των 200 μέτρων. Παρά την ημίκλειστη μορφολογία του παρατηρείται έντονη κυματική και ρευματική δραστηριότητα (Kontoyiannis et al., 2003) γεγονός που επιβεβαιώνει τις θετικές και ιδιαίτερα υψηλές τιμές του δυναμικού οξειδοαναγωγής στα επιφανειακά ιζήματα σε όλους τους σταθμούς και καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων. Οι εποχιακές καταγίδες, ιδιαίτερα κατά την περίοδο του χειμώνα (Tragou et al., 2005) όπου και παρατηρήθηκε πτώση των θερμοκρασιών χωρίς έντονες διακυμάνσεις βέβαια, επίσης προκαλούν ανατάραξη του υποστρώματος και κατά συνέπεια την οξυγόνωσή του.

Το βόρειο και βορειοδυτικό παράκτιο τμήμα του κόλπου χαρακτηρίζεται από ιλυώδη ιζήματα με πολύ χαμηλό ποσοστό άμμου (~10%) (Karageorgis & Anagnostou, 2001) γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τις τιμές της μέσης διαμέτρου των κόκκων και των ποσοστών ιλύος αργίλου που φτάνουν το 99%. Παρόλα αυτά η ταξινόμηση του ιζήματος χαρακτηρίζεται φτωχή υποδεικνύοντας μεγάλη ετερογένεια ιζήματος εξαιτίας της έντονης εισροής φερτού υλικού και εναπόθεση νέου ιζήματος μέσω των εκβολών των ποταμών είτε μέσω της ανάδευσης από τις μηχανότρατες, ενώ παράλληλα επικρατούν κόκκοι ιζήματος μεγέθους μεγαλύτερου της μέσης διαμέτρου κόκκων. Εξαίρεση αποτελεί ο σταθμός IP-30 που είναι απομακρυσμένος από την ακτή στο εσωτερικό του κόλπου και χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκη άμμο με πολύ χαμηλό ποσοστό ιλύος αργίλου.

Οι συγκεντρώσεις τόσο της χλωροφύλλης α όσο και των φαιοχρωστικών, του ποσοστού του οργανικού άνθρακα καθώς και του ρυθμού ανοργανοποίησής του είναι αρκετά υψηλές γεγονός που υποδεικνύει διαθεσιμότητα τροφής εξαιτίας τόσο της εισροής οργανικού υλικού από τις εκβολές των ποταμών Αξιού, Αλιάκμονα, Λουδία, Γαλλικού και Πηνειού οι οποίοι εκβάλλουν στο βορειοδυτικό και νοτιοδυτικό άκρο του κόλπου, αντίστοιχα (Karageorgis & Anagnostou, 2001), και τον κόλπο της Θεσσαλονίκης (Giannakourou et al., 2005; Karageorgis et al., 2005) όσο και εξαιτίας της ανάδευσης αυτού με την εντατική χρήση της μηχανότρατας (Stergiou et al., 1997). Επίσης, παρατηρείται μια από βορρά προς νότο διαβάθμιση των τιμών τους

καθώς και μια διακύμανση εξαιτίας της εναλλαγής των εποχών και των εποχικών πλημμυρών των ποταμών που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Αυτό είναι ιδιαίτερα ορατό στα ποσοστά ανοργανοποίησης του άνθρακα όπου παρατηρείται μία έντονη αύξηση τον Οκτώβριο και μια απότομη και δραματική μείωση τον Ιανουάριο.

Εικόνες του ανάγλυφου του βυθού με χρήση ηχοβολιστικού (Lampadariou et al, 2005) έδειξαν καθαρά πως ένα μήνα μετά την έναρξη της μηχανότρατας περίπου το 80% των περιοχών έχει υποστεί έντονη διατάραξη εξαιτίας της σύρσης της τράτας βυθού, μειώνοντας την τραχύτητα της επιφάνειας και αυξάνοντας την συνεκτικότητα. Παρόλα αυτά, οι κοκκομετρικές αναλύσεις του ιζήματος δεν έδειξαν καμία σχεδόν μεταβλητότητα καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών, γεγονός που συμφωνεί και με προηγούμενες μελέτες (Caddy, 1973; Eleftheriou and Robertson, 1992; Pranovi and Giovanardi, 1994; Kaiser and Spencer, 1996; Tuck et al., 1998). Παρόλα αυτά, επιπτώσεις της διατάραξης του βυθού ήταν εμφανείς στη βιοχημική σύσταση του ιζήματος. Σύμφωνα με τους Pusceddu et al. (2005), η διατάραξη και επαναιώρηση του ιζήματος μπορεί να προκαλέσει την αύξηση της ποιότητας και διαθεσιμότητας του οργανικού άνθρακα στους καταναλωτές οργανισμούς, με άμεση συνέπεια την τροποποίηση των ενεργητικών και τροφικών συνθηκών των βενθικών οικοσυστημάτων με κύριους αποδέκτες τις μικροβιακές και μειοπανιδικές κοινότητες, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας.

4.2 Χρονική και χωρική κατανομή Μειοπανίδας

Η αλιεία με χρήση της τράτας βυθού θεωρείται από τις σοβαρότερες ανθρωπογενείς διαταράξεις ικανή να προκαλέσει μακροχρόνιες και μεγάλης κλίμακας αλλαγές στη δομή, την ποικιλότητα, την πληθυσμιακή σύνθεση, τροφική δομή και παραγωγικότητα των μακροβενθικών βιοκοινωνιών (de Groot and Lindeboom, 1994; Dayton et al. 1995; Jennings and Kaiser, 1998; Lindeboom and de Groot, 1998; Hall, 1999; Collie et al., 2000; Gislason et al. 2000; Kaiser and de Groot, 2000; Kaiser et al., 2000). Πειραματικές μελέτες και μελέτες πεδίου έχουν δείξει κατά καιρούς πως οι αφθονίες των μακροβενθικών επιπανιδικών και ενδοπανιδικών ειδών μειώνονται μετά τη χρήση της βενθικής τράτας και πως τα ευαίσθητα και μεγάλου μεγέθους είδη με σχετικά μεγάλους κύκλους ζωής είναι γενικά πιο ευάλωτα από είδη μικρότερων μεγεθών (Kaiser and Spencer 1996; Thrush et al. 1998; Tuck et al. 1998; Bergman

and Santbrink 2000a, b; Gislason and Sinclair 2000; Hall-Spencer and Moore 2000; Kaiser et al. 2000). Σαν αποτέλεσμα λοιπόν, στα ενδιαιτήματα αυτά εξαπλώνονται και εν τέλει κυριαρχούν βιοκοινωνίες μικρών ενδοπανιδικών οργανισμών με μικρούς κύκλους ζωής (Gubbay and Knapman 1999; Kaiser et al. 2000; Jennings et al. 2001).

Οι μειοβενθικοί οργανισμοί είναι πιο ανθεκτικοί από τους μεγα- και μακροβενθικούς στη συγκεκριμένη διατάραξη εφόσον είναι πιο πιθανή η επαναιώρησή τους πάνω από την επιφάνεια του ιζήματος (Gilkinson et al. 1998) και η μετακίνησή τους παρά η άμεση θανάτωσή τους εξαιτίας της χρήσης της βενθικής τράτας. Επιπρόσθετα, ο υψηλός ρυθμός αναπαραγωγής τους σε συνδυασμό με τους μικρούς κύκλους ζωής (Schwinghamer et al., 1986), επιτρέπει στις βιοκοινωνίες τους να αντιστέκονται στον υψηλό ρυθμό θνησιμότητας στις διαταραγμένες περιοχές και να μην αναμένεται οποιαδήποτε απόκρισή τους στη συγκεκριμένη διατάραξη γεγονός που επιβεβαιώνεται από τα δεδομένα της παρούσας εργασίας. Σύμφωνα με τους Lampadariou et al. (2005) και τα κεφάλαια 3.2.1 και 3.2.2 οι αφθονίες της μειοπανίδας παρουσίασαν έντονες διακυμάνσεις καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών με μεταβλητότητα ανάμεσα στους σταθμούς. Η μόνη έντονη διαφοροποίηση παρατηρείται στον πιο απομακρυσμένο και διαφορετικής κοκκομετρικής σύστασης σταθμό. Επίσης, βρέθηκε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των χλωροπλαστικών χρωστικών και της κοκκομετρικής σύστασης των περισσοτέρων ταξινομικών ομάδων της μειοπανίδας, γεγονός που υποδεικνύει την συσχέτιση τους με τη διαθεσιμότητα τροφής (Lampadariou et al. 2005) και τον τύπο του ιζήματος. Σχέση που αναφέρεται και σε προηγούμενες μελέτες (Soyer, 1971; de Bove' e and Soyer, 1974; Faubel et al., 1983; de Bove' e et al., 1990; O' lafsson and Elmgren, 1997), ενώ σε ορισμένες δεν ήταν δυνατός ο προσδιορισμός της συσχέτισης αυτής (Warwick and Buchanan, 1971; Juario, 1975; Boucher, 1980).

Επιπλέον, η σύρση της τράτας βυθού μπορεί να θεωρηθεί πως έχει ευεργετική δράση στους οργανισμούς που παραμένουν ανέπαφοι εφόσον με την ανάδευση και επαναιώρηση του ιζήματος προκαλεί ανανέωση του μεσοδιαστηματικού οξυγόνου και απελευθέρωση του θαμμένου οργανικού υλικού και θρεπτικών (Duplisea et al., 2001). Έτσι λοιπόν, μία ενδεχόμενη αύξηση των μειοπανιδικών οργανισμών με ταυτόχρονη μείωση των μακροπανιδικών, τους καθιστά υπεύθυνους για την μεταφορά ενέργειας στις βιογεωχημικές διεργασίες του βενθικού οικοσυστήματος. Από την άλλη, η απελευθέρωση των θαμμένων θρεπτικών μπορεί να οδηγήσει,

εξαιτίας του έντονου και γρήγορου ευτροφισμού, σε υποοξικές ή και ανοξικές συνθήκες με συνέπεις την θανάτωση και μείωση των αφθονιών των βενθικών πληθυσμών (Kemp and Boynton, 1992; Heip, 1995). Στην παρούσα εργασία φαίνεται ιδιαίτερη η ανθεκτικότητα των μειοβενθικών κοινοτήτων ενώ ταυτόχρονα η μεταβλητότητα των αφθονιών στο επίπεδο των κύριων ταξινομικών ομάδων πιθανώς να οφείλεται στην εναλλαγή των εποχών και σε ένα σύνολο επιπλέον διαταράξεων που υφίσταται ο κόλπος παρά στη συγκεκριμένη διατάραξη της μηχανότρατας.

Γενικά, οικοσυστήματα με έντονη και χρόνια διατάραξη με χρήση της μηχανότρατας συνήθως υφίστανται και άλλου είδους ανθρωπογενείς διαταράξεις όπως εκροές αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων, δραστηριότητες θαλάσσιας μεταφοράς και αναψυχής (Kinne, 1995), έτσι είναι πολύ δύσκολος ο ακριβής προσδιορισμός και η αποτίμηση των σχετικών ρόλων των διαταράξεων καθώς και άλλων φυσικοχημικών παραγόντων στις αλλαγές των βενθικών βιοκοινωνιών, μεμονωμένα (Rees and Eleftheriou 1989; Jones 1992; Dayton et al. 1995; Currie and Parry 1996; Thrush et al. 1998; Blaber et al. 2000).

