



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

**Π.Μ.Σ. «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΚΑΙ  
ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»**

**“ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΙΣ  
ΒΙΟΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΤΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ ΣΤΗΝ  
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ”**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΜΑΡΓΑΡΙΤΑ ΚΑΓΙΩΡΓΗ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2012**

### **Επιβλέποντες καθηγητές:**

Ιωάννης Καρακάσης (Καθηγητής του Τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης)

Μιχαήλ Παυλίδης (Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης)

### **Επιβλέπων Ερευνητής**

Νικόλαος Λαμπαδαρίου (Ερευνητής Β' του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών)

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	4
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>7</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>8</b>
1.1. Επιπτώσεις των υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον.....	8
1.2. Μειοβένθος.....	10
1.2.1. Εποχικές διακυμάνσεις μειοβενθικών οργανισμών.....	11
1.3. Νηματώδεις.....	11
1.3.1. Οι νηματώδεις ως βιολογικοί δείκτες ρύπανσης.....	12
1.4. Σκοπός και Στόχοι.....	14
<b>2. ΥΛΙΚΑ &amp; ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>16</b>
2.1. Περιοχή δειγματοληψίας.....	16
2.2. Στρατηγική δειγματοληψίας.....	17
2.2.1. Διαδικασία δειγματοληψίας.....	18
2.3. Εργαστηριακές τεχνικές.....	18
2.3.1. Διαχωρισμός ιζήματος – πανίδας.....	18
2.3.2. Κατασκευή μόνιμων παρασκευασμάτων.....	19
2.3.3. Προσδιορισμοί.....	20
2.3.4. Τροφικοί τύποι.....	20
2.3.5. Περιβαλλοντικές παράμετροι.....	21
2.3.5.1. Ανάλυση ιζήματος.....	21
2.3.5.2. Οργανικός άνθρακας, χλωροφύλλη α και φαιοχρωστικές.....	23
2.4. Ανάλυση δεδομένων.....	24
2.4.1. Έλεγχοι υποθέσεων.....	24
2.4.1.1. Μέθοδος για το συντελεστή συσχέτισης του Pearson.....	24
2.4.1.2. Μέθοδος για το συντελεστή συσχέτισης του Spearman.....	25
2.4.2. Ανάλυση ποικιλότητας.....	25
2.4.3. Πολυμεταβλητή ανάλυση.....	26
2.4.3.1. Ανάλυση ομοιότητας (Analysis of similarity, ANOSIM).....	27
2.4.3.2. Διευθέτηση (Multi-dimensional Scaling, MDS).....	27
2.4.3.3. Σύνθεση βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων με το λογισμικό BIO-ENV.....	28
2.4.3.4. Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών ειδών με το λογισμικό SIMPER.....	29
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>30</b>
3.1. Περιβαλλοντικές παράμετροι για την MD1 περιοχή.....	30
3.1.1. Θερμοκρασία.....	30
3.1.2. Ίζημα.....	30
3.1.3. Δυναμικό οξειδοαναγωγής.....	31

3.1.4. Άνθρακας.....	32
3.1.5. Χλωροφυλλούχες χρωστικές.....	33
3.2. Κατανομή της αφθονίας των νηματωδών στην περιοχή MD1.....	34
3.3. Δομή της βιοκοινωνίας των νηματωδών στην περιοχή MD1.....	35
3.4. Πρότυπα κατανομής των τροφικών τύπων των νηματωδών στην περιοχή MD1.....	40
3.5. Πολυμεταβλητή ανάλυση.....	41
3.6. Δείκτες βιοποικιλότητας.....	45
3.7. Περιβαλλοντικές παράμετροι για την MD3 περιοχή.....	47
3.7.1. Θερμοκρασία.....	47
3.7.2. Ίζημα.....	47
3.7.3. Δυναμικό οξειδοαναγωγής.....	48
3.7.4. Άνθρακας.....	49
3.7.5. Χλωροφυλλούχες χρωστικές.....	50
3.8. Κατανομή της αφθονίας των νηματωδών στην περιοχή MD3.....	51
3.9. Δομή της βιοκοινωνίας των νηματωδών στην περιοχή MD3.....	52
3.10. Πρότυπα κατανομής των τροφικών τύπων των νηματωδών στην περιοχή MD3.....	57
3.11. Πολυμεταβλητή ανάλυση.....	59
3.12. Δείκτες βιοποικιλότητας.....	64
3.13. Συσχετίσεις.....	65
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>67</b>
4.1. Περιβαλλοντικοί παράμετροι.....	67
4.2. Αφθονίες νηματωδών.....	69
4.3. Δομή της βιοκοινωνίας.....	71
4.4. Ποικιλότητα.....	75
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>77</b>
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>79</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>85</b>

## Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Βενθικής Οικολογίας του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε) Κρήτης, στα πλαίσια του Π.Μ.Σ. «Περιβαλλοντική Βιολογία – Διαχείριση Χερσαίων και Θαλασσιών Βιολογικών Πόρων» του τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Η εργασία αυτή θα ήταν δύσκολο να πραγματοποιηθεί χωρίς την υλική και πνευματική βοήθεια κάποιων ανθρώπων.

Πρώτο από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντά μου, Νίκο Λαμπαδαρίου, για το πολύ ενδιαφέρον θέμα που μου πρότεινε να ασχοληθώ στα πλαίσια της μεταπτυχιακής μου διατριβής, για το ενδιαφέρον που έδειξε για μένα αυτά τα δύο χρόνια της συνεργασίας μας, για τη βοήθεια και την καθοδήγησή του πάνω στα θέματα της εργασίας μου, για τη μοναδική ευκαιρία που μου έδωσε να συμμετέχω στις ερευνητικές αποστολές και βέβαια για την υποτροφία που μου χορήγησε η οποία έκανε τη ζωή μου εδώ στο Ηράκλειο τον τελευταίο χρόνο ευκολότερη.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της Τριμελούς Επιτροπής, τον υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Ι. Καρακάσση, ο οποίος επίσης μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα, καθώς και τον κ. Μ. Παυλίδη για την προθυμία του να συμμετέχει στην επιτροπή αξιολόγησης μου και για το χρόνο που αφιέρωσε στην ανάγνωση και αξιολόγηση της εργασίας μου.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα την υποψήφια διδάκτορα του εργαστηρίου μας, Βίκη Καλογεροπούλου, για την πολύ μεγάλη βοήθεια που μου έδωσε πάνω στα επιστημονικά και στα τεχνικά αλλά θέματα που με προβλημάτιζαν, για τις ώρες που “φάγαμε” παρέα πάνω από το μικροσκόπιο αλλά και για τις χαρούμενες στιγμές μέσα στο εργαστήριο.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη του εργαστηρίου, τη Δήμητρα Μουρίκη, το Δημήτρη Ποδάρα και την Κατερίνα Σεβαστού για τις συμβουλές, τη βοήθεια και την παρέα τους.

Ένα από τα μεγαλύτερα ευχαριστώ το οφείλω στους δύο αγαπημένους μου φίλους Αγγελική και Γιάννη, οι οποίοι όλο αυτό τον καιρό ήταν δίπλα μου με την συντροφιά και την αγάπη τους. Τους ευχαριστώ πολύ επίσης, γιατί εκτός από την ηθική υποστήριξη και τις συμβουλές τους, με βοήθησαν και έμπρακτα με τα δεδομένα και τα αποτελέσματα τις εργασίας μου.