4.3 Χρονική και χωρική κατανομή Νηματωδών

Οι νηματώδεις παρουσίασαν έντονες διακυμάνσεις καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών με μεταβλητότητες ανάμεσα στους σταθμούς. Γενικά, δεν παρατηρήθηκε έντονη επίδραση της διατάραξης τόσο σε επίπεδο αφθονιών όσο και βιομάζας (Lampadariou et al, 2005) ένα μήνα μετά την έναρξη της χρήσης της μηχανότρατας, παρόμοιο πρότυπο και με τις υπόλοιπες μειοβενθικές ομάδες. Από την άλλη, παρουσίασαν έντονη μεταβλητότητα και μείωση των αφθονιών τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της διατάραξης, η οποία υποδεικνύει επίδραση κυρίως της εναλλαγής των εποχών και κατ' επέκταση μείωση των θερμοκρασιών, έντονη φυσική διατάραξη εξαιτίας των ακραίων εποχικών καταιγίδων και πλημμυρών των ποταμών που εκβάλλουν στον κόλπο, κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος, πρωτογενής παραγωγή, διαθεσιμότητα τροφής, παράγοντες με τους οποίους συσχετίζονται άμεσα οι νηματώδεις. Οι μικροί κύκλοι ζωής των περισσότερων ειδών νηματωδών έχουν πιθανώς αντισταθμίσει τις οποιεσδήποτε βραχύχρονες επιδράσεις και για το λόγο αυτό δεν είναι δυνατό να γίνουν απόλυτα αντιληπτές μήνες μετά την έναρξη της διατάραξης και ενώ αυτή συνεχίζει για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Schwartzberg and Jennings 2002). Παρόμοια αποτελέσματα υπάρχουν και στην μελέτη των Pranovi

[et al. \(2000\)](#), οι οποίοι έδειξαν πως η χρήση της τράτας σε πειραματικό επίπεδο προκάλεσε αλλαγές στη δομή των μειοβενθικών κοινοτήτων στο επίπεδο των ανώτερων ταξινομικών ομάδων οι οποίες όμως ήταν ορατές μόνο μία εβδομάδα μετά το πείραμα.

Τα πρότυπα των αποτελεσμάτων διαφέρουν σε δύο μόνο σταθμούς. Στον ρηχότερο όπου οι αφθονίες των νηματώδων ακολουθούν μια αυξητική πορεία κυρίως εξαιτίας των πολυπαραγοντικών επιδράσεων που δέχεται ο σταθμός αυτός από το λιμάνι της Θεσσαλονίκης και την έντονη εισροή οργανικού φορτίου από τους σημαντικότερους ποταμούς. Από την άλλη ο πιο απομακρυσμένος από το λιμάνι σταθμός παρουσιάζει τις μικρότερες αφθονίες και σε επίπεδο γένους την μεγαλύτερη ποικιλότητα όπως θα δειχθεί και παρακάτω, εξαιτίας της τελείως διαφορετικής κοκκομετρικής σύστασης και των συγκριτικά μειωμένων τιμών χλωροπλαστικών χρωστικών και οργανικού άνθρακα.

Γενικά, σε περιοχές με έντονη αλιευτική δραστηριότητα, όπως ο κόλπος του Θερμαϊκού, είναι σχεδόν αδύνατη η εύρεση κατάλληλου σταθμού 'μάρτυρα'. Ακόμα και η περίοδος των τεσσάρων μηνών όπου και απαγορεύεται κάθε είδους αλιευτική δραστηριότητα δεν μπορεί να θεωρηθεί αρκετή ώστε να επιτραπεί η ανάκαμψη του οικοσυστήματος ή των βιοκοινωνιών στην πρότερη κατάσταση. Συνεπώς, η στρατηγική δειγματοληψίας δεν επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό του βαθμού επίδρασης της σύρσης της βενθικής τράτας ή άλλων μορφών ανθρωπογενών και φυσικών εποχικών διαταράξεων. Τα αποτελέσματά μας συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες, στις οποίες δεν ανιχνεύτηκε αποκλειστική επίδραση της μηχανότρατας στη μειοπανίδα και στις διάφορες ταξινομικές ομάδες, για παράδειγμα νηματώδεις στο επίπεδο του τάξου, ως προς τις αφθονίες, την ποικιλότητα αλλά και τη βιομάζα. Παρατηρήθηκαν ήπιες μόνο επιδράσεις της συγκεκριμένης διατάραξης στη δομή της βιοκοινωνίας, ενώ ταυτόχρονα βρέθηκε πως οποιαδήποτε ενδεχόμενη επίδραση εξαιτίας της μηχανότρατας χαρακτηρίστηκε δευτερεύουσα σε σχέση με της αλλαγές των μειοπανιδικών κοινοτήτων εξαιτίας της εποχικότητας και των φυσικοχημικών διαταράξεων του οικοσυστήματος ([Schratzberger et al., 2002](#); [Schratzberger and Jennings, 2002](#); [Ernst et al., 2002](#); [Lampadariou et al, 2005](#)).

4.4 Πληθυσμιακή σύνθεση και λειτουργικοί τύποι

Κατά την διαλογή και τον προσδιορισμό των νηματωδών στο επίπεδο του γένους, υπήρξαν ελάχιστες μαρτυρίες άμεσης θνησιμότητας των οργανισμών εφόσον τα άτομα σε όλα τα υπό μελέτη δείγματα βρέθηκαν σε άρτια κατάσταση και στα τρία αναπτυξιακά στάδια (ανώριμα άτομα, ώριμα θηλυκά και ώριμα αρσενικά). Το γεγονός αυτό υποδεικνύει πως η αναπαραγωγή και η ανάπτυξη των περισσότερων ειδών παρέμεινε σχεδόν ανεπηρέαστη καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών, πριν και κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας της μηχανότρατας.

Στο επίπεδο των γενών για τους νηματώδεις δεν σημειώθηκε έντονη επίδραση της διατάραξης της μηχανότρατας στο σύνολο των βιοκοινωνιών του Θερμαϊκού. Αυτό οφείλεται στη διαφορετικότητα των σταθμών ως προς τα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά και τον βαθμό διατάραξης και επιρροής του καθενός από τις εκβολές των ποταμών και τις εκροές των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων. Παρατηρήθηκε μεταβλητότητα μεταξύ των σταθμών η οποία ακολουθεί την από βορρά προς νότο διαβάθμιση των τιμών των χλωροπλαστικών χρωστικών και του οργανικού άνθρακα, με εξαιρέσεις του ρηχότερου και του πιο απομακρυσμένου σταθμού οι οποίοι χαρακτηρίζονται από εντελώς διαφορετικές φυσικοχημικές συνθήκες. Όλα τα παραπάνω υποδεικνύουν πως τα περισσότερα είδη των νηματωδών επηρεάζονται εν τέλει εντονότερα από τοπικές διαφορές στα φυσικοχημικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά και στους βαθμούς διαταράξεων μεταξύ των σταθμών των δειγματοληψιών παρά από την διατάραξη που υφίστανται από την χρήση της μηχανότρατας (Schratzberger et al 2002).

Τα περισσότερα γένη νηματωδών στο σύνολό τους φαίνεται να συσχετίζονται, ισχυρά με τη διαθεσιμότητα τροφής. Συγκεκριμένα, από τα είκοσι αφθονότερα γένη που μελετήθηκαν εκτενέστερα, τα *Daptonema sp.*, *Paramesacanthion sp.* και *Thalassomonhystera sp.* συσχετίζονται κυρίως με την κοκκομετρία του ιζήματος. Τα γένη *Pomponema sp.*, *Pselionema sp.*, *Setosabatieria sp.* και *Terchellingia sp.* προκύπτει πως συσχετίζονται κυρίως με τη διαθεσιμότητα τροφής, αλλά ταυτόχρονα και με τις περισσότερες περιβαλλοντικές παραμέτρους. Τέλος, όλα τα υπόλοιπα γένη δεν προκύπτει να έχουν κάποια ισχυρή συσχέτιση με καμία απολύτως παράμετρο.

Ο σταθμός IP-1, ο πλέον επιβαρυσμένος, αποτελεί τον ρηχότερο σταθμό και δέχεται χερσογενούς έντονες εισροές φερτών υλών και ανόργανου και οργανικού φορτίου. Κυριαρχούν είδη που ανήκουν σε οχτώ μόνο γένη όπου εμφανίζουν και τις

μέγιστες αφθονίες τους και απαρτίζουν τη βιοκοινωνία των νηματωδών του σταθμού, τα οποία φαίνεται να ευνοούνται από τα χαρακτηριστικά του επιβαρυμένου αυτού σταθμού και είναι σχεδόν τα μοναδικά που συνθέτουν τις κοινότητες των νηματωδών τόσο πριν όσο και κατά τη διάρκεια της μηχανότρατας. Όλα τα υπόλοιπα πιθανώς είναι πιο ευαίσθητα στο βαθμό επιβάρυνσης της συγκεκριμένης περιοχής. Οι αφθονίες των ειδών του γένους *Dorylaimopsis*, παραμένουν σταθερές τόσο πριν όσο και κατά τη διάρκεια της μηχανότρατας. Είδη που ανήκουν σε πέντε από τα οχτώ γένη, *Sabatieria*, *Daptonema*, *Actinonema*, *Sphaerolaimus* και *Pierrickia*, παρουσιάζουν αύξηση ένα και τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της διατάραξης. Γενικά εμφανίζονται και οι τέσσερις τροφικοί τύποι με τους επιλεκτικούς και μη επιλεκτικούς ιζηματοφάγους να κυριαρχούν. Τα είδη των γενών *Sabatieria* και *Daptonema* φαίνεται να διαδέχονται τα είδη των *Thalassomonhystera* και *Setosabatieria* κατά τη διάρκεια της μηχανότρατας στους μη επιλεκτικούς ιζηματοφάγους και ταυτόχρονα στα είδη των επιλεκτικών ιζηματοφάγων φαίνεται πως τα γένη *Pierrickia* και *Tricoma* διαδέχονται τα άτομα των γενών *Chromadorita*, *Terchellingia* και *Halalaimus*. Επίσης οι νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα η οποία αναπτύσσεται επάνω στο υπόστρωμα και ανήκουν στο γένος *Actinonema* διαδέχονται τα είδη του γένους *Marylynnia*, και ταυτόχρονα στα είδη των τριών γενών άρπαγων-παμφάγων το *Sphaerolaimus* παίρνει τη θέση των *Bolbolaimus* και *Viscosia* κατά τη διάρκεια της εποχής της μηχανότρατας.

Ο σταθμός IP-30 αποτελεί τον πιο απομακρυσμένο από την ακτογραμμή σταθμό και χαρακτηρίζεται από αμμώδες καλά οξυγονωμένο ίζημα με φτωχή ταξινόμηση και ισχυρή ασυμμετρία η οποία τείνει σε συμμετρία τον Ιανουάριο εξαιτίας της μεταφοράς και εναπόθεσης φερτού υλικού από τη δραστηριότητα της μηχανότρατας, ελάχιστη αφθονία διαθέσιμης τροφής και ελάχιστο μεταβολισμό των οργανισμών. Κυριαρχούν είδη που ανήκουν σε δεκαπέντε γένη με σχετικά μικρές αφθονίες αλλά ομοιόμορφη σχεδόν κατανομή. Εκτός από το γένος *Dorylaimopsis*, του οποίου οι αφθονίες αν και 4,5 φορές μικρότερες από ότι στο σταθμό IP-1 διατηρούνται επίσης σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια της διατάραξης, όλα τα υπόλοιπα κυρίαρχα γένη είναι εντελώς διαφορετικά κυρίως λόγω διαφορετικής κοκκομετρίας. Γενικά εμφανίζονται και οι τέσσερις τροφικοί τύποι με τους επιλεκτικούς ιζηματοφάγους και τους νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα η οποία αναπτύσσεται επάνω στο υπόστρωμα να κυριαρχούν. Τα είδη των γενών *Pomponema* και *Desmodora* φαίνεται να διαδέχονται τα είδη των *Marylynnia* και

Actinonema κατά τη διάρκεια της μηχανότρατας και στα είδη των επιλεκτικών ιζηματοφάγων φαίνεται πως το *Pselionema* παίρνει τη θέση των γενών *Chromadorita*, *Tricoma* και *Halalaimus*. Στους παμφάγους τα είδη του γένους *Paramesacanthion* διαδέχονται τα είδη του γένους *Viscosia* τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της διατάραξης ενώ στους μη επιλεκτικούς ιζηματοφάγους οι αφθονίες των ειδών αυξάνουν τον Οκτώβρη και μειώνονται ελάχιστα ξανά με τις χαμηλές θερμοκρασίες του Ιανουαρίου.

Στους σταθμούς IP-10 και IP-17 κυριαρχούν είδη που ανήκουν σε δώδεκα γένη. Και στους δύο σταθμούς παρατηρείται έντονη μείωση των αφθονιών των ειδών αντίστοιχη με τη προς νότο μείωση της διαθεσιμότητας τροφής. Επιπρόσθετα παρατηρείται αύξηση της ποικιλότητας των γενών συγκριτικά με τον πιο επιβαρυσμένο σταθμό IP-1 καθώς και μείωση των επιλεκτικών ιζηματοφάγων. Γενικά εμφανίζονται και οι τέσσερις τροφικοί τύποι με τους μη επιλεκτικούς ιζηματοφάγους και τους νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα η οποία αναπτύσσεται επάνω στο υπόστρωμα να κυριαρχούν. Τα είδη του γένους *Dorylaimopsis* φαίνεται να διαδέχονται τα είδη των *Desmodora* και *Actinonema* κατά τη διάρκεια της μηχανότρατας. Ταυτόχρονα στα είδη των μη επιλεκτικών ιζηματοφάγων φαίνεται πως τα *Sabatieria* και *Thalassomonhystera* παίρνουν τη θέση των γενών *Richtersia* και *Daptonema*. Στους παμφάγους τα είδη του γένους *Paramesacanthion* διαδέχονται στις βιοκοινωνίες και των δύο σταθμών τα είδη του γένους *Bolbolaimus* τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της διατάραξης, ενώ παράλληλα οι αφθονίες του γένους *Sphaerolaimus* παραμένουν σταθερές και στους δύο σταθμούς καθ' όλη τη διάρκεια της διατάραξης.

Στους σταθμούς IP-27 και IP-38 σημαντικό είναι να τονιστεί πως παραμένουν σταθερές οι τιμές της διαθεσιμότητας τροφής με μηδαμινές διακυμάνσεις ανάμεσα στις εποχές. Κυριαρχούν είδη που ανήκουν σε δεκαέξι γένη. Παρουσιάζονται μέγιστα δύο και τριών γενών αντίστοιχα, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται έντονη μείωση των αφθονιών, αντίστοιχη με τη προς νότο μείωση της διαθεσιμότητας τροφής. Επιπρόσθετα παρατηρείται αύξηση της ποικιλότητας των γενών συγκριτικά με τον πιο επιβαρυσμένο σταθμό IP-1 αλλά και τους δύο βορειότερους. Γενικά εμφανίζονται και οι τέσσερις τροφικοί τύποι με τους μη επιλεκτικούς ιζηματοφάγους και τους νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα η οποία αναπτύσσεται επάνω στο υπόστρωμα να κυριαρχούν. Σημαντικό επίσης είναι να παρατηρηθεί πως οι μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι μειώθηκαν μετά την έναρξη της μηχανότρατας, δίνοντας τη

οικολογική τους θέση στους νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα και στους άρπαγες- παμφάγους. Τα είδη των γενών *Actinonema*, *Pompronema* και *Desmodora* φαίνεται να διαδέχονται τα είδη του γένους *Dorylaimopsis* κατά τη διάρκεια της μηχανότρατας. Στα είδη των μη επιλεκτικών ιζηματοφάγων φαίνεται πως στο σταθμό IP-27 τα *Setosabatieria* και *Thalassomonhystera* παίρνουν τη θέση του γένους *Richtersia*, ενώ παράλληλα στο σταθμό IP-38 συμβαίνει το αντίστροφο κατά την περίοδο της μηχανότρατας. Τέλος, στους επιλεκτικούς ιζηματοφάγους οι νηματώδεις των γενών *Pselionema* και *Tricoma* φαίνεται να διαδέχονται τα άτομα των γενών *Chromadorita* και *Halalaimus* τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της διατάραξης.

4.5 Ποικιλότητα

Τα πρότυπα κατανομής που ακολουθούν οι δείκτες ποικιλότητας που μελετήθηκαν επιβεβαιώνουν την πληθυσμιακή δομή που συζητήθηκε πιο προηγουμένως. Μέγιστη ποικιλότητα και ταυτόχρονα βαθμός ισομερούς κατανομής των ατόμων ανάμεσα στα γένη που απαρτίζουν τις βιοκοινωνίες των νηματωδών παρουσιάζει ο σταθμός IP-30 και ελάχιστη ο σταθμός IP-1. Παράλληλα, στους σταθμούς IP-1 και IP-17 παρατηρείται μείωση της ομοιομορφίας μεταξύ των δειγματοληψιών πριν και μετά την έναρξη της μηχανότρατας και κατ' επέκταση μείωση της ποικιλότητας. Οι υψηλότεροι βαθμοί ομοιομορφίας των ατόμων ανάμεσα στα γένη και ποικιλότητας παρουσιάζονται στους σταθμούς IP-17, IP-27, IP-30 και IP-38 κατά την πρώτη και δεύτερη δειγματοληπτική περίοδο μαζί με μικρές παρόλα αυτά αφθονίες ανά γένος, ακολουθώντας την μείωση από βορρά προς νότο του οργανικού υλικού. Τα παραπάνω πρότυπα κατανομής της ποικιλότητας στους διάφορους σταθμούς πριν και μετά την διατάραξη επιβεβαιώνονται και από τις καμπύλες k-dominance.

Σύμφωνα με τη μέθοδο SIMPER για τον καθορισμό των ειδών που είναι υπεύθυνα για τις παρατηρούμενες ομοιότητες ή ανομοιότητες μεταξύ των συναθροίσεων των νηματωδών τα δέκα αφθονότερα γένη (*Dorylaimopsis*, *Desmodora*, *Sabatieria*, *Daptonema*, *Richtersia*, *Actinonema*, *Setosabatieria*, *Halalaimus*, *Thalassomonhystera* και *Marylynnia*) μαζί με τα *Sphaerolaimus*, *Paramesacanthion*, *Pselionema* και *Tricoma* αποτελούν τα πλέον χαρακτηριστικά γένη και στις τρεις δειγματοληπτικές περιόδους, σε όλους τους σταθμούς

ανεξαιρέτως, με υψηλή ποσοστιαία συμμετοχή στη συνολική ομοιότητα της τάξεως του 45,6% περίπου. Συγκρίνοντας τους σταθμούς μεταξύ τους παρατηρείται πως τα έξι αφθονότερα γένη *Daptonema*, *Dorylaimopsis*, *Sabatieria*, *Actinonema*, *Desmodora* και *Richtersia* φαίνεται να αποτελούν τα πλέον χαρακτηριστικά στις συναθροίσεις των νηματωδών σε όλους τους σταθμούς τόσο πριν όσο και μετά την έναρξη της μηχανότρατας, με υψηλή ποσοστιαία συμμετοχή στη συνολική ομοιότητα της τάξεως του 51,47% περίπου. Ενώ όλα τα υπόλοιπα άτομα χαρακτηρίζονται από μικρές και ξαφνικές εμφανίσεις, οι οποίες πιθανώς επηρεάζουν την ομοιομορφία και κατανομή τόσο των αφθονιών όσο και της ποικιλότητας των συναθροίσεων των νηματωδών στον υπό μελέτη κόλπο.

Οι βιοκοινωνίες των νηματωδών του σταθμού IP-30 βρίσκονται εντός των ορίων του ουδέτερου μοντέλου *Ewens/Caswell* πριν και κατά τη διάρκεια της μηχανότρατας, υποδεικνύοντας και επιβεβαιώνοντας παράλληλα την αυξημένη ποικιλότητα, το μεγάλο βαθμό ισομερούς κατανομής καθώς και τη μικρότερη επιρροή από φυσικούς ή και ανθρωπογενείς παράγοντες διατάραξης που αποσταθεροποιούν την ισορροπία της βιοκοινωνίας. Οι πληθυσμοί των νηματωδών στους σταθμούς IP-10 και IP-38 φαίνεται πως υπόκεινται στις εντονότερες πιέσεις καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών, ενώ οι κοινότητες των υπόλοιπων σταθμών παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις υποδεικνύοντας σημαντική επιρροή από τις διάφορες φυσικές και ανθρωπογενείς διαταράξεις σε μία από τις τρεις περιόδους. Συγκεκριμένα, τον Οκτώβρη παρατηρείται μείωση των περισσότερων ειδών των νηματωδών και έπειτα επανεμφάνισή τους τέσσερις μήνες μετά γεγονός που επιβεβαιώνεται και από το γράφημα των τιμών του ουδέτερου μοντέλου *Ewens/Caswell* στους περισσότερους σταθμούς του υπό μελέτη κόλπου.

5. Συμπεράσματα

1. Οι υπό μελέτη σταθμοί του Θερμαϊκού βρίσκονται σε εύρος βαθών από 30 έως 86 m και φαίνεται να αποτελούνται από καλά οξυγονωμένα ιλυώδη ιζήματα, με αυξημένη πρωτογενή παραγωγικότητα και με σχετικά αυξημένες τιμές θερμοκρασίας, επηρεαζόμενες αποκλειστικά από την εναλλαγή των εποχών και τις εκάστοτε κλιματολογικές συνθήκες. Επιπρόσθετα, παρατηρείται μια από βορρά προς νότο μείωση της παραγωγικότητας, της ταξινόμησης και ασυμμετρίας του ιζήματος επηρεαζόμενες από το βαθμό ιζηματοπόθεσης, τον ισχυρό υδροδυναμισμό και τη δραστηριότητα της μηχανότρατας. Εξάριση αποτελεί ο σταθμός IP-30 που είναι απομακρυσμένος από την ακτή στο εσωτερικό του κόλπου και χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκη άμμο και μειωμένη πρωτογενή παραγωγικότητα.

2. Η ανάλυση της επίδρασης της μηχανότρατας στις μειοβενθικές βιοκοινωνίες του Θερμαϊκού δεν υποδεικνύει σημαντική απόκριση αυτών στο επίπεδο των ανώτερων ταξινομικών ομάδων, ενώ οι παρατηρούμενες μεταβλητότητες των αφθονιών πιθανώς οφείλονται κατά κύριο λόγο στην εναλλαγή των εποχών και τη φυσική διατάραξη της περιοχής από την εναπόθεση φερτών υλών και τον υδροδυναμισμό.

3. Οι βιοκοινωνίες των νηματώδων, της αφθονότερης μειοπανδικής ομάδας, δεν φάνηκε να επηρεάζονται αριθμητικά αμέσως μετά την έναρξη της μηχανότρατας. Παρόλα αυτά παρουσίασαν εποχική διακύμανση τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της διατάραξης, κατά την περίοδο του χειμώνα. Αντιθέτως, παρατηρήθηκε ήπια επίδραση της συγκεκριμένης διατάραξης στην πληθυσμιακή δομή των βιοκοινωνιών στο επίπεδο του γένους σε κάθε σταθμό μεμονωμένα.

4. Στον ιλυώδη σταθμό IP-1, όπου επικρατούν συνθήκες οργανικής επιβάρυνσης και χαμηλής οξυγόνωσης κυρίαρχο ήταν το γένος *Dorylaimopsis* ενώ στον αμμώδη σταθμό IP-30, παρατηρήθηκαν 15 γένη με σχετικά μικρές αφθονίες και ομοιόμορφη κατανομή. Σε όλους τους ενδιάμεσους σταθμούς παρατηρήθηκαν πιο σταθερές βιοκοινωνίες με διαφορετικά γένη να κυριαρχούν κάθε φορά ανάλογα με τον σταθμό, τον τύπο του ιζήματος, τη διαθεσιμότητα τροφής.

5. Γενικά εμφανίζονται και οι τέσσερις τροφικοί τύποι με τους μη επιλεκτικούς ιζηματοφάγους και τους νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα η οποία αναπτύσσεται επάνω στο υπόστρωμα να κυριαρχούν. Σημαντικές είναι οι διαδοχές αυτών των τροφικών τύπων κατά τη διάρκεια της μελέτης εξαιτίας των

διαφορετικών διαταράξεων που υφίστανται οι περιοχές κυρίως όμως από χερσογενείς εισροές φερτού υλικού και εναλλαγών των εποχών.

6. Μέγιστη ποικιλότητα και ταυτόχρονα βαθμό ισομερούς κατανομής στα γένη που απαρτίζουν τις βιοκοινωνίες των νηματωδών παρουσιάζει ο σταθμός IP-30 και ελάχιστη ο σταθμός IP-1. Οι υπόλοιποι σταθμοί παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένη ποικιλότητα και ομοιόμορφη ισομερή κατανομή με διακυμάνσεις εντός των δειγματοληψιών ακολουθώντας παράλληλα την από βορρά προς νότο μείωση της διαθεσιμότητας τροφής. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από τις καμπύλες k-dominance.