Ευχαριστώ επίσης τους φίλους μου Πασχαλιά, Βενετία, Αντρέα, Τζούλια, Σταυρούλα, Έφη, Λένα και Κωστάκη για τις όμορφες βόλτες, στιγμές και συζητήσεις που κάναμε αυτά τα χρόνια. Ευχαριστώ θερμά τον Γιάννη και το Χρήστο που ήταν κοντά μου τον τελευταίο καιρό και με στήριξαν σε αυτή μου την προσπάθεια αλλά και γενικότερα.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω τον κ. Σταύρο Ξηρουχάκη για το χρόνο που αφιέρωσε και τη βοήθεια του σε ένα μέρος των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στους γονείς μου Φραγκίσκο και Ζήνα και στον αδερφό μου Βαγγέλη, οι οποίοι είναι δίπλα μου τόσα χρόνια τώρα, με βοηθάνε και με στηρίζουν με κάθε τρόπο να κάνω τις επιλογές και τα όνειρά μου πραγματικότητα...

Σας ευχαριστώ πολύ όλους...

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι επιπτώσεις των υδατοκαλλιεργειών στις βιοκοινωνίες των νηματωδών μελετήθηκαν σε δύο περιοχές (MD1 και MD3) της Ανατολικής Μεσογείου, προκειμένου να αξιολογηθεί η χρονική και χωρική διακύμανση όσον αφορά την αφθονία των νηματωδών, τη δομή της βιοκοινωνίας τους και τη διάρθρωσή τους σε τροφικές ομάδες, και την απόκριση των υπαρχόντων ειδών στην αύξηση της εισροής του οργανικού υλικού. Προς τούτο, πραγματοποιήθηκαν εποχικές δειγματοληψίες τους μήνες Ιούλιο, Μάρτιο και Οκτώβριο. Σχεδιάστηκαν διατομές κατά μήκος της κατεύθυνσης των κύριων ρευμάτων και λήφθηκαν δείγματα σε απόσταση 0 μέτρα (κάτω από τους ιχθυοκλωβούς), σε 5, 25 και 50 μέτρα από την άκρη των κλωβών. Επίσης επιλέχθηκε ένας σταθμός μάρτυρας σε περιοχή με παρόμοιο βάθος και τύπο ιζήματος.

Η αφθονία των νηματωδών της περιοχής MD1 παρουσίασε εποχικότητα στους σταθμούς που βρισκόταν κοντά στους κλωβούς, το οποίο δε συνέβαινε στην περιοχή MD3. Στην περιοχή MD1 παρατηρούνται διαφορετικά εποχικά πρότυπα στη βιοκοινωνία των νηματωδών. Κυρίαρχο είδος της περιοχής και τους τρεις μήνες σε όλους τους σταθμούς κοντά στους κλωβούς είναι το *Daptonema sp.1*. Αντίθετα στην περιοχή MD3 δεν υπάρχουν εποχικές μεταβολές όσον αφορά τα πιο άφθονα είδη. Τα είδη που επικρατούν και τους τρεις μήνες είναι τα *Microlaimus sp.1*, *Desmodora sp.1*, *Prochromadorella sp.1*. Και στις δύο περιοχές η πιο άφθονη τροφική ομάδα ήταν αυτή των epistrate feeders. Η ποικιλότητα και στις δύο περιοχές αυξήθηκε με την απόσταση από τους κλωβούς. Ο σταθμός μάρτυρας ήταν αυτός που και στις δύο περιπτώσεις συγκέντρωνε τον μεγαλύτερο αριθμό ειδών.

Η παρούσα εργασία έδειξε πως οι νηματώδεις μπορεί να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση υδατοκαλλιεργειών, ωστόσο απαιτείται περαιτέρω έρευνα και χρήση μαθηματικών τεχνικών, καθώς τα διαφορετικά είδη αποκρίνονται διαφορετικά στις διάφορες περιβαλλοντικές μεταβολές.

## ABSTRACT

The effects of aquaculture on nematode communities were studied in two different areas (MD1 and MD3) of the Eastern Mediterranean in order to assess the temporal and spatial variation in the abundance of nematodes, the structure of the community and structure of feeding types, and the response of existing species to organic enrichment. For this, three seasonal samplings were performed in July 2001, October 2002 and March 2002. Samples were collected along transects towards the direction of the main current at a distance of 0 m (below cages) 5, 25 and 50 m from the edge of the cage. Samples were also collected from a control station, which was located in an area with similar depth and sediment type.

The abundance of nematodes in area MD1 showed seasonality at stations located near the cages, a pattern that did not occur in area MD3. At MD1, different seasonal patterns in the community structure of nematodes were observed. Dominant species in the region for all three sampling periods and at all stations located near the cages was *Daptonema sp.1*. In contrast, no seasonal changes were observed at MD3 for any of the abundant species. The dominant species of all three sampling periods of this area were *Microlaimus sp.1*, *Desmodora sp.1*, *Prochromadorella sp.1*. In both areas the most abundant feeding group was that of epistrate feeders. The diversity in both regions increased with increasing distance from the cages. In both areas the control station had a larger number of species.

This study indicates that nematodes can be a useful tool for assessing the environmental impact of aquaculture, however further research and use of mathematical techniques are needed because different species seem to respond differently to the observed environmental changes.



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Επιπτώσεις των υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον

Η υδατοκαλλιέργεια είναι μια βιομηχανία η οποία έχει εξαπλωθεί σε όλα τα μέρη του κόσμου και εκτιμάται ότι παρέχει σχεδόν το 50% της παγκόσμιας παραγωγής ψαριών (FAO 2010). Στη Μεσόγειο αυτή η δραστηριότητα αυξήθηκε εκθετικά την δεκαετία του '90 (Basurco and Lovatelli 2003, Karakassis et al. 1998). Μπορεί αυτή η ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας να είναι μια πιθανή λύση στο πρόβλημα της υπεραλίευσης και της μείωσης του αποθέματος των αλιευμάτων, αλλά είναι επίσης και μια σημαντική απειλή για τα θαλάσσια και παράκτια οικοσυστήματα (Schiermeier 2002, Perez et al. 2008). Μία από τις ευρέως αναφερόμενες επιπτώσεις της υδατοκαλλιέργειας είναι η απελευθέρωση θρεπτικών ουσιών και άλλων οργανικού υλικού στη στήλη του νερού και στον πυθμένα (Naylor and Burke 2005, Karakassis et al. 1998). Η σοβαρότητα και ο βαθμός της επίδρασης εξαρτάται από την αλληλεπίδραση ενός μεγάλου αριθμού παραγόντων, όπως το είδος της ιχθυοκαλλιέργειας, η πυκνότητα των οργανισμών που καλλιεργούνται, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της στήλης του νερού και του ιζήματος, η τοπική υδροδυναμική και οι βιοκοινότητες της περιοχής (Wu 1995).

Στη Μεσόγειο, η απελευθέρωση των οργανικών και ανόργανων θρεπτικών συστατικών από τις υδατοκαλλιεργείες και η επίδραση τους στον προσδευτικό εμπλουτισμό των παράκτιων υδάτων (Holmer et al. 2003, La Rosa et al. 2002) σχετίζονται κυρίως με ιχθυοτροφεία που βρίσκονται σε ρηχά νερά και ημίκλειστους κόλπους (Basurco and Lovatelli 2003). Ωστόσο, τις δύο τελευταίες δεκαετίες, εξελίξεις στην τεχνολογία κατασκευής των ιχθυοκλωβών, έχουν διευκολύνει την πρόσδεσή τους και σε σχετικά βαθύτερες και εκτεθειμένες περιοχές. Πολλά από τα καινούρια κατασκευής ιχθυοτροφεία λειτουργούν σε αποστάσεις περίπου 1 με 2 χιλιόμετρα από την ακτή (Sara et al. 2004, Aguado-Gimenez and Garcia-Garcia 2004), με την προϋπόθεση της ύπαρξης έντονων ρευμάτων, κάτι που παρέχει καλύτερες συνθήκες εκτροφής και μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Maldonado et al. 2005).