7. Τα δέκα αφθονότερα γένη (*Dorylaimopsis*, *Desmodora*, *Sabatieria*, *Daptonema*, *Richtersia*, *Actinonema*, *Setosabatieria*, *Halalaimus*, *Thalassomonhystera* και *Maryllynnia*) μαζί με τα *Sphaerolaimus*, *Paramesacanthion*, *Pselionema* και *Tricoma* αποτελούν τα πλέον χαρακτηριστικά γένη στις συναθροίσεις των νηματωδών τόσο πριν όσο και μετά την έναρξη της μηχανότρατας, με υψηλή ποσοστιαία συμμετοχή στη συνολική ομοιότητα. Αντιθέτως, τα άτομα που ανήκουν στα γένη *Chromadorina*, *Laimella*, *Metadasynemella*, *Oxystomina*, *Parodontophora*, *Quadricoma*, *Spilophorella* και *Thalassironus*, συνεισφέρουν στη συνολική ομοιότητα των συναθροίσεων σε ένα και μόνο σταθμό με μικρές και σποραδικές εμφανίσεις, οι οποίες επηρεάζουν την ομοιομορφία και κατανομή τόσο των αφθονιών όσο και της ποικιλότητας των συναθροίσεων των νηματωδών στον υπό μελέτη κόλπο.

8. Οι βιοκοινωνίες των νηματωδών του σταθμού IP-30 βρίσκονται εντός των ορίων του ουδέτερου μοντέλου *Ewens/Caswell* πριν και κατά τη διάρκεια της μηχανότρατας ενώ οι κοινότητες των υπόλοιπων σταθμών παρουσιάζουν αποκλίσεις υποδεικνύοντας πιέσεις από τις διάφορες φυσικές και ανθρωπογενείς διαταράξεις.

9. Γενικότερα, οποιαδήποτε επίδραση εξαιτίας της μηχανότρατας φαίνεται να είναι δευτερεύουσα σε σχέση με τις εναλλαγές των εποχών είτε άλλες μορφές φυσικής διατάραξης στον υπό μελέτη κόλπο. Οι επιδράσεις της διατάραξης προκαλούμενης από τη σύρση της βενθικής τράτας σε οργανισμούς τόσο μικρούς σε μέγεθος, όπως είναι τα μετάζωα και τα πρωτόζωα της μειοπανίδας καθίστανται πολύ πιο περίπλοκες και δύσκολα προσδιορίσιμες συγκριτικά με τους μεγαλύτερους μεγα- και μακροπανιδικούς οργανισμούς.

10. Ο ρυθμός ανάκαμψης των βενθικών βιοκοινωνιών από ορισμένη διατάραξη κυμαίνεται από εβδομάδες σε χρόνια και εξαρτάται από την ικανότητα μετανάστευσης, στρατολόγησης, παραγωγής και ανάπτυξης. Παρόλα αυτά, στους

νηματώδεις δε παρατηρήθηκε σημαντική αλλαγή στις βιοκοινωνίες τουλάχιστον στο επίπεδο του γένους, γεγονός που υποδεικνύει πως στα ενδιδαιτήματα των χρόνια διαταραγμένων περιοχών οι πληθυσμοί των νηματωδών έχουν τείνει να δημιουργήσουν μια σταθερή δομή απαρτισμένη από συγκεκριμένα είδη περισσότερο ανθεκτικά τόσο πριν όσο και κατά τη διάρκεια της μηχανότρατας.

11. Ο ένας μήνας και οι τέσσερις μήνες μετά την έναρξη της διατάραξης είναι πιθανό να αποτελούν μεγάλο χρονικό διάστημα, αρκετό για να προλάβουν οι νηματώδεις να αναδιοργανώσουν τις βιοκοινωνίες τους. Από την άλλη, ο χρόνος απαγόρευσης της αλιευτικής δραστηριότητας, μόλις 4 μήνες, ίσως να μην επαρκεί τελικά για την αποκατάσταση των πληθυσμών, ακόμα και στους μειοπανιδικούς οργανισμούς, εξαιτίας τις πολύχρονης, συνεχούς και εντονότατης διατάραξης των ενδιδαιτημάτων του Θερμαϊκού κόλπου.

12. Εξαιτίας των υψηλών αφθονιών, της ευρείας κατανομής, των ταχύτατων κύκλων ζωής και του υψηλού ρυθμού του μεταβολισμού τους, τα είδη των μειοβενθικών οργανισμών είναι ικανά να διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην ανακύκλωση της ενέργειας ακόμα και σε επιβαρυνμένες από τη χρόνια χρήση της μηχανότρατας περιοχές.

Επίλογος

Μέχρι στιγμής οι περισσότερες μελέτες πάνω στις επιπτώσεις της διατάραξης από τη χρήση της μηχανότρατας σε αλιευτικά πεδία ήταν πειραματικές με αντιφατικά σχεδόν αποτελέσματα. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τους [Pranovi et al. \(2000\)](#), υπήρξε ορατή αλλαγή στην πληθυσμιακή δομή της μειοπανίδας, στο επίπεδο των ανώτερων ταξινομικών ομάδων, μόλις μία εβδομάδα μετά την έναρξη της διατάραξης. Αντιθέτως, οι [Schratzberger et al. \(2002\)](#), έδειξαν πως δεν υπήρχαν μικρής είτε μεσαίας χρονικής κλίμακας επιπτώσεις στην ποικιλότητα ή τη βιομάζα της μειοπανίδας ενώ σημειώθηκαν ήπιες επιδράσεις στην πληθυσμιακή δομή των νηματωδών, οι οποίες παρόλα αυτά αποδόθηκαν κυρίως στην εποχικότητα. Επιπρόσθετα, σε μία μεγάλης χρονικής κλίμακας μελέτη από τους [Schratzberger και Jennings \(2002\)](#), όπου έγινε σύγκριση των βιοκοινοτήτων των νηματωδών σε περιοχές με διαφορετικούς βαθμούς διατάραξης, παρουσιάστηκαν σημαντικές επιπτώσεις αυτής στην ποικιλότητα των νηματωδών. Την ίδια χρονιά οι [Ernst et al.](#), μελέτησαν τις επιπτώσεις παρόμοιας διατάραξης στα βενθικά τρημματοφόρα

αποδεικνύοντας πως κάποια τάξα παρουσίασαν γρήγορη τάση μετανάστευσης, ενώ κάποια πιο ανθεκτικά παρέμειναν αυξάνοντας τις αφθονίες τους. Πολύ πιο πρόσφατα οι [Lampadariou et al. \(2005\)](#) μελέτησαν την πληθυσμιακή δομή της μειοπανίδας στον κόλπο του Θερμαϊκού σημειώνοντας επίσης πως δεν υπήρχαν μικρής είτε μεσαίας χρονικής κλίμακας επιπτώσεις της μηχανότρατας στην ποικιλότητα ή τη βιομάζα της μειοπανίδας, και οι μεταβλητότητες που παρουσιάστηκαν αποδόθηκαν κυρίως στην εποχικότητα.

Γενικά, σε περιοχές με έντονη και χρόνια αλιευτική δραστηριότητα και άλλου είδους φυσικές και ανθρωπογενείς διαταράξεις, όπως ο κόλπος του Θερμαϊκού, είναι πολύ δύσκολος ο ακριβής προσδιορισμός και η αποτίμηση των σχετικών ρόλων των διαταράξεων στις αλλαγές των βενθικών βιοκοινωνιών ([Rees and Eleftheriou 1989](#); [Jones 1992](#); [Dayton et al. 1995](#); [Currie and Parry 1996](#); [Thrush et al. 1998](#); [Blaber et al. 2000](#)). Σε ένα τόσο διαταραγμένο και συνεχώς μεταβαλλόμενο σύστημα, παρά το βάθος των σταθμών, είναι δύσκολη η εύρεση κατάλληλου σταθμού 'μάρτυρα'. Ακόμα και η περίοδος των τεσσάρων μηνών όπου και απαγορεύεται κάθε είδους αλιευτική δραστηριότητα δεν μπορεί να θεωρηθεί αρκετή ώστε να επιτραπεί η ανάκαμψη των βιοκοινωνιών στην πρότερη κατάσταση. Συνεπώς, η στρατηγική δειγματοληψίας δεν επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό του βαθμού επίδρασης των ανθρωπογενών και φυσικών εποχικών διαταράξεων. Επιπρόσθετα, προκειμένου ίσως να εντοπιστούν σημαντικές αλλαγές στις βιοκοινωνίες των νηματωδών να πρέπει κανείς να προσδιορίσει τα άτομα στο επίπεδο του είδους. Επομένως, μια καλύτερη μελλοντική στρατηγική δειγματοληψίας μαζί με μελέτη των οργανισμών στα κατώτερα ταξινομικά επίπεδα ενδεχομένως να εντοπίσει συγκεκριμένες και σημαντικές αλλαγές στις βιοκοινωνίες των νηματωδών και στους λειτουργικούς τύπους καθώς και τις επιδράσεις αυτών των αλλαγών στις λειτουργικές διεργασίες των βενθικών οικοσυστημάτων, όπως είναι η παραγωγικότητα και η ανακύκλωση της ενέργειας στα οποία, ως γνωστό, οι μειοβενθικοί οργανισμοί διαδραματίζουν κύριο ρόλο ακόμα και σε έντονα διαταραγμένες περιοχές.

6. Βιβλιογραφία

- Adams PJM, Tyler S, (1980), Hopping locomotion in a nematode: functional anatomy of the caudal gland apparatus of *Theristus caudasaliens* sp. n. *Journal of Morphology* 164:265-285
- Arvanitidis C., (1994), Systematic and bionomic study of the macrobenthic Polychaeta (Annelida) of the Northern Aegean, PhD thesis, Aristotelian University of Thessaloniki
- Arvanitidis C., (2000), Polychaete fauna of the Aegean Sea: inventory and new information», *Bulletin of Marine Science*, 66: 73-96
- Austen M. C., Warwick R. M., (1989), Comparison of univariate and multivariate aspects of estuarine meiobenthic community structure, *Estuarine Coastal Shelf Science*, 29: 23-42
- Azov Y., (1991), Eastern Mediterranean – a marine desert?, *Mar. Poll. Bull.*, 23: 225-232
- Balopoulos, E.Th., (1985a), An analysis of the coastal water masses in the northwestern Aegean Sea. *Thalassographica*, 8: 7–17
- Balopoulos, E.Th., (1985b), On hydrographic conditions in coastal waters of the northwestern Aegean Sea. *Thalassographica*, 8: 83–92
- Balopoulos, E.Th., (1986), Physical and dynamical processes in a coastal embayment of the northwestern Aegean Sea. *Thalassographica*, 9: 59–78
- Balopoulos, E.Th., Collins, M.B., James, A.E., (1986), Residual circulation in a coastal embayment of the Eastern Mediterranean Sea (Thermaikos Bay, N.W. Aegean). *Thalassographica*, 9: 7–22
- Balopoulos, E.Th., James, A.E., (1984), Drogue measurements of the upper layer circulation in Thermaikos Gulf, N.W. Aegean Sea (Greece). *Thalassographica*, 7: 73–94
- Basford D. J., Eleftheriou A., (1988), The benthic environment of the North Sea (56o to 61o N.), *Journal of Marine Biology Association U.K.*, 68: 125-141
- Bergman, M. J. N., and van Santbrink, J. W. (2000a), Fishing mortality of populations of megafauna in sandy sediments. In *Effects of Fishing on Non-Target Species and Habitats: Biological, Conservation and Socio-Economic Issues*, pp. 49– 68. Ed. by M. J. Kaiser and S. J. de Groot. Blackwell Science. Oxford
- Bergman, M. J. N., and van Santbrink, J. W. (2000b), Mortality in megafaunal benthic populations caused by trawl fisheries on the Dutch continental shelf in the North Sea in 1994. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1321–1331
- Bianchi C.N., (1996), The state of marine biodiversity. *International Conference on Mediterranean Biodiversity.*, ENEA Roma, 51-61
- Bianchi C.N., Mori C., (2000), Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research., *Mar. Poll. Bull.*, 40: 367-376
- Boucher, G. (1980). Impact of Amoco Cadiz oil spill on intertidal and sublittoral meiofauna. *Mar. Pollut. Bull.* 11: 95-101
- Bray R. J., Curtis J. T., (1957), An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin., *Ecol. Monogr.*, 27: 325-349

- Brown, E.J., Finney, B., Dommissie, M., Hills, S., (2005), Effects of commercial otter trawling on the physical environment of the southeastern Bering Sea. *Continental Shelf Research*, 25: 1281–1301
- Brylinsky, M., Gibson, J., (1994), Impacts of flounder trawls on the intertidal habitat and community of the Minas Basin, Bay of Fundy. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 51: 650–661
- Buchanan J. B., (1984), Sediment analysis. *In: Methods for the study of marine benthos.*, NM Holme & AD McIntyre (Eds). Blackwell scientific publications, Oxford, 41-65
- Castro P., Huber E. M., (1999), *Θαλάσσια Βιολογία*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη
- Caswell H., (1976), Community structure: a neutral model analysis, *Ecological Monographs*, 46: 327-354
- Christaki U., Giannakourou A., Van Wambeke F., Grégori G., (2001), Nanoflagellate predation on auto- and heterotrophic picoplankton in the oligotrophic Mediterranean Sea, *Journal of Plankton Research*, 23 (11): 297-1310
- Clarke K. R., Ainsworth M., (1993), A method of linking multivariate community structure to environmental variables., *Marine Ecology Progress Series*, 92: 205-219
- Clarke K. R., Green R. H., (1988), Statistical design and analysis for a ‘biological effects’ study., *Marine Ecology Progress Series*, 46: 213-226
- Clarke K. R., Warwick R. M., (1994), Change in marine communities: an approach to statistical analyses and interpretation., Plymouth, Plymouth Marine Laboratory
- Clarke KR, Warwick RM., (1989), Report on the training workshop on the statistical treatment and interpretation of marine community data. Part II. FAO/UNEP/MED POL, Athens
- Cobb N.A., (1914), North American free-living fresh-water nematodes (Contribution to a science on Nematology II). *Transactions of the American Microscopical Society*, 33: 35-99
- Collie, J.S., Escanero, G.A., Valentie, P.C., (1997), Effects of bottom fishing on the benthic megafauna of Georges Bank. *Marine Ecology Progress Series*, 155: 159–172
- Collie, J.S., Hall, S.J., Kaiser, M.J., Poiner, I.R., (2000), A quantitative analysis of fishing impacts on shelf-sea benthos. *Journal of Animal Ecology*, 69: 785–789
- Coull B.C., (1988), Ecology of the marine meiofauna. Introduction to the study of meiofauna., R. P. Higgins & H. Thiel, Washington DC, London, Smithsonian Institution Press, 8-38
- Currie, D. R., Parry, G.D., (1999), Impacts and efficiency of scallop dredging on different soft substrates, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56(4): 539–550
- Danovaro R., Fabiano M., (1995), Meiofaunal abundance and distribution in bathyal sediments of the Mediterranean Sea: An overview., *Biologia Marina Mediterranea*, 2 (2): 217-225
- Danovaro R., Fabiano M., Albertelli G., Della Croce N., (1995), Vertical distribution of meiobenthos in bathyal sediments of the eastern Mediterranean Sea: Relationship with labile organic matter and bacterial biomasses., *P.S.Z.N. I: Marine Ecology*, 16: 103-116

- Dauwe, B., Middelburg, J.J., Herman, P.M.J., (2001), Effect of oxygen on the degradability of organic matter in subtidal and intertidal sediments of the North Sea area. *Marine Ecology Progress Series*, 215: 13–22
- Dayton, P.K., Thrush, S.F., Agardy, M.T., Hofman, R.J., (1995), Environmental effects of marine fishing. *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystem*, 5: 205–232
- Dayton, P.K., Thrush, S.F., Agardy, M.T., Hofman, R.J., (1995), Environmental effects of marine fishing, *Aquatic conservation: Marine and freshwater ecosystems*, 5(3): 205-232
- de Bovee, F., Soyer, J. (1974). Cycle annuel quantitative du meiobenthos des vases terrigenes cdtieres. *Distribution verticale. Vie Milieu* 24: 141-157
- de Groot, S.J., Lindeboom, H.J., (1994), Environmental impact of bottom gears on benthic fauna in relation to natural resources management and protection of the North Sea. *Netherlands Institute for Sea Research, Texel.*
- de Jonge VN., Bouwman LA., (1977), A simple density separation technique for quantitative isolation of meiobenthos using the Colloidal silica Ludox-TM. *Mar Biol*, 42:143-148
- Delamare-Deboutteville C., (1960) *Biologie des eaux souterraines littorales et continentales.* Herman, Paris
- Dolan J.R., Vidussi F., Claustre H., (1999), Planktonic ciliates in the Mediterranean sea: longitudinal trends, *Deep-Sea Res*, 46 : 2025-2039
- Duplisea DE, Jennings S, Malcolm SJ, Parker R, Sivyer D (2001) Modelling the potential impacts of bottom trawl fisheries on soft sediment biochemistry in the North Sea. *Geochem Trans* 14:1–6
- Durrieu de Madron, X., Nyffeler, F., Balopoulos, E.Th., Chronis, G.Th., (1992), Circulation and distribution of suspended matter in the Sporades Basin (northwestern Aegean Sea). *Journal of Marine Systems*,3: 237–248
- Eleftheriou, A., Robertson, M. R., (1992), The effects of experimental scallop dredging on the fauna and physical environment of a shallow sandy community. *Neth. J. Sea Res.*, 30: 289-299
- Fenchel T.M., (1978), The ecology of micro- and meiobenthos., *Annual Review of Ecology and Systematics*, 9: 99-121
- Field JG, Clake KR, Warwick RM., (1982), A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar Ecol Prog Ser*, 8:37-52
- Filipjev L (1918-1921) *Free-living marine nematodes of the Sebastopol Area.* Israel program for scientific translations, Jerusalem part 1 and part 2
- Folk R. L., (1966), A review of grain-size parameters., *Sedimentology*, 6: 73-93
- Giannakourou, A., Orlova, T., Assimakoupoulou, G., Pagou, K., (2005), Dinoflagellate cysts in recent marine sediments from Thermaikos Gulf, Greece. Possible implications of resuspension events on the onset of phytoplankton blooms. *Continental Shelf Research*, this issue, doi:10.1016/j.csr.2005.08.003.
- Giere O., (1993), *Meiobenthology: The Microscopic Fauna in Aquatic Sediments*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany
- Gilkinson, K., Paulin, M., Hurley, S., Schwinghamer, P., (1998), Impacts of trawl door scouring on infaunal bivalves: results of a physical trawl door model/dense sand interaction, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 224 (2): 291-312

- Gislason, H., Sinclair, M., Sainsbury, K., O'Boyle, R., (2000), Symposium overview: incorporating ecosystem objectives within fisheries management. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 468–475
- Gislason, H., Sinclair, MS., (2000), Ecosystem effects of fishing - *ICES Journal of Marine Science*, 2000
- Gowing M.M., Hulings N.C., (1976), A spatial study of the meiofauna on a sewage-polluted Lebanese sand beach., *Acta Adriatica*, 18: 341-363
- Gray J. S., (1981), *The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities.*, Cambridge University Press, London
- Gubbay, S., Knapman, PA., (1999), A review of the effects of fishing within UK European marine sites. UK Marine SAC's Project - English Nature
- Hairstone N.G., (1959), Species abundance and community organisation, *Ecology*, 40 (3): 404-416
- Hall, S., (1999), *The Effects of Fishing on Marine Ecosystems and Communities.*, Blackwell Science, Oxford, 296
- Hall, S.J., (1999), *The Effects of Fishing on Marine Ecosystems and Communities.* Blackwell, Oxford, p. 274
- Hall-Spencer, J. M., and Moore, P. G., (2000), Scallop dredging has profound, long-term impacts on maerl habitats. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1407–1415
- Hedges, J.I., Stern, J.H., (1984), Carbon and nitrogen determination of carbonate-containing solids. *Limnology and Oceanography*, 29: 657–663
- Heip C, Herman PJ, Soetaert K (1988) Data processing evaluation and analysis. In: Higgins RP, Thiel H (eds) *Introduction to the study of meiofauna.* Smithsonian Institution Press, Washington DC, London, p 197-231
- Heip C, Herman R, Vincx M., (1983), Subtidal meiofauna of the North Sea: a review. *Biol Jb Dodonaea*, 51:116-170
- Heip, C., (1995), Eutrophication and zoobenthos dynamics., *Ophelia*, 41, 113-136
- Higgins R. P., Thiel H., (1988), *Introduction to the study of meiofauna,* Smithsonian Institution, London
- Hulings N.C., (1971), A quantitative study of the sand beach meiofauna in Tunisia - Preliminary report., *Bull. Inst. Oceanogr. Peche, Salammbou*, 2 (2): 237-256
- Hulings N.C., (1974), A temporal study of Lebanese sand beach meiofauna., *Cahiers de Biologie Marine*, 15: 319-335
- Hulings N.C., Gray J.S., (1971), *A manual for the study of meiofauna.*, Smithsonian Contributions to Zoology
- Hyder, P., Simpson, J.H., Christopoulos, S., (2002b), Sea-breeze forced diurnal surface currents in the Thermaikos Gulf, North-west Aegean. *Continental Shelf Research*, 22: 585–601
- Hyder, P., Simpson, J.H., Christopoulos, S., Krestenitis, Y., (2002a), The seasonal cycles of stratification and circulation in the Thermaikos Gulf Region of Freshwater Influence (ROFI), north-west Aegean. *Continental Shelf Research*, 22: 2573–2597
- Ignatiades L., (1998), The productive and optical status of the oligotrophic waters of the Southern Aegean sea (Cretan sea), Eastern Mediterranean, *J. Plankton Res.*, 20: 985-995

- Jeffers J. N. R., (1978), An introduction to system analysis with ecological applications., Arnold Ltd., London
- Jennings, S., Dinmore, T.A., Duplisea, D.E., Warr, K.J., Lancaster, J.E., (2001a), Trawling disturbance can modify benthic production processes. *Journal of Animal Ecology*, 70: 459–475
- Jennings, S., Kaiser, M.J., (1998), The effects of fishing on marine ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 34: 201–352
- Jennings, S., Pinnergar, J.K., Polunin, N.V.C., Warr, K.J., (2001b), Impacts of trawling disturbance on the trophic structure of benthic invertebrate communities. *Marine Ecology Progress Series*, 213: 127–142
- Kaiser, M. J., Ramsay, K., Richardson, C. A., Spence, F. E., and Brand, A. R. (2000), Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure. *Journal of Animal Ecology*, 69: 494–503
- Kaiser, M.J., de Groot, S.J., (2000), *The Effects of Fishing on Non-Target Species and Habitats*. Blackwell, Oxford, pp. 399
- Kaiser, M.J., de Groot, S.J., (2000), The effects of fishing on non-target species and habitats: biological, conservation and socio-economic issues., *Fishing News Books*. Blackwell Science: Oxford, UK, xvi: 399
- Kaiser, M.J., Spencer, B.E., (1996), The effects of beam-trawl disturbance on infaunal communities in different habitats., *Journal of Animal Ecology*, 65 (3): 348-358
- Karageorgis, A., Anagnostou, Ch., Georgopoulos, D., Albuissou, M., (2000), Distribution of suspended particulate matter determined by in-situ observations and satellite images in the NW Aegean Sea (Greece). *Geo-Marine Letters*, 20 (2): 93–100
- Karageorgis, A.P., Anagnostou, Ch., Drakopoulou, P., (1998), Organization and analysis of oceanographic data utilizing geographical information systems (GIS). In: *International Symposium on Information Technology in Oceanography ITO-98*, 12–16 October 1998, Goa, India, pp. 27
- Karageorgis, A.P., Anagnostou, Ch.L., (2001), Particulate matter spatial–temporal distribution and associated surface sediment properties: Thermaikos Gulf and Sporades Basin, NW Aegean Sea. *Continental Shelf Research*, 21: 2141–2153
- Karageorgis, A.P., Anagnostou, Ch.L., (2003), Seasonal variation in the distribution of suspended particulate matter in the NW Aegean Sea. *Journal Of Geophysical Research*, 108 (C8): 3274
- Karageorgis, A.P., Skourtos, M.S., Kapsimalis, V., Kontogianni, A.D., Skoulikidis, N.Th., Pagou, K., Nikolaidis, N.P., Drakopoulou, P., Zanou, B., Karamanos, H., Levkov, Z., Anagnostou, Ch., (2005), An integrated approach to watershed management within the DPSIR framework: Axios river catchment and Thermaikos Gulf. *Regional Environmental Change*, 5: 138–160
- Karakassis I., Eleftheriou A., (1997), The continental shelf of Crete: structure of macrobenthic communities., *Marine Ecology Progress Series*, 160: 185-196
- Kemp, W. M., Boynton, W. R. (1992). Benthic-pelagic interactions: nutrient and oxygen dynamics. In: Smith, D. E., Leffler, M., Mackiernan, G. (eds.) *Oxygen dynamics in the Chesapeake Bay, a synthesis of recent research*. Maryland Sea Grant. College Park. p. 149-221
- Khan MU, Alam AN, Rahman N, Shahidullah M, Begum T., (1990), Impact of acute diarrhoea on parasite loads. *Trop Med Parasitol*, 41:163-164
- King C. A. M., (1972), *Beaches and Coasts*, Edward Arnold Ltd, London