Έχει υπολογιστεί ότι ένα μεγάλο ποσό οργανικού υλικού που προέρχεται από τα υπολείμματα της τροφής και τα περιττώματα των εκτρεφόμενων ψαριών

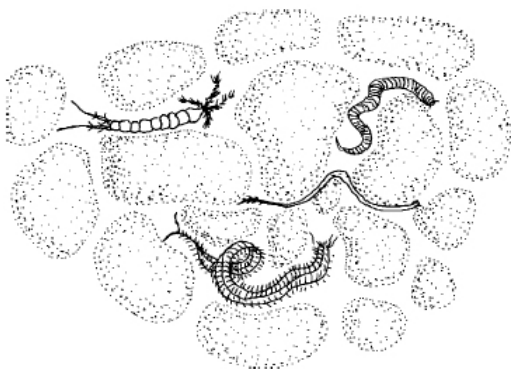
καταλήγει στον πυθμένα, διαταράσσοντας την πανίδα και χλωρίδα (Karakassis et al. 1999). Η καθίζηση αυτού του οργανικού υλικού είναι μάλιστα μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, οπότε η παραγωγή του ιχθυοτροφείου και άρα οι εκροές είναι μεγαλύτερες (Karakassis et al. 2005). Οι Vergara et al. (2005) έδειξαν ότι για κάθε τόνο καλλιεργήσιμου ψαριού, τσιπούρας και λαυρακιού, οι εκροές αζώτου και φωσφόρου είναι περίπου 120 kg και 17 kg αντίστοιχα. Οι συνεχείς εκροές από το ιχθυοτροφείο έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των θρεπτικών στη στήλη του νερού. Όμως συχνά δεν ανιχνεύονται σήματα ευτροφισμού στην στήλη του νερού κοντά στους κλωβούς λόγω της ταχείας διάλυσης των θρεπτικών (Pitta et al. 2006) και της μεταφοράς τους σε ανώτερα τροφικά επίπεδα μέσω της θήρευσης του φυτοπλαγκτού (Pitta et al. 2009). Αντιθέτως, οι συνεχείς εκροές από το ιχθυοτροφείο προκαλούν συσσώρευση ενώσεων άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου στο ίζημα (Holby and Hall 1991, Hall et al. 1992, Hall et al. 1990), διεγείρουν την βακτηριακή ανάπτυξη (Sakami et al. 2003), και δημιουργούν τροποποιημένες βενθικές κοινότητες (Brown et al. 1987). Αυτές οι βενθικές βιοκοινωνίες χαρακτηρίζονται από χαμηλή ποικιλότητα, βιομάζα και αφθονία (Karakassis et al. 2000), κυρίως εξαιτίας της εξάντλησης του οξυγόνου που απαιτείται για τις βιοχημικές διεργασίες και σχετίζεται με το σχηματισμό τοξικών προϊόντων σε ανοξικά ιζήματα (Gray et al. 2002). Πολύ πρόσφατα, σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε οκτώ ιχθυοτροφεία της Ανατολικής Μεσογείου (Cromeu et al. 2012), έγινε μια προσπάθεια ώστε να αναπτυχθεί ένα μοντέλο το οποίο να προβλέπει τις επιπτώσεις από τις εκροές των κλωβών στο βενθικό οικοσύστημα και έτσι να βοηθήσει στην σωστή περιβαλλοντική διαχείριση.

Μέχρι σήμερα, η επίδραση των εκροών της ιχθυοκαλλιέργειας στο βενθικό περιβάλλον είχε κυρίως καθοριστεί σύμφωνα με αλλαγές που παρατηρούνταν στην αφθονία και την ποικιλότητα των μακροπανιδικών οργανισμών (Henderson and Ross 1995, Karakassis et al. 2000, Karakassis and Hatziyanni 2000). Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες εξέτασαν την απόκριση των μειοπανιδικών οργανισμών στον οργανικό εμπλουτισμό του βενθικού περιβάλλοντος από μονάδες υδατοκαλλιέργειας (Grego et al. 2009, La Rosa et al. 2001, Lampadariou et al. 2005, Mazzola et al. 1999, Mazzola et al. 2000, Mirto et al. 2002, Riera et al. 2011, Vezzulli et al. 2003, Sutherland et al. 2007, Mirto et al. 2012).

## 1.2. Μειοβένθος

Το 1942 η Molly Mare επινόησε τον όρο μειοβένθος για να περιγράψει τις συναθροίσεις βενθικών μεταζώων που ξεχωρίζουν από το μακροβένθος εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους. Το πρόθεμα “μειο-” προέρχεται από την αρχαία ελληνική λέξη *μείος*, που σημαίνει μικρός. Ο όρος μειοβένθος είναι συνώνυμος της λέξης *μειοπανίδα* και χαρακτηρίζει την ενδιάμεση σε μέγεθος πανίδα που βρίσκεται ανάμεσα στη μακροπανίδα και τη μικροπανίδα. Τα όρια του μεγέθους των μειοπανιδικών οργανισμών ορίζονται με βάση το άνοιγμα των πόρων των κοσκίνων. Το ανώτατο όριο είναι 1 ή 0.5 mm ενώ το κατώτατο όριο καθορίζεται από τη χρήση κοσκίνου με άνοιγμα 0.044 ή 0.032 mm. Αφού η μειοπανίδα ορίζεται από το μέγεθος των πόρων των χρησιμοποιούμενων κοσκίνων, τα ζώα που περιλαμβάνονται σε αυτή μπορεί να είναι νεαρά μέλη της μακροπανίδας, που για κάποιο χρόνο βρίσκονται μέσα στο φάσμα μεγεθών της μειοπανίδας. Τέτοια ζώα ονομάζονται *προσωρινή μειοπανίδα* και περιλαμβάνουν ιδιαίτερα τις προνύμφες των πολυχαίτων και των διθύρων. Τα *μόνιμα* μέλη είναι εκείνα που παραμένουν πάντα μέσα στο φάσμα μεγεθών της μειοπανίδας και αντιπροσωπεύονται από τους νηματώδεις, κωπήποδα, στροβιλιστικούς πλατυέλμινθες, γαστερότριχα, οστρακώδη, τροχόζωα κ.α.

Η μειοπανίδα συναντάται σε μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ενδιακτημάτων μιας και όποιο υδάτινο περιβάλλον εξετάσει κανείς θα βρει αυτούς τους οργανισμούς. Κατανέμεται στα γλυκά νερά, στα ιζήματα των παραλιών μέχρι τη βαθιά θάλασσα και επίσης έχει παρατηρηθεί σε ακραία περιβάλλοντα όπως σε υδροθερμικές πηγές και στις ψυχρές πηγές των πόλων. Επηρεάζει τη μεταφορά των υλικών και της ενέργειας των οικοσυστημάτων (Li et al. 1997) και σε παράκτιες περιοχές αποτελεί σημαντικό κρίκο μεταξύ πρωτογενών παραγωγών και των ανώτερων τροφικών επιπέδων.



**Εικόνα 1.2.1.**

Μορφές μειοπανιδικών οργανισμών ανάμεσα στους κόκκους του ιζήματος.

(προέλευση εικόνας από: <http://www.glf.dfo-mpo.gc.ca>)

Οι μειοπανιδικοί οργανισμοί είναι σημαντικοί καταναλωτές των μικροφυτοβενθικών οργανισμών και επίσης οι ίδιοι, καταναλώνονται από άλλα μέλη του μειοβένθους (Nozais et al. 2005).

Διαφορετικές μορφές μειοπανίδας παρατηρούνται ανάλογα με τους διαφορετικούς τύπους του ιζήματος. Συγκεκριμένα, κάποιοι μειοβενθικοί οργανισμοί ζουν και κινούνται ανάμεσα στους κόκκους του ιζήματος (**Εικόνα 1.2.1**) και κάποιοι είναι επιβενθικοί ή επιφυτικοί (Higgins and Thiel 1988).

### **1.2.1. Εποχικές διακυμάνσεις μειοβενθικών οργανισμών**

Σε μικρά βάθη οι μειοβενθικοί οργανισμοί είναι γνωστό ότι παρουσιάζουν εποχικές μεταβολές (Higgins and Thiel 1988). Στη δημιουργία εποχικών διακυμάνσεων παίζουν ρόλο διάφοροι αβιοτικοί παράγοντες όπως η αλατότητα, το οξυγόνο, το pH του νερού και ανάμεσα στους πιο ισχυρούς είναι η θερμοκρασία και η διαθεσιμότητα της τροφής. Σε αυτούς τους δύο τελευταίους παράγοντες κυρίως αποδίδονται οι όποιες μεταβολές παρατηρούνται στις αφθονίες των βενθικών πληθυσμών, όμως είναι δύσκολο να διαχωριστούν μια και συσχετίζονται άμεσα.

Συνήθως, οι μειοβενθικοί οργανισμοί παρουσιάζουν μέγιστα κατά τους θερινούς μήνες, όμως υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες ταξινομικές ομάδες ή κάποια είδη που εμφανίζονται μέγιστα και άλλες εποχές του χρόνου (Higgins and Thiel 1988). Αυτές οι διαφοροποιήσεις έχουν αποδοθεί κυρίως στον ανταγωνισμό (Coull and Vernberg 1975) ή τη θήρευση (Sibert 1979).

### **1.3. Νηματώδεις**

Οι νηματώδεις ίσως είναι η πιο άφθονη ομάδα μεταζώων στη γη και έχουν μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο (Heip et al. 1985) ιδιαίτερα από ιατρικής πλευράς. Έχουν προσδιοριστεί περίπου 12.000 είδη νηματωδών, αλλά υπολογίζεται ότι, αν όλα τα είδη ήταν γνωστά, ο αριθμός θα έφτανε το μισό εκατομμύριο. Ζουν στα ιζήματα της θάλασσας, των γλυκών νερών, στο έδαφος των χερσαίων περιοχών, από στις πολικές ως τις τροπικές περιοχές και από τις κορυφές των βουνών μέχρι τη βαθειά θάλασσα, ενώ το μοναδικό περιβάλλον που δεν έχουν καταφέρει να κατακτήσουν είναι το πελαγικό. Σύμφωνα με την Vanreusel (1991) σε μια μελέτη

που έγινε στη Βόρεια Θάλασσα, το ενδιαίτημα που προτιμούν τα περισσότερα είδη των νηματωδών σχετίζεται άμεσα με τη σύσταση του ιζήματος. Οι ελεύθερα διαβιούντες νηματώδεις δύσκολα φαίνονται με γυμνό μάτι (μέγεθος  $\approx 100 \mu\text{m}$ ), αλλά η αφθονία τους στα ιζήματα, ειδικά σε αυτά που είναι πλούσια σε οργανικό υλικό, μπορεί να είναι πάρα πολύ μεγάλη (Sandulli and de Nicola 1991, Coull and Chandler 1992). Οι νηματώδεις, επίσης, παρασιτούν σχεδόν σε κάθε είδος ζώου και σε πολλά φυτά. Τα αποτελέσματα της προσβολής των φυτικών καλλιεργειών, των κατοικίδιων ζώων και των ανθρώπων από νηματώδεις καθιστά αυτό το φύλο ως μια από τις πιο σημαντικές παρασιτικές ζωικές ομάδες.

Οι ελεύθερες μορφές των νηματωδών, μορφολογικά τουλάχιστον, μοιάζουν αρκετά. Είναι μικρόσωμοι και το λεπτό κυλινδρικό τους σώμα είναι οξύληκτο και από τις δύο πλευρές. Ουσιαστικά αποτελούνται από δύο ομόκεντρους σωλήνες (σωματικός και πεπτικός) και έχουν διάμετρο μόνο μερικά  $\mu\text{m}$ . Παρά την βασική εξωτερική τους ομοιότητα, παίζουν πολύ διαφορετικούς ρόλους και καταλαμβάνουν πολύ διαφορετικές τροφικές θέσεις ανάλογα τη σύσταση του ιζήματος. Τρέφονται με βακτήρια, ζύμες, οργανικά θρύμματα και φύκη. Τα είδη που ανήκουν στην κατηγορία των αρπάγων μπορεί να τρώνε τροχοφόρα, βραδύπορα, μικρούς δακτυλιοσκόκληκες και άλλους νηματώδεις. Όλη αυτή η ποικιλομορφία στις διατροφικές συνήθειες αντανακλάται και στην ποικιλομορφία των ειδών. Έτσι, η ποικιλότητα των νηματωδών στα περισσότερα περιβάλλοντα, είναι συνήθως μεγαλύτερη από κάθε άλλη ομάδα (Heip et al. 1985).

### **1.3.1. Οι νηματώδεις ως βιολογικοί δείκτες ρύπανσης**

Οι βενθικοί οργανισμοί γενικότερα, έχει βρεθεί ότι ποικίλουν σε μεγάλο βαθμό στην ευαισθησία στις διάφορες μορφές ρύπανσης (Cairns and Dickson 1971). Τα βενθικά ασπόνδυλα έχουν συχνά θεωρηθεί ως καλοί δείκτες της οργανικής ρύπανσης (Albertelli et al. 1999, Mazzola et al. 2000, Lampadariou et al. 2005, Sutherland et al. 2007, Riera et al. 2011, Mirto et al. 2012) λόγω της συνεχούς παρουσίας τους, τη σχετικά μακρά διάρκεια ζωής τους και τη διαφορετική ανοχή που παρουσιάζουν στις διάφορες πιέσεις του περιβάλλοντος.

Ενώ λίγα είναι γνωστά για την απόκριση των μειοπανιδικών οργανισμών στην ρύπανση, η μειοπανίδα έχει ορισμένα εγγενή πλεονεκτήματα σε σχέση με την μακροπανίδα στον προσδιορισμό των επιπτώσεων των βιολογικών ρύπων σε επίπεδο βιοκοινωνίας. Καταρχήν, η μειοπανίδα αποτελείται από πολύ μεγαλύτερο αριθμό ειδών σε σχέση με τη μακροπανίδα (Heip et al. 1988) και τα διαφορετικά είδη παρουσιάζουν διαφορετική απόκριση ανάλογα τον τύπο της περιβαλλοντικής πίεσης. Επίσης, η μειοπανίδα είναι πιο ευαίσθητη στη ρύπανση του ιζήματος απ' ότι η μακροπανίδα (Gyedu-Ababio et al. 1999). Και τέλος, οι οργανισμοί αυτοί, έχουν μικρό μέγεθος, ζουν ανάμεσα στους κόκκους του ιζήματος, έχουν μικρό κύκλο ζωής και περνούν όλο το χρόνο ζωής τους ως βενθικοί οργανισμοί (σε αντίθεση με τους μακροπανιδικούς οργανισμούς, που κάποιοι από αυτούς περνούν τα αρχικά στάδια της ζωής τους στη στήλη του νερού (Sutherland et al. 2007).