- Kiortsis V., (1985), Mediterranean marine ecosystems: Establishment of zooplanktonic communities in transitional and partly isolated areas. In: Mediterranean Marine Ecosystems., Moraitou-Apostolou M. & Kiortsis V. (eds), Plenum Press, New York, pp. 377-386
- Kontoyiannis, H., Kourafalou, V.H., Papadopoulos, V., (2003), Seasonal characteristics of the hydrology and circulation in the northwest Aegean Sea (eastern Mediterranean): observations and modelling. *Journal of Geophysical Research* 108 (C9), 3302.
- Koukouras A., Voutsiadou E., Kitsos M.S., Doulgeraki S., (2001), Macrobenthic fauna diversity in the Aegean Sea, affinities with other Mediterranean regions and the Black Sea., *BIOS, Macedonia, Greece*, 6: 61-76
- Kowalewsky A., (1901), Les Hedyliedes edutes anatomiques. *Memoires de l'Academie des Science St Petersburg (Sciences Mathematiques Physique Naturelle)*, 12:1-32
- Krom M.D., Kress N., Brenner S., Gordon L.I., (1991), Phosphorus limitation of primary productivity in the Eastern Mediterranean Sea, *Limnol Oceanogr*, 36: 424-432
- Krom M.D., Woodward E.M.S., Herut B., Kress N., Carbo P., Mantoura R.F.C., Spyres G., Thingstad T.F., Wassmann P., Wexels Riser C., Kitidis V., Law C.S., Zodiatis G., (2005), Nutrient cycling in the south east Levantine basin of the Eastern Mediterranean: results from a phosphate starved system., *Deep-Sea Research II*, 52
- Kruskal JB, Wish M., (1978), *Multidimensional scaling*. Sage Publications, California, Beverly Hills
- Lacombe H., Tchernia P., (1972), Caracteres Hydrologiques et Circulation des Eaux en Mediterranee. In *the Mediterranean Sea: A Natural Sedimentation Laboratory*, (eds) Stanley, D.J., Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg
- Lamshead PJD, Platt HM, Shaw KM., (1983), Detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *Journal of Natural History*, 17:859-874
- Lamshead PJD, Platt HM., (1988), Analysing disturbance with the Ewens/Caswell neutral model: theoretical review and practical assessment. *Mar Ecol Prog Ser*, 43:31-41
- Lampadariou N., (2001), Study of the meiobenthic ecosystem of the Aegean sea with a special emphasis on nematodes., PhD Thesis, Biology Department, University of Crete, Heraklion
- Lampadariou, N., Hatzyianni, E., Tselepides, A., (2005), Meiofaunal community structure in Thermaikos Gulf: response to intensive trawling pressure. *Continental Shelf Research*, 25(19-20):2554-2569
- Legendre L, Legendre P., (1983), *Numerical ecology*. Elsevier Scientific Publishing Co, Amsterdam
- Lindeboom, H.J., de Groot, S.J., (1998), The effects of different types of fisheries on the North Sea and Irish Sea benthic ecosystems. *Netherlands Institute of Sea Research*, Texel.
- Lorenzen C., Jeffrey J., (1980), Determination of chlorophyll in sea water, *Technical Papers in marine Science*, 35, UNESCO

- Lorenzen S., (1981), Outline of a Phylogenetic System of the Free-Living Nematodes. Veroeffentlichungen des Instituts fuer Meeresforschung in Bremerhaven, suppl. 7, Bremen
- Lykousis, V., Chronis, G., (1989), Mechanisms of sediment transport and deposition: sediment sequences and accumulation during the Holocene on the Thermaikos Plateau, the continental slope and basin (Sporades Basin), northwestern Aegean Sea, Greece. *Marine Geology*, 87: 15–26
- Magurran AE., (1988), *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishment, London
- Margalef DR., (1958), Information theory in ecology. *Gen Syst*, 3:36-71
- McIntyre A. D., (1971), Control factors on meiofauna populations., *Thalassia Jugoslavica*, vol. 7 (1), pp.209-215
- McIntyre A.D., (1969), Ecology of marine meiobenthos., *Biol. Review*, 44: 245-290
- McLachlan A., (1977), Composition, distribution, abundance and biomass of the macrofauna and meiofauna of four sandy beaches., *Zoologica Africana*, 12: 279-306
- Monard A., (1928), Les harpacticoides marins de Banyuls. *Arch Zool exp gen*, 67: 259- 443
- Munro A.L.S., Wells J.B.J., McIntyre A.D., (1978), Energy flow in the flora and meiofauna of sandy beaches., *Proceedings of the Royal Society of Edimburgh*, 76B: 297-315
- Nicholls AG., (1935), Copepods from the interstitial fauna of a sandy beach. *J Mar Biol Assoc UK*, 20:379-405
- Ólafsson, E., Elmgren, R., (1997), Seasonal Dynamics of Sublittoral Meiobenthos in Relation to Phytoplankton Sedimentation in the Baltic Sea, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 45(2): 149-164
- Pearson T. H., Stanley S. O., (1979), Comparative measurement of the Redox Potential of marine sediments as a rapid means of assessing the effect of organic pollution, *Marine Biology*, 53: 371-379
- Petersen G.H., (1985), The Eastern Mediterranean shelf ecosystem in global connection including some biological and geological implications. *Mediterranean marine ecosystems.*, M. Moraitou-Apostolopoulou and V. Kiortsis, New York, Plenum Press, pp.147-162
- Pielou E. C., (1984), *The interpretation of Ecological Data.*, Wiley, New York
- Pielou EC., (1969), *An introduction to Mathematical Ecology*. Wiley, New York
- Pitta P., Giannakourou A., Christaki U., (2001), Planktonic ciliates in the oligotrophic Mediterranean sea: longitudinal trends of standing stocks, distributions and analysis of food vacuole contents, *Aquat Microb Ecol*, 24: 297-311
- Platt HM, Warwick RM., (1983), Freelifving marine nematodes. Part I. British Enoplids. *Synopses of the British Fauna (New Series)*, vol. 28, Cambridge University Press
- Platt HM, Warwick RM., (1988), Freelifving marine nematodes. Part II. British Chromadorids. *Synopses of the British Fauna (New Series)*, vol. 38, The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association

- Poulos, S.E., Chronis, G.Th., Collins, M.B., Lykousis, V., (2000), Thermaikos Gulf coastal system, NW Aegean Sea: an overview of water/sediment fluxes in relation to air-landocean interactions and human activities. *Journal of Marine Systems*, 25: 47–76
- Pranovi, F., Giovanardi, O., (1994), The impact of hydraulic dredging for short-necked clams, *Tapes* spp., on an infaunal community in the lagoon of Venice., *Scientia Marina*, 58 (4): 345-353
- Pranovi, F., Raicevich, S., Franceschini, G., Farrace, M. G., Giovanardi, O., (2000), Rapido trawling in the northern Adriatic Sea: effects on benthic communities in an experimental area., *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 57(3):517-524
- Psarra S., Zohary T., Krom M.D., Mantoura R.F.C., Polychronaki T., Stambler N., Tanaka T., Tselepidis A., Thingstad T.F., (2005), Phytoplankton response to a Lagrangian phosphate addition in the Levantine Sea (Eastern Mediterranean), *Deep-Sea Research II*, 52: 2944–2960
- Pusceddu, A., Fiordelmondo, C., Polymenakou, P., Polychronaki, T., Tselepidis, A., Danovaro, R., (2005), Effects of bottom trawling on the quantity and biochemical composition of organic matter in coastal marine sediments (Thermaikos Gulf, northwestern Aegean Sea). *Continental Shelf Research*, 25 (19-20): 2491-2505
- Rees H. L., Eleftheriou, A., 1989, North Sea benthos: A review of field investigations into the biological effects of man's activities, *Journal du Conseil: ICES Journal of Marine Science*, 45(3):284-305
- Rice AL, Thurston MH, Bett BJ., (1994), The IOSDL DEEPSEAS programme: Introduction and photographic evidence for the presence and absence of a seasonal input of phytodetritus at contrasting abyssal sites in the northeastern Atlantic. *Deep-Sea Res*, 41:1305-1320
- Riemann F., (1974), On hemisessile nematodes with flagelliform tail living in marine soft bottoms and on micro-tubes found in deep sea sediments. *Mikrofauna des Meeresbodens*, 40:249-261
- Saila SB., (1976), Sedimentation and food resources: Animal- sediment relationships. In: Stanley DJ, Swift DJP (eds) *Marine sediment transport and environmental management*. Wiley J & Sons, New York, p 43-77
- Schiermeier, Q., (2002), Fisheries science: how many more fish in the sea? *Nature*, 419: 662–665
- Schratzberger, M., Dinmore, T.A., Jennings, S., (2002), Impacts of trawling on the diversity, biomass and structure of meiofauna assemblages. *Marine Biology*, 141: 83–93
- Schratzberger, M., Jennings, S., (2002), Impacts of chronic trawling disturbance on meiofaunal communities. *Marine Biology*, 141: 991–1000
- Schwinghamer, P., Hargrave, B., Peer, B., & Hawkins, C. M., (1986), Partitioning of production and respiration among size groups of organisms in an intertidal benthic community, *Marine Ecology progress series*, 31: 131-142
- Sevastou K., (2005), On the ecology of Meiofauna of the sandy shores of Crete: Distribution patterns of meiobenthic copepods over space and time, PhD Thesis, Biology Department, University of Crete, Heraklion

- Shannon CE, Weaver N., (1949), The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana
- Shaw KM, Lamshead PJD, Platt HM., (1983), Detection of pollution-induced disturbance in marine benthic assemblages with special reference to nematodes. *Mar Ecol Prog Ser*, 11:195-202
- Smith, C.J., Rumohr, H., Karakassis I. & Papadopoulou K.-N., (2003), Analysing the impact of bottom trawls on sedimentary seabeds with sediment profile imagery. *Benthic Dynamics: in situ surveillance of the sediment-water interface. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 285–286: 479–496
- Smith, C.J., Papadopoulou, K.-N. & Diliberto, S., (2000), Impact of Otter trawling on an eastern Mediterranean commercial fishing ground, *ICES Journal of Marine Science*, 57, 1340-1351
- Sparks-McConkey, P.J., Watling, L., (2001), Effects on the ecological integrity of a soft-bottom habitat from a trawling disturbance. *Hydrobiologia*, 456: 73–85
- Stavrakakis S., Chronis G., et al., (2000), Downward fluxes of settling particles in the deep Cretan Sea (NE Mediterranean)., *Progress in Oceanography*, 46: 217-240
- Stergiou, K.I., Christou, E.D., Georgopoulos, D., Zenetos, A., Souvermezoglou, (1997), The Hellenic Seas: physics, chemistry, biology and fisheries. *Oceanology and Marine Biology: An Annual Review*, 35: 415–538
- Swedmark B., (1964), The interstitial fauna of marine sand. *Biol Rev*, 39:1-42
- Symes D., (1998), The integration of fisheries management and marine wildlife conservation, University of Hull, JNCC Report, No. 287, Peterborough, United Kingdom
- Thiel H, Pfannkuche O, Schriever G, Lochte K, Gooday AJ, Hemleben C, Mantour RFC, Turley CM, Patching JW, Riemann F., (1988/89), Phytodetritus on the deepsea floor in a central oceanic region of the Northeast Atlantic. *Biol Oceanogr*, 6:203-239
- Thistle D, Lamshead PJD, Sherman KM., (1995), Nematode tail-shape groups respond to environmental differences in the deep sea. *Vie Milieu*, 45:107-115
- Thistle D, Sherman KM., (1985), The nematode fauna of a deep-sea site exposed to strong near-bottom currents. *Deep-Sea Res*, 32:1077-1088
- Thrush, S.F., Dayton, P., (2002), Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: implications for marine biodiversity. *Annual Reviews in Ecology and Systematics*, 33: 449–473
- Thrush, S.F., Hewitt, J.E., Cummings, V.J., Dayton, P., Cryer, M., Turner, S.J., Funnel, G.A., Budd, R.G., Milburn, C.J., Wilkinson, M.R., (1998), Disturbance of the marine benthic habitat by commercial fishing: impacts at the scale of the fishery., *Ecol. Appl.*, 8: 866-879
- Tragou, E., Zervakis, V., Papageorgiou, E., Stavrakakis, S., Lykousis, V., (2005), Monitoring the physical forcing of resuspension events in the Thermaikos Gulf-NW Aegean during 2001–2003. *Continental Shelf Research*, 25 (19-20): 2315-2331
- Tuck, I.D., Hall, S.J., Robertson, M.R., Armstrong, E., Basford, D.J., (1998), Effects of physical trawling disturbance in a previously unfished sheltered Scottish sea loch., *Marine Ecology Progress series*, 162: 227-242