Οι νηματώδεις είναι συνήθως η κυρίαρχη μειοπανιδική ταξινομική ομάδα και μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ένας ευαίσθητος βιολογικός δείκτης της οργανικής διατάραξης, εξαιτίας της μεγάλης τους αφθονίας σε όλα τα βενθικά περιβάλλοντα. Επίσης, παρουσιάζουν υψηλή ταξινομική ποικιλότητα (Higgins and Thiel 1988), είναι ευαίσθητοι στους υδρογονάνθρακες (Danovaro et al. 1995) και στα διάφορα είδη οργανικής ρύπανσης (Lampadariou et al. 1997) και τέλος, εμφανίζουν ανάκαμψη σε μικρό χρονικό διάστημα από τη στιγμή που θα σταματήσει η διατάραξη (Mazzola et al. 2000, Danovaro et al. 1995). Πολλοί επιστήμονες συμφωνούν ότι οι νηματώδεις είναι πολύ σημαντικοί στην οικολογία και ο ακριβής τους ρόλος στα οικοσυστήματα, ειδικά σε εκείνα όπου απαντώνται σε μεγάλη αφθονία είναι αντικείμενο έντονης μελέτης. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανομή των νηματωδών είναι η διαθεσιμότητα της τροφής. Για παράδειγμα, έχει βρεθεί πως σε περιβάλλοντα που είναι εμπλουτισμένα με οργανικό υλικό και θρεπτικά, αυξάνονται πολύ τα είδη των νηματωδών τα οποία τρέφονται "βόσκοντας" την επιχλωρίδα που αναπτύσσεται πάνω στην επιφάνεια των κόκκων του ιζήματος. Επίσης, εξίσου σημαντική αύξηση παρατηρείται και στα είδη που ανήκουν στην ομάδα των μη επιλεκτικών ιζηματοφάγων (Rzeznik-Orignac et al. 2003)

Περιβαλλοντικές μελέτες που έχουν γίνει σε ιχθυοκαλλιέργειες χρησιμοποιώντας την μειοπανίδα ως εργαλείο, μιας και η μακροπανίδα συνήθως

απουσιάζει κάτω από τους ιχθυοκλωβούς, έχουν δείξει μέχρι στιγμής διφορούμενα αποτελέσματα. Οι Duplisea και Hargrave (1996) δε βρήκαν καθαρή τάση ανάμεσα στην αφθονία της συνολικής μειοπανίδας και στο οργανικό υλικό που εισέφερε στο ίζημα από τη δράση της ιχθυοκαλλιέργειας, έτσι, η επίδρασή της στο περιβάλλον δεν αναγνωρίστηκε από τη μελέτη των μειοπανιδικών οργανισμών. Ωστόσο, οι Mazzola et al. (1999) έδειξαν πως η αλλαγή στα χαρακτηριστικά του ιζήματος κάτω από τους κλωβούς της ιχθυοκαλλιέργειας είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της αφθονίας της μειοπανίδας. Οι Grego et al. (2009) επίσης, έδειξαν μια επίδραση στη μειοπανίδα που βρίσκονταν στο ίζημα ακριβώς κάτω από τους ιχθυοκλωβούς και σε μια απόσταση 20 μέτρων από αυτούς, με σημαντικά χαμηλότερη αφθονία κάτω από τους κλωβούς κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Αντιθέτως, οι Lampadariou et al. (2005) βρήκαν ότι η αφθονία της μειοπανίδας σε απόσταση 25 μέτρα από τους ιχθυοκλωβούς είχε μια αύξηση της τάξης των 150-300%. Οι Vezzulli et al. (2003) επίσης, σε μια ανάλυση 15 ετών της μειοπανίδας και της προσαρμογή της στον οργανικό εμπλουτισμό, παρατήρησαν ότι η αφθονία της αυξήθηκε.

Παρότι έχουν γίνει αρκετές μελέτες χρησιμοποιώντας την συνολική αφθονία των κυρίων ομάδων της μειοπανίδας ως εργαλείο για την παρακολούθηση αλλαγών, λίγες είναι οι εργασίες που αναφέρονται μόνο στην ομάδα των νηματωδών μελετώντας τους κυρίως στο επίπεδο του γένους (Mirto et al. 2002, Vezzulli et al. 2008a) και ακόμα λιγότερες είναι οι εργασίες στο επίπεδο του είδους (Mahmoudi et al. 2008).

#### **1.4. Σκοπός και Στόχοι**

Τα τελευταία 15 περίπου χρόνια γίνεται μια προσπάθεια ώστε να διαπιστωθεί εάν η μειοπανίδα αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για την παρακολούθηση των επιπτώσεων των υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον. Αρκετές μελέτες έχουν γίνει, ιδιαίτερα στην Δυτική Μεσόγειο, χρησιμοποιώντας ως βιολογικό δείκτη την απόκριση της συνολικής μειοπανίδας στις ενδεχόμενες περιβαλλοντικές αλλαγές, ενώ λίγες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη μελέτη μόνο των νηματωδών. Στην Ανατολική Μεσόγειο από την άλλη, ελάχιστες είναι οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για την χρησιμότητα της συνολικής μειοπανίδας ως εργαλείο

μελέτης των επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργειών, ενώ οι νηματώδεις έχουν απλά αναφερθεί ως ένα από τα στοιχεία της μειοπανίδας χωρίς να τους δίνεται κάποια ιδιαίτερη έμφαση.

Στην παρούσα εργασία λοιπόν, σκοπός είναι η μελέτη της δυναμικής της βιοκοινωνίας των νηματωδών εξαιτίας της δράσης των ιχθυοκαλλιεργειών σε δύο περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου. Προς τούτο, πραγματοποιήθηκαν εποχικές δειγματοληψίες τους μήνες Ιούλιο, Μάρτιο και Οκτώβριο σε δύο μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας. Πιο συγκεκριμένα, οι βασικοί στόχοι της εργασίας είναι να αξιολογηθεί η χρονική και χωρική διακύμανση όσον αφορά:

1. την αφθονία των νηματωδών
2. τη δομή της βιοκοινωνίας τους και τη διάρθρωσή τους σε τροφικές ομάδες
3. την απόκριση των υπαρχόντων ειδών στην αύξηση της εισροής οργανικού υλικού στο ίζημα από τους ιχθυοκλωβούς.

Η απάντηση στα ερωτήματα των παραπάνω στόχων θα επιτρέψει την διεξαγωγή συμπερασμάτων για το αν υπάρχει σχέση μεταξύ της παρουσίας των ιχθυοκλωβών και της βιοκοινωνίας των νηματωδών που βρίσκεται κάτω, αλλά και σε κάποια απόσταση από αυτούς. Επίσης θα μας επιτρέψει να διαπιστώσουμε αν οι νηματώδεις, μπορούν να θεωρηθούν χρήσιμο εργαλείο για τη μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργειών.



## 2. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1. Περιοχή δειγματοληψίας

Η εργασία που ακολουθεί αναφέρεται σε δύο ιχθυοκαλλιέργειες που βρίσκονται σε δύο διαφορετικές περιοχές. Η πρώτη περιοχή που θα συζητηθεί θα καλείται MD1 περιοχή και η δεύτερη περιοχή θα καλείται MD3. Λόγω μιας συμφωνίας που έχει υπογραφεί με τους ιδιοκτήτες των συγκεκριμένων μονάδων, δε θα παρουσιαστούν χάρτες και δε θα αναφερθούν ονομαστικά οι περιοχές στις οποίες βρίσκονται. Πιο συγκεκριμένα, οι κλωβοί της ιχθυοκαλλιέργειας MD1 βρίσκονται πίσω από μία μικρή χερσόνησο που παρέχει προστασία από τους επικρατείς βόρειους ανέμους και εξαιτίας της σχετικά χαμηλής ταχύτητας του ρεύματος, είναι δύσκολο να ξεπλυθεί ο βυθός της περιοχής. Τέλος, το βάθος κάτω από τους κλωβούς είναι μεταξύ 11 και 15 μέτρα.

Οι κλωβοί της ιχθυοκαλλιέργειας MD3 βρίσκονται σε ένα ημίκλειστο κόλπο ο οποίος εκτίθεται μόνο σε ανατολικούς ανέμους οι οποίοι ωστόσο είναι σχετικά σπάνιοι. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή ταχύτητα ρεύματος και προς τα ανατολικά ο βυθός είναι αρκετά απότομος, αφού σε απόσταση περίπου 50 μέτρα από τους κλωβούς το βάθος γίνεται μεγαλύτερο από 50 μέτρα, ενώ κάτω από τους κλωβούς το βάθος είναι μεταξύ 16 και 22 μέτρα. Στον **Πίνακα 1** που ακολουθεί παραθέτονται κάποιες γενικές πληροφορίες που αφορούν τις δύο ιχθυοκαλλιέργειες.

**Πίνακας 1.** Γενικές πληροφορίες για τις δύο μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας

Μονάδα	Εύρος βαθών (m)	Προστασία από ανέμους	Καλλιεργούμενα είδη	Βιομάζα εκτρεφόμενων ψαριών (τόνους)	Παροχή τροφής (τόνους)
MD1	11 - 15	Ναι	Sa, Dl, Lm, Dp, Bb	I: 1206, M: 1056, O: 583	I: 224, M: 58, O:134
MD3	16 - 22	Ναι	Dl	I: 204, M: 293, O: 277	I: 62, M: 30, O:84

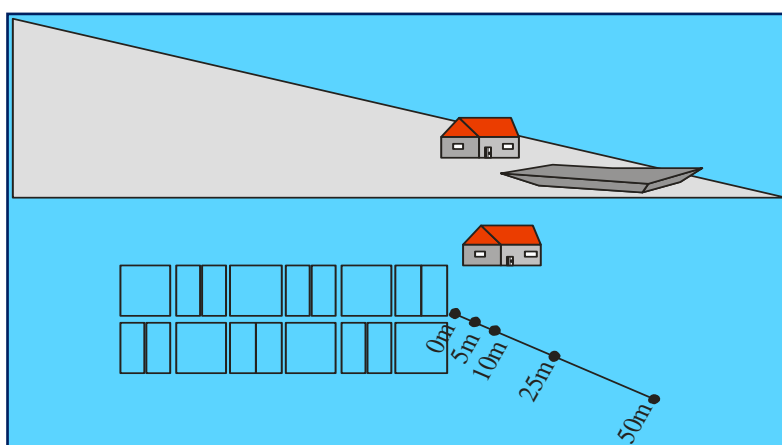
\* Dl: *Dicentrarchus labrax*, Sa: *Sparus aurata*, Bb: *Boops boops*, Lm: *Lithognathus mormyrus*, Dp: *Diplodus ptunazzo*  
I: Ιούλιος, M: Μάρτιος, O: Οκτώβριος

Η μελέτη αυτή αποτέλεσε τμήμα του προγράμματος “MERAMED: Development of monitoring guidelines and modeling tools for environmental effects from Mediterranean aquaculture” το οποίο χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή

Επιτροπή μέσω του 5<sup>ου</sup> προγράμματος - πλαισίου “Quality Of Life and management of living Resources” (Σύμβαση Q5RS-200 – 31779).

## 2.2. Στρατηγική δειγματοληψίας

Η στρατηγική δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε και στις δύο περιοχές ήταν αυτή της εποχικής δειγματοληψίας και της κατά μήκος διατομής. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν τρεις εποχικές δειγματοληψίες η πρώτη έγινε τον Ιούλιο του 2001, η δεύτερη τον Μάρτιο του 2002 και η τρίτη τον Οκτώβριο του 2002. Η διατομή που επιλέχτηκε αποτελούταν από τέσσερις σταθμούς κατά μήκος της κατεύθυνσης των κύριων ρευμάτων, σε απόσταση 0, 5, 25 και 50 μέτρων από την άκρη των κλωβών (Σχήμα 2.2.1) και από ένα σταθμό μάρτυρα, που στην περίπτωση της περιοχής MD1 βρισκόταν σε απόσταση 150 μέτρων από τους κλωβούς ενώ στην περιοχή MD3 βρισκόταν σε απόσταση 2.8 χιλιομέτρων από τους κλωβούς. Πιο συγκεκριμένα, για το σταθμό μάρτυρα έγινε προσπάθεια να τοποθετηθεί σε βάθος ανάλογο με αυτό των κλωβών καθώς και να έχει παρόμοιο τύπο υποστρώματος καθώς και όσο το δυνατόν παρόμοιας κοκκομετρικής σύστασης ιζήματος.



**Σχήμα 2.2.1.** Οι σταθμοί κατά μήκος της κατεύθυνσης των κύριων ρευμάτων, σε απόσταση 0, 5, 25 και 50 μέτρων από την άκρη των κλωβών.

### **2.2.1 Διαδικασία δειγματοληψίας**

Η συλλογή των δειγμάτων και στις δύο περιοχές πραγματοποιήθηκε με δύο τρόπους. Είτε με τη χρήση Smith & McIntyre αρπάγης, είτε λήφθηκαν απευθείας από δύτες με τη χρήση πυρηνοληπτών διαμέτρου 4.4 εκατοστών. Ειδικότερα, τον Ιούλιο τα δείγματα από τους σταθμούς 0 και 5 πάρθηκαν από δύτες ενώ τα δείγματα των σταθμών 25, 50 και του σταθμού μάρτυρα λήφθηκαν με την αρπάγη Smith & McIntyre, ενώ τον Μάρτιο και τον Οκτώβριο όλα τα δείγματα πάρθηκαν από δύτες.

Συνολικά από κάθε σταθμό και κάθε εποχή λήφθηκαν 2-5 επαναληπτικά δείγματα (replicates). Αμέσως μετά την άνοδο των δειγματοληπτών στο κατάστρωμα του πλοίου τα δείγματα μεταφέρονταν στο εργαστήριο του σκάφους για συντήρηση και αποθήκευση. Πρώτα απ' όλα γίνονταν διαχωρισμός σε κάθετα τμήματα. Οι μειοβενθικοί οργανισμοί ζούνε σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον και έτσι εκτός από την οριζόντια διάσταση υπάρχει και η κατακόρυφη διάσταση μέσα στο ίζημα. Ο διαχωρισμός σε κάθετα τμήματα έγινε ως εξής: 0-1, 1-2, 2-3, 3-4 και 4-5 εκατοστά, όμως στην παρούσα εργασία αναλύθηκαν μόνο τα δύο πρώτα εκατοστά από δύο μόνο επαναληπτικά δείγματα. Μετά το διαχωρισμό των κάθετων τμημάτων, το ίζημα τοποθετούταν σε κατάλληλα δοχεία με ετικέτες και στη συνέχεια προστίθετο διάλυμα φορμόλης 4 - 5%. Επιπλέον, σε κάθε σταθμό λαμβάνονταν ανεξάρτητα δείγματα ιζήματος για την εργαστηριακή ανάλυση των φυσικοχημικών παραμέτρων, όπως των γεωλογικών, των θρεπτικών, της χλωροφύλλης, των φαιοχρωστικών και του δυναμικού οξειδοαναγωγής.

### **2.3. Εργαστηριακές Τεχνικές**

#### **2.3.1. Διαχωρισμός ιζήματος – πανίδα**

Στη διαδικασία αυτή διαχωρίζεται το ίζημα από την πανίδα με τη βοήθεια ενός κόσκινου με διάμετρο πόρων 45 μm. Το δείγμα τοποθετούταν πάνω στο κόσκινο των 45 μm και ξεπλενόταν με άφθονο νερό μέχρι να απομακρυνθούν όλα τα μέρη του ιζήματος. Αμέσως μετά, το εναπομείναν υλικό του δείγματος συγκεντρώνονταν στην άκρη του κόσκινου μέχρις ότου απομακρυνθεί όλη η ποσότητα του νερού.