- Turley C.M., Bianchi M., Christaki U., Conan P., Harris J.R.W., Psarra S., Ruddy G., Stutt E.D., Tselepides A., Van Wambeke F., (2000), Relationship between primary producers and bacteria in an oligotrophic sea-the Mediterranean and biochemical implications, *Mar Ecol Prog Ser*, 193: 11-18
- Turley, C.M., (1999), The changing Mediterranean Sea—a sensitive ecosystem? *Progress in Oceanography*, 44: 387–400
- Vernberg W.B., Coull B.C., (1981), Meiofauna. Functional adaptations of marine organisms., F.J. Vernberg & Vernberg W.B., pp.147-177
- Warwick R.M., (1988a), Effects on community structure of a pollution gradient, *Marine Ecology Progress Series*, 46: 207-211
- Warwick RM, Platt HM, Clarke KR, 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., Buchanan, JB., (1971), The meiofauna off the coast of Northumberland. II. Seasonal stability of the nematode population - *J. mar. biol. Ass. UK*,
- Wieser W., (1953), Die Beziehung zwischen Mundhohlungsgestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden. *Arkiv fur Zoologi*, 4:439-484
- Wieser W., (1959), Zur Okologie der Fauna mariner Algen mit besondere Beruckichtigung des Mittelmeeres. *Int Revue Ges Hydrobiol*, 44:137-180
- Wilding, A., Collins, M.B., Ferentinos, G., (1980), Analyses of sealevel fluctuations in Thermaikos Gulf and Salonica Bay, Northwestern Aegean Sea. *Estuarine Coastal and Marine Science*, 10: 325–334
- Yench C. S., Menzel D. W., (1963), A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence, *Deep-Sea Research*, 10: 221-231
- Zobell C. E., (1946), Studies on Redox Potential of marine sediments., *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 30: 477-513
- Κολυβά-Μαχαίρα Φ., Μπόρα-Σέντα Ε., (1998), Στατιστική, Θεωρία, Εφαρμογές, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη
- Χατζηγιάνη Ε., (2003), Οικολογική μελέτη των τρηματοφόρων ως βασική συνιστώσα του μειοβένθους, στη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη της Α. Μεσογείου., Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης

7. Παράρτημα

Πίνακας 7.1: Τα βάθη και οι συντεταγμένες των σταθμών. Όπου Depth: βάθος σε m, Latitude: Γεωγραφικό πλάτος και Longitude: Γεωγραφικό μήκος σε μοίρες. Οι μέσοι όροι των τιμών των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Όπου Χλωρ. α: χλωροφύλλη α, Φαιοχρ.: Φαιοχρωστικές, I.X.X.: Ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών, % Οργ. C: ποσοστό άνθρακα, Ανοργ. C: Ποσοστό ανοργανοποίησης άνθρακα, Δυν. Οξ. : δυναμικό οξειδοαναγωγής, Μ.Δ.Κ.: Μέση διάμετρος κόκκων, Σ.Τ.: Συντελεστής ταξινόμησης, Λοξ.: Λοξότητα και Ιλύς&άργιλος: ποσοστό ιλύος αργίλου. Στα σκιασμένα κελιά με σκούρο γκρι χρώμα φαίνονται οι μέγιστες τιμές ενώ στα κελιά με ανοιχτό γκρι χρώμα φαίνονται οι ελάχιστες.

	Βάθος(m)	Γ.Π.(N)	Γ.Μ. (E)	Χλωρ.α(mg/gr)	Φαιοχρ.(mg/gr)	I.X.X.(mg/gr)	%Οργ. C	Ανοργ. C	Δυν. Οξ.(mV)	Μ.Δ.Κ.	Σ.Τ.	Σ.Λοξ.	Ιλύς&άργιλος(%)
1IP-01	30	40°28,92'	22°45,00'	1,55	6,34	7,89	1,19	0,14	40	0,01	2,23	0,64	98,06
1IP-10	41	40°22,08'	22°43,50'	2,42	5,35	7,77	1,04	-	217	0,01	2,04	0,53	97,46
1IP-17	55	40°15,00'	22°42,50'	2,26	3,92	6,19	0,86	0,09	275	0,01	3,15	0,45	90,84
1IP-27	64	40°05,00'	22°40,50'	2,26	4,69	6,95	1,02	-	340	0,01	1,88	0,44	97,88
1IP-30	51	39°58,00'	22°43,20'	0,29	1,06	1,35	0,32	0,09	483	0,13	2,56	0,48	60,56
1IP-38	86	40° 05,00'	23°00,00'	1,28	4,11	5,39	0,99	0,18	149	0,01	1,30	0,12	97,96
2IP-01	30	40°28,92'	22°45,00'	2,12	7,19	9,31	1,44	0,30	67	0,01	2,23	0,64	98,06
2IP-10	41	40°22,08'	22°43,50'	2,81	4,92	7,73	1,26	-	141	0,01	2,04	0,53	97,46
2IP-17	55	40°15,00'	22°42,50'	2,09	3,92	6,01	0,90	0,33	226	0,01	3,15	0,45	90,84
2IP-27	64	40°05,00'	22°40,50'	1,78	4,06	5,84	0,98	-	242	0,01	2,06	0,47	96,28
2IP-30	51	39°58,00'	22°43,20'	0,43	1,64	2,08	0,57	0,12	325	0,13	2,74	0,48	40,92
2IP-38	86	40° 05,00'	23°00,00'	1,31	4,03	5,34	1,11	0,19	155	0,01	1,68	0,31	97,86
3IP-01	30	40°28,92'	22°45,00'	3,68	8,81	12,50	1,51	0,03	129	0,01	1,69	0,52	99,14
3IP-10	41	40°22,08'	22°43,50'	2,60	5,41	8,02	1,01	-	133	0,01	2,46	0,23	92,71
3IP-17	55	40°15,00'	22°42,50'	2,47	5,14	7,60	0,95	0,02	243	0,01	1,48	0,00	94,39
3IP-27	64	40°05,00'	22°40,50'	2,83	4,73	7,57	0,94	-	178	0,01	1,62	0,08	94,88
3IP-30	51	39°58,00'	22°43,20'	0,67	1,88	2,55	0,44	0,01	268	0,02	2,36	0,48	71,13
3IP-38	86	40° 05,00'	23°00,00'	1,63	4,15	5,78	1,00	0,02	139	0,01	1,56	0,19	97,76

Πίνακας 7.2: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των αφθονιών των κυριότερων ταξινομικών μειοβενθικών ομάδων, όπως παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια των δειγματοληπτικών περιόδων.

	September										October										January																	
	1	10	17	27	30	38	1	10	17	27	30	38	1	10	17	27	30	38	1	10	17	27	30	38														
Nematodes	1173 ±	464	2119 ±	588	1159 ±	257	2097 ±	645	1282 ±	233	2314 ±	688	1498 ±	308	2104 ±	501	1521 ±	211	1075 ±	241	1193 ±	450	1891 ±	382	1709 ±	650	821 ±	172	957 ±	293	1670 ±	664	707 ±	434	2019 ±	672		
Copepods	242 ±	25	548 ±	97	247 ±	88	319 ±	76	222 ±	40	361 ±	139	255 ±	62	748 ±	329	397 ±	101	65 ±	14	166 ±	19	189 ±	118	269 ±	48	257 ±	91	453 ±	109	505 ±	346	128 ±	36	516 ±	199		
Polychaeta	23 ±	9	35 ±	10	14 ±	6	34 ±	8	22 ±	10	25 ±	17	74 ±	21	72 ±	34	36 ±	7	23 ±	6	39 ±	22	27 ±	9	58 ±	18	36 ±	7	31 ±	9	65 ±	29	27 ±	16	29 ±	7		
Amphipoda	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	1
Cnidaria	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0
Cumacea	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0
Gastrotricha	5 ±	4	6 ±	8	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	2 ±	4	12 ±	7	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	1	46 ±	12	3 ±	1	11 ±	5	0 ±	0	1 ±	1	1 ±	1	1 ±	1
Gnathostomulida	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0
Halacaroida	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	1	0 ±	0	0 ±	0	2 ±	4	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0
Isopoda	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	2	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	1	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	1	2 ±	1
Kinorhyncha	8 ±	7	101 ±	40	35 ±	14	63 ±	24	16 ±	6	56 ±	24	23 ±	15	158 ±	138	75 ±	13	21 ±	7	22 ±	17	45 ±	18	25 ±	11	46 ±	19	44 ±	6	101 ±	29	18 ±	7	88 ±	7		
Gastropoda	0 ±	0	2 ±	2	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0
Bivalvia	32 ±	30	12 ±	11	1 ±	2	6 ±	11	1 ±	1	13 ±	14	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	1	3 ±	2	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	
Nemertina	1 ±	2	0 ±	0	1 ±	1	1 ±	1	0 ±	0	0 ±	0	3 ±	5	1 ±	2	2 ±	1	1 ±	1	20 ±	33	0 ±	0	2 ±	3	1 ±	1	1 ±	2	4 ±	4	1 ±	1	1 ±	2		
Ostracoda	6 ±	3	28 ±	33	14 ±	7	17 ±	14	8 ±	3	9 ±	9	1 ±	2	7 ±	4	1 ±	2	1 ±	1	3 ±	3	2 ±	4	3 ±	3	6 ±	0	20 ±	15	26 ±	7	0 ±	1	7 ±	5		
Priapulida	1 ±	2	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0
Tanaidacea	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	3 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0
Tardigrada	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0
Turbellaria	40 ±	21	13 ±	6	12 ±	2	71 ±	47	8 ±	4	19 ±	22	8 ±	4	20 ±	13	11 ±	6	9 ±	3	13 ±	4	17 ±	26	106 ±	57	51 ±	16	60 ±	8	86 ±	53	5 ±	1	30 ±	23		
Others	2 ±	4	4 ±	5	1 ±	1	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	2 ±	1	3 ±	5	8 ±	6	0 ±	0	2 ±	2	4 ±	4	0 ±	0	2 ±	2

Πίνακας 7.3: Κατάλογος των γενών των νηματωδών που βρέθηκαν πριν και κατά τη διάρκεια της εποχής της μηχανότρατας στο Θερμαϊκό κόλπο (165 γένη, 34 οικογένειες). Τα είκοσι (20) πιο άφθονα γένη με το ποσοστό παρουσίας τους είναι σκιασμένα.