Ακολουθως, διαχωρίζονταν οι οργανισμοί από το ίζημα. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν μία παραλλαγή της μεθόδου των de Jonge & Bouwman (1977), κατά την οποία το υπόλοιπο υλικό του δείγματος που ήταν στο κόσκινο ξεπλενόταν σε ένα δοχείο 50 ml, το οποίο περιείχε ένα πολυμερές, το Ludox TM με ειδική πυκνότητα 1.15. Η ειδική πυκνότητα αυτή είναι ενδιάμεση της πυκνότητας των νηματωδών (Wieser 1960) και του εναπομείναντος ιζήματος ( $d=1.13$ ), με αποτέλεσμα οι οργανισμοί να επιπλέουν στο υπερκείμενο ενώ αντίθετα οι κόκκοι του ιζήματος να καθιζάνουν. Στη συνέχεια, το μείγμα αναδευόταν ισχυρά και παρέμενε σε ηρεμία για 1 ώρα ώστε να συγκεντρωθούν οι οργανισμοί στη επιφάνεια και να συλλεχθούν. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβανόταν 3 φορές (Austen and Warwick 1989). Στο τέλος, οι οργανισμοί που συλλέγονταν τοποθετούταν σε μικρά δοχεία με ένα μίγμα φορμόλης 5% και Rose Bengal (0.5 g/l), το οποίο βοηθάει στη διατήρησή και τη χρώση τους για ευκολότερη παρατήρηση στο στερεοσκόπιο.

### **2.3.2. Κατασκευή μονίμων παρασκευασμάτων**

Τα δείγματα μετά την αφαίρεση του ιζήματος τοποθετούταν σε ένα κατάλληλο δίσκο (Bogoron tray) για καταμέτρηση. Οι νηματώδεις που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν για περεταίρω ταξινομική μελέτη (περίπου 60 άτομα ανά δείγμα), αφαιρούταν από το δίσκο με μία λεπτή εντομολογική βελόνα και μεταφέρονταν σε ειδικές κοίλες αντικειμενοφόρους πλάκες, οι οποίες περιείχαν ένα διάλυμα αφυδάτωσης (7 % γλυκερίνη, 5 % άνυδρη αλκοόλη, 90 % γλυκό νερό).

Για να γίνει ο προσδιορισμός των νηματωδών, κατασκευάστηκαν μόνιμα παρασκευάσματα. Στο διάλυμα της αφυδάτωσης παρέμεναν έως ότου εξατμιστεί όλη η ποσότητα της αλκοόλης και το νερού, ώστε τελικά οι νηματώδεις να βρίσκονται μέσα σε καθαρή γλυκερίνη.

Κατά το επόμενο στάδιο προπαρασκευάζονταν οι αντικειμενοφόροι. Δημιουργούταν ένα δακτυλίδι από καθαρή παραφίνη με την βοήθεια ενός μεταλλικού σωλήνα διαμετρήματος 14 mm στο κέντρο κάθε αντικειμενοφόρου. Ο μεταλλικός σωλήνας θερμαίνονταν καλά στην φλόγα ενός εργαστηριακού λύχνου και τοποθετούνταν για 1 δευτερόλεπτο περίπου επάνω στην επιφάνεια καθαρής παραφίνης. Αμέσως μετά τοποθετούνταν στο κέντρο της αντικειμενοφόρου με

αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός δακτυλιδιού. Στο κέντρο αυτού του δακτυλιδιού τοποθετούνταν μέσα σε μία μικρή σταγόνα γλυκερίνης 10 - 15 νηματώδεις, με τη βοήθεια της εντομολογικής βελόνας και τέλος, τοποθετούνταν από πάνω η καλυπτρίδα με προσοχή και δίπλα η ετικέτα με τις πληροφορίες (**Σχήμα 3.2.1**). Στο τέλος η αντικειμενοφόρος θερμαινόταν για να λιώσει πάλι η παραφίνη και αφηνόταν σε οριζόντια θέση έως ότου πήξει, έτσι ώστε οι νηματώδεις να εγκλωβιστούν αεροστεγώς μεταξύ αντικειμενοφόρου και καλυπτρίδας.



**Σχήμα 3.2.1.** Ένα ολοκληρωμένο μόνιμο παρασκευάσμα. Η καλυπτρίδα με το δακτυλίδι παραφίνης και τους νηματώδεις αεροστεγώς κλεισμένους μέσα και στα αριστερά η ετικέτα με τις πληροφορίες του παρασκευάσματος.

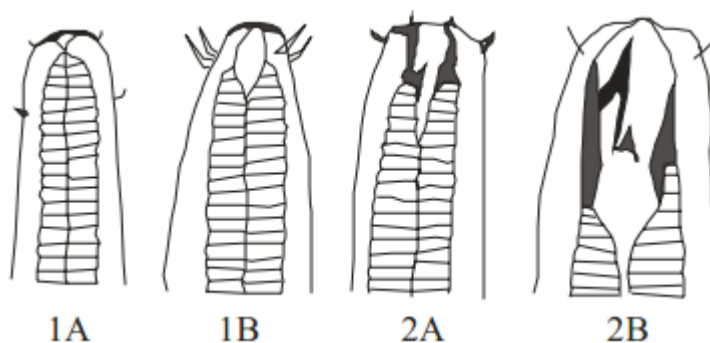
### 2.3.3. Προσδιορισμοί

Οι νηματώδεις προσδιορίστηκαν στο επίπεδο του είδους σε ένα οπτικό μικροσκόπιο τύπου Leica DM LS, με καταδυτικό φακό μεγέθυνσης x100. Στον προσδιορισμό χρησιμοποιήθηκε η κλειδα που αναπτύχθηκε από τους Platt and Warwick (1983, 1988) και Warwick et al. (1998), η οποία περιέχει όλα τα γνωστά γένη των ελεύθερων θαλάσσιων μορφών καθώς επίσης και η κατάλληλη βιβλιογραφία με περιγραφές ειδών τόσο από τη Μεσόγειο όσο και από την ευρύτερη περιοχή της Ευρωπαϊκής και Ασιατικής ηπείρου. Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως η συστηματική των νηματωδών βασίζεται ως επί το πλείστον στα αρσενικά άτομα.

### 2.3.4. Τροφικοί τύποι

Όλοι οι νηματώδεις που προσδιορίστηκαν, κατατάχθηκαν επίσης και σε τροφικούς τύπους σύμφωνα με τον Wieser (1960), ο οποίος πρότεινε πως η μορφολογία της στοματικής κοιλότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατάταξη των νηματωδών σε τέσσερις τροφικούς τύπους με ίδιες διατροφικές συνήθειες (**Σχήμα 3.3.2**): 1A: πολύ μικρή ή καθόλου στοματική κοιλότητα, 1B:

μεσαία ως μεγάλη στοματική κοιλότητα χωρίς οπλισμό (δόντια κ.τ.λ), 2A: Μικρή ως μέτρια στοματική κοιλότητα με δόντι και, 2B: μεγάλη στοματική κοιλότητα με μεγάλο και ισχυρό οπλισμό (δόντια, σιαγόνες κ.τ.λ).



**Σχήμα 3.3.2.** 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 πάνω στους κόκκους του ιζήματος (epistrate feeders), και 2B: άρπαγες – παμφάγοι (omnivores – predators)

Ο ίδιος ο Wieser (1953), πρότεινε τέσσερις διαφορετικούς λειτουργικούς τύπους οι οποίοι αντιστοιχούν στις διαφορετικές στοματικές κοιλότητες: 1A: επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι (selective deposit feeders), 1B: μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι (non-selective deposit feeders), 2A: νηματώδεις που τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα η οποία αναπτύσσεται πάνω στους κόκκους του ιζήματος (epistrate feeders), και 2B: άρπαγες – παμφάγοι (omnivores – predators).