Subclass: Enoplia			Subclass: Chromadoria						
Order: Enopliida			Order: Chromadorida			Order: Monhysterida			
Suborder: Enopliina	%		Suborder: Chromadorina	%	Suborder: Leptolaimina	%	Family	Monhysteridae	%
Family <i>Enopliidae</i>			Family <i>Chromadoridae</i>		Family <i>Leptolaimidae</i>		Genus	<i>Diplolaimella</i>	0,06
Genus <i>Enoplus</i>	0,01		Genus <i>Acantholaimus</i>	0,03	Genus <i>Antoniacron</i>	0,04	Genus	<i>Diplolaimelloides</i>	0,04
Family <i>Thoracostomopsidae</i>			Genus <i>Actinonema</i>	3,88	Genus <i>Canacolaimus</i>	0,11	Genus	<i>Thalassomonhystera</i>	2,69
Genus <i>Enoploides</i>	0,01		Genus <i>Atrochromadora</i>	0,03	Genus <i>Cricolaimus</i>	0,05	Family	<i>Xyalidae</i>	
Genus <i>Enoplolaimus</i>	0,10		Genus <i>Chromadora</i>	0,19	Genus <i>Diodontolaimus</i>	0,01	Genus	<i>Amphimonhystrella</i>	0,09
Genus <i>Mesacanthion</i>	0,97		Genus <i>Chromadorella</i>	0,37	Genus <i>Leptolaimoides</i>	0,52	Genus	<i>Cobbia</i>	0,07
Genus <i>Ocyonchus</i>	0,04		Genus <i>Chromadorina</i>	0,01	Genus <i>Leptolaimus</i>	1,14	Genus	<i>Daptonema</i>	4,96
Genus <i>Paramesocanthion</i>	2,18		Genus <i>Chromadorita</i>	1,94	Genus <i>Onchium</i>	0,01	Genus	<i>Elzalia</i>	0,37
Family <i>Anoplostomatidae</i>			Genus <i>Dichromadora</i>	0,40	Genus <i>Stephanolaimus</i>	0,02	Genus	<i>Gnomoxyla</i>	0,20
Genus <i>Anoplostoma</i>	0,49		Genus <i>Endeolophos</i>	0,16	Family <i>Halipectidae</i>		Genus	<i>Linhystera</i>	0,16
Genus <i>Chaetonema</i>	0,09		Genus <i>Euchromadora</i>	0,02	Genus <i>Halipectus</i>	0,06	Genus	<i>Metadesmolaimus</i>	0,19
Family <i>Phanodermatidae</i>			Genus <i>Graphonema</i>	0,06	Genus <i>Setopectus</i>	0,03	Genus	<i>Omicronema</i>	0,01
Genus <i>Crenopharynx</i>	0,11		Genus <i>Hypodontolaimus</i>	0,05	Family <i>Aegialolaimidae</i>		Genus	<i>Paramonhystera</i>	0,13
Genus <i>Micoletzkyia</i>	0,05		Genus <i>Karkinochromadora</i>	0,03	Genus <i>Aegialolaimus</i>	0,3	Genus	<i>Promonhystera</i>	0,02
Family <i>Anticomidae</i>			Genus <i>Neochromadora</i>	0,33	Genus <i>Cyrtionema</i>	0,07	Genus	<i>Retrotheristus</i>	0,05
Genus <i>Anticonema</i>	0,07		Genus <i>Parachromadorita</i>	0,09	Genus <i>Diplopetoides</i>	0,13	Genus	<i>Scaptrella</i>	0,01
Family <i>Ironidae</i>			Genus <i>Prochromadorella</i>	0,54	Family <i>Tubolaimoidea</i>		Genus	<i>Sylotheristus</i>	0,03
Genus <i>Thalassironus</i>	0,67		Genus <i>Psycholaimellus</i>	0,02	Genus <i>Tubolaimoides</i>	0,03	Genus	<i>Theristus</i>	0,06
Family <i>Leptosomatidae</i>			Genus <i>Spilophorella</i>	0,36	Family <i>Ceramonematidae</i>		Genus	<i>Trichotheristus</i>	0,01
Genus <i>Platycoma</i>	0,02		Family <i>Comesomatidae</i>		Genus <i>Ceramonema</i>	0,13	Family	<i>Sphaerolaimidae</i>	
Genus <i>Synonchus</i>	0,02		Genus <i>Actarjania</i>	0,03	Genus <i>Doxynemoides</i>	0,02	Genus	<i>Doliolaimus</i>	0,02
Genus <i>Thoracostoma</i>	0,02		Genus <i>Cervonema</i>	0,39	Genus <i>Metadasynemella</i>	0,48	Genus	<i>Metasphaerolaimus</i>	0,05
Family <i>Ocystominidae</i>			Genus <i>Comesoma</i>	0,24	Genus <i>Pselionema</i>	2,27	Genus	<i>Parasphaerolaimus</i>	0,23
Genus <i>Halalaimus</i>	2,74		Genus <i>Comesoides</i>	0,05	Family <i>Paranicrolaimidae</i>		Genus	<i>Sphaerolaimus</i>	2,33
Genus <i>Litiniun</i>	0,01		Genus <i>Dorylaimopsis</i>	13,78	Genus <i>Paranicrolaimus</i>	0,01	Family	<i>Siphonolaimidae</i>	
Genus <i>Nematanema</i>	0,02		Genus <i>Hopperia</i>	0,07	Suborder: <i>Desmoscolecina</i>		Genus	<i>Siphonolaimus</i>	0,13
Genus <i>Ocystomina</i>	0,29		Genus <i>Laimella</i>	0,61	Family <i>Desmoscolecidae</i>		Family	<i>Linhomoeidae</i>	
Genus <i>Thalassolaimus</i>	0,17		Genus <i>Metacomesoma</i>	0,11	Genus <i>Desmogertlachia</i>	0,01	Genus	<i>Anticyathus</i>	0,01
Family <i>Oncholaimidae</i>			Genus <i>Paracomesoma</i>	0,35	Genus <i>Desmoscolex</i>	0,66	Genus	<i>Desmolaimus</i>	0,01
Genus <i>Adoncholaimus</i>	0,01		Genus <i>Paramesonchium</i>	0,03	Genus <i>Greeffiella</i>	0,04	Genus	<i>Disconema</i>	0,02
Genus <i>Viscosia</i>	1,57		Genus <i>Pierrickia</i>	1,44	Genus <i>Pareudesmoscolex</i>	0,18	Genus	<i>Eleutherolaimus</i>	0,07
Family <i>Encheliidiidae</i>			Genus <i>Sabatieria</i>	9,13	Genus <i>Quadricoma</i>	1,03	Genus	<i>Eumorpholaimus</i>	0,05
Genus <i>Bathyeurystomina</i>	0,02		Genus <i>Setosabatieria</i>	3,00	Genus <i>Tricoma</i>	1,82	Genus	<i>Linhomoeus</i>	0,08
Genus <i>Belbolla</i>	0,39		Genus <i>Vasostoma</i>	0,09			Genus	<i>Metalinhomoeus</i>	0,20
Genus <i>Eurystomina</i>	0,02		Family <i>Ethmolaimidae</i>				Genus	<i>Paralinhomoeus</i>	0,09
Genus <i>Polygastrophora</i>	0,01		Genus <i>Comesa</i>	0,22			Genus	<i>Terchellingia</i>	1,21
Genus <i>Symplocostoma</i>	0,01		Genus <i>Filitonchus</i>	0,18			Family	<i>Axonolaimidae</i>	
Suborder: <i>Tripyloidea</i>			Genus <i>Neotonchus</i>	0,06			Genus	<i>Ascolaimus</i>	0,01
Family <i>Tripyloidae</i>			Family <i>Cyatholaimidae</i>				Genus	<i>Axonolaimus</i>	1,18
Genus <i>Tripyloides</i>	0,07		Genus <i>Cyatholaimus</i>	0,02			Genus	<i>Odontophora</i>	0,12
Family <i>Rhabdodemaniidae</i>			Genus <i>Longicyatholaimus</i>	0,05			Genus	<i>Parodontophora</i>	1,04
Genus <i>Rhabdodemania</i>	0,26		Genus <i>Marylynia</i>	2,49			Genus	<i>Pseudocella</i>	0,01
Order: <i>Trefusiida</i>			Genus <i>Minolaimus</i>	0,09			Genus	<i>Synodontium</i>	0,01
Family <i>Trefusiidae</i>			Genus <i>Paracanthonchus</i>	0,04			Family	<i>Diplopetidae</i>	
Genus <i>Rhabdocoma</i>	0,01		Genus <i>Paralongicyatholaimus</i>	0,06			Genus	<i>Araeolaimus</i>	0,07
			Genus <i>Pomponema</i>	2,22			Genus	<i>Canpylaimus</i>	0,77
			Family <i>Selachinematidae</i>				Genus	<i>Diplopetula</i>	0,21
			Genus <i>Cheironchus</i>	0,01			Genus	<i>Southerniella</i>	0,10
			Genus <i>Choanolaimus</i>	0,06					
			Genus <i>Choniolaimus</i>	0,01					
			Genus <i>Demonema</i>	0,01					
			Genus <i>Gammamenema</i>	0,01					
			Genus <i>Halichoanolaimus</i>	0,17					
			Genus <i>Richtersia</i>	4,56					
			Genus <i>Synonchiella</i>	0,07					
			Family <i>Desmodoridae</i>						
			Genus <i>Chromaspirina</i>	0,01					
			Genus <i>Desmodora</i>	10,99					
			Genus <i>Eubotrichus</i>	0,02					
			Genus <i>Metachromadora</i>	0,05					
			Genus <i>Molgolaimus</i>	0,56					
			Genus <i>Pseudonchus</i>	0,03					

Πίνακας 7.4. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των διαφορετικών δεικτών ποικιλότητας στο επίπεδο του γένους για κάθε σταθμό και δειγματοληπτική περίοδο στον κόλπο του Θερμαϊκού.

	Hill No	H'	J'	Hill N1	Hill N2	Hill Ninf	d	V
1-IP-1	27 ± 5,03	3,127 ± 0,203	0,955 ± 0,007	23,119 ± 4,729	19,904 ± 4,465	9,973 ± 3,108	2,860 ± 0,165	0,912
1-IP-10	16 ± 9,02	2,501 ± 0,704	0,946 ± 0,048	14,145 ± 8,474	12,699 ± 7,792	6,443 ± 3,383	2,607 ± 0,780	1,531
1-IP-17	39 ± 9,45	3,556 ± 0,222	0,973 ± 0,004	35,631 ± 8,126	31,437 ± 6,088	13,045 ± 2,538	3,005 ± 1,274	2,459
1-IP-27	34 ± 6,51	3,417 ± 0,204	0,969 ± 0,005	30,899 ± 6,260	27,506 ± 6,084	13,376 ± 3,620	3,462 ± 0,313	2,737
1-IP-30	33 ± 4,73	3,402 ± 0,160	0,972 ± 0,006	30,267 ± 4,632	27,391 ± 4,564	14,539 ± 3,117	3,704 ± 0,365	2,995
1-IP-38	33 ± 9,64	3,362 ± 0,295	0,969 ± 0,008	29,741 ± 9,234	26,397 ± 8,679	12,299 ± 3,890	3,755 ± 0,927	2,998
2-IP-1	21 ± 4,04	2,856 ± 0,253	0,947 ± 0,019	17,750 ± 4,119	15,190 ± 3,937	7,571 ± 1,601	2,749 ± 0,595	1,030
2-IP-10	29 ± 5,51	3,206 ± 0,213	0,958 ± 0,017	25,062 ± 5,613	21,365 ± 6,052	9,373 ± 3,828	3,084 ± 0,684	2,373
2-IP-17	35 ± 14,00	3,387 ± 0,455	0,968 ± 0,013	31,591 ± 13,314	28,073 ± 12,277	12,365 ± 4,901	3,830 ± 1,328	1,661
2-IP-27	30 ± 5,13	3,302 ± 0,161	0,970 ± 0,001	27,400 ± 4,515	24,579 ± 3,795	12,298 ± 1,359	3,368 ± 0,522	2,865
2-IP-30	37 ± 14,19	3,460 ± 0,409	0,974 ± 0,009	33,665 ± 13,872	30,671 ± 13,385	15,570 ± 7,378	3,859 ± 1,589	2,182
2-IP-38	30 ± 6,35	3,235 ± 0,237	0,958 ± 0,012	25,910 ± 6,497	22,264 ± 6,530	10,010 ± 3,030	3,234 ± 0,327	1,517
3-IP-1	21 ± 1,53	2,836 ± 0,097	0,937 ± 0,014	17,098 ± 1,612	14,061 ± 1,727	6,751 ± 1,077	2,529 ± 0,102	0,717
3-IP-10	25 ± 5,03	3,003 ± 0,247	0,940 ± 0,021	20,583 ± 5,295	16,670 ± 5,586	7,193 ± 2,623	1,897 ± 0,287	-0,260
3-IP-17	29 ± 2,65	3,229 ± 0,091	0,960 ± 0,002	25,314 ± 2,334	21,797 ± 2,109	10,422 ± 1,265	2,515 ± 0,328	1,102
3-IP-27	34 ± 6,51	3,417 ± 0,209	0,975 ± 0,005	30,935 ± 6,365	28,375 ± 6,278	16,097 ± 4,357	3,956 ± 0,385	3,205
3-IP-30	29 ± 0,58	3,236 ± 0,030	0,964 ± 0,003	25,450 ± 0,751	22,310 ± 0,720	10,549 ± 1,109	4,232 ± 0,943	1,571
3-IP-38	27 ± 3,00	3,194 ± 0,089	0,971 ± 0,006	24,458 ± 2,153	21,950 ± 1,315	10,919 ± 0,176	3,246 ± 0,394	2,654