### 2.3.5. Περιβαλλοντικές παράμετροι

#### 2.3.5.1. Ανάλυση ιζήματος

Για την ανάλυση της κοκκομετρικής σύστασης του ιζήματος, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος που περιγράφεται από τον Buchanan (1984). Η ανάλυση περιελάμβανε υγρό κοσκίνισμα με απιονισμένο νερό σε κόσκινο 63  $\mu\text{m}$  για το διαχωρισμό του κλάσματος της άμμου από αυτό της ιλύος – αργίλου. Στη συνέχεια, το μεν αδρό κλάσμα ξηραίνονταν και κοσκινίζονταν από μια σειρά κόσκινα από -2φ (4mm) έως 4φ (63  $\mu\text{m}$ ) ανά 0.5φ (όπου φ ο αρνητικός λογάριθμος της διαμέτρου με βάση το 2).

Τα μέρη του ιζήματος που συγκρατούνταν σε κάθε κόσκινο ζυγίζονταν, ενώ το λεπτό κλάσμα (με διάμετρο μικρότερη από 63 μm) υποβάλλονταν σε ανάλυση με τη χρήση πιπέτας.

Η σύσταση του ιζήματος είναι μια πολυδιάστατη μεταβλητή και τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται περισσότερο για την περιγραφή του είναι η μέση διάμετρος των κόκκων (ΜΔ) και το ποσοστό ιλύος – αργίλου (%), τα οποία δείχνουν πόσο λεπτό ή πόσο αδρό είναι κατά μέσο όρο το ίζημα, ο συντελεστής διαλογής ( $\sigma_1$ ) που είναι ένα μέτρο του βαθμού διασποράς του μεγέθους των κόκκων του και η λοξότητα ( $Sk_1$ ) που είναι δείκτης του βαθμού ασυμμετρίας.

Έτσι, η τιμή της μέσης διαμέτρου (ΜΔ) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$ΜΔ = 2^{-\phi_{50}}$$

Ο συντελεστής διαλογής υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

Ο συντελεστής λοξότητας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Sk_1 = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

Κατά την King (1972), ο συντελεστής λοξότητας είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για τη διάγνωση του καθεστώτος καθίζησης. Έτσι, περιβάλλοντα υψηλής ενέργειας, όπως είναι για παράδειγμα τα παράκτια, εμφανίζουν αρνητική λοξότητα, λόγω αδυναμίας των λεπτότερων σωματιδίων να καθιζάνουν, ενώ αντίθετα, καλά προστατευμένες περιοχές παρουσιάζουν θετική λοξότητα.

Οι τιμές του  $\sigma_1$  χαρακτηρίζουν το ίζημα αντιστοίχως ως εξής:

<0.35	Πολύ καλά ταξινομημένο
0.35-0.50	Καλά ταξινομημένο
0.50-0.71	Μετρίως καλά ταξινομημένο
0.71-1.00	Μέτρια ταξινομημένο
1.00-2.00	Ανεπαρκώς ταξινομημένο
2.00-4.00	Πολύ ανεπαρκώς ταξινομημένο
>4.00	Άκρως ανεπαρκώς ταξινομημένο

Καλή ταξινόμηση, αποτελεί ένδειξη ότι ο υδροδυναμισμός (κυματισμός, θαλάσσια ρεύματα κ.τ.λ), έχει επεξεργαστεί σε μεγάλο βαθμό το ίζημα ενώ ανεπαρκής ταξινόμηση σημαίνει είτε το αντίθετο, είτε πως υπάρχει εναπόθεση νέου ιζήματος.

#### 2.3.5.2. Οργανικός άνθρακας, χλωροφύλλη α και φαιοχρωστικές

Ο οργανικός άνθρακας δίνει την εικόνα της ποσότητας της τροφής, είτε της ζωντανής είτε της νεκρής, που υπάρχει στο σύστημα. Ωστόσο, η μέτρηση του οργανικού άνθρακα μπορεί να δώσει λανθασμένες πληροφορίες για το παραγωγικό δυναμικό μιας περιοχής αφού μεγάλο μέρος του οργανικού άνθρακα μπορεί να είναι δεσμευμένο με τη μορφή τεμαχίων κάρβουνου, κάτι που δεν είναι βιοδιαθέσιμο στα βακτήρια, άρα ούτε στους υπόλοιπους οργανισμούς. Η ποσότητα του οργανικού άνθρακα στα ιζήματα κυμαίνεται από <0.1% έως > 30% (Byers et al. 1978). Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την ανάλυση του οργανικού άνθρακα περιγράφεται από του Hedges and Stern (1984) με τη χρήση του αναλυτή Perkin Elmer CHN 2400.

Μια άλλη μέθοδος εκτίμησης της διαθέσιμης τροφής στο ίζημα η οποία μπορεί να θεωρηθεί καλύτερη από τον οργανικό άνθρακα, είναι η χλωροφύλλη α καθώς και το συνολικό άθροισμα (CPE) της χλωροφύλλης και των διαφόρων φαιοχρωστικών που υπάρχουν στο ίζημα. Οι ποσότητες αυτές έχει βρεθεί πολλές φορές να συσχετίζονται θετικά με τις μειοβενθικές αφθονίες (Soetaert et al. 1991, Thiel et al. 1987).

Σύμφωνα με τη μέθοδο που περιγράφεται από τους Yentsch and Menzel (1963) και Lorenzen and Jeffrey (1980) προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης α και των διάφορων φαιοχρωστικών, με τη χρήση ενός φθοριόμετρο τύπου Turner 112. Έχοντας τις συγκεντρώσεις των δύο παραπάνω, μπορούμε να υπολογίσουμε και το άθροισμα τους που εκφράζει το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών (Chloroplast Pigment Equivalent) ή CPE, το οποίο μας δίνει μια ένδειξη συνολικής ποσότητας πρόσφατης και παλαιότερης φυτικής βιομάζας (Basford and Eleftheriou 1988).



## 2.4. Ανάλυση δεδομένων

### 2.4.1. Έλεγχοι υποθέσεων

Οι διάφοροι έλεγχοι υποθέσεων για την ύπαρξη τυχόν χωρικών ή χρονικών διαφόρων πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) με έναν ή με δύο παράγοντες ανάλογα με την περίπτωση, ενώ για τον έλεγχο της ομοιογένειας των διασπορών χρησιμοποιήθηκε το τεστ του Barlett. Πριν από την ανάλυση, εφαρμόστηκε σε όλα τα δεδομένα των αφθονιών και των δεικτών ποικιλότητας  $\text{Log}_{10}(\chi+1)$  μετασχηματισμός, ενώ στα περιβαλλοντικά δεδομένα και τους τροφικούς τύπους εφαρμόστηκε μετασχηματισμός τετραγωνικής ρίζας. Στην περίπτωση που η ANOVA υποδείκνυε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών, τότε ακολουθούσε εκ των υστέρων έλεγχος (a posteriori), με πολλαπλές ζευγαρωτές συγκρίσεις χρησιμοποιώντας τη διαδικασία του Tukey HSD.

#### 2.4.1.1. Μέθοδος για το συντελεστή συσχέτισης του Pearson

Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson  $r$ , υπολογίζει γραμμικές συσχετίσεις ανάμεσα σε κάθε πιθανό ζεύγος των μεταβλητών που θέλουμε να ελέγξουμε και υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

Θα πρέπει εδώ να τονιστεί πως η εύρεση συσχέτισης δε σημαίνει απαραίτητα και σχέση αιτίου αποτελέσματος. Μπορεί να σημαίνει απλά την ύπαρξη κάποιου τρίτου παράγοντα ο οποίος επηρεάζει και τις δύο μεταβλητές. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε στην περίπτωση που θέλαμε να βρούμε τις σχέσεις μεταξύ διαφόρων περιβαλλοντικών παραγόντων όπου οι γραμμικές σχέσεις είναι αναμενόμενες, όπως ανάμεσα στις τιμές της χλωροφύλλης  $a$ , των φαιοχρωστικών και του CPE. Αντίθετα, στην περίπτωση των βιολογικών δεδομένων όπου οι συναρτήσεις που περιγράφουν τις διάφορες σχέσεις δεν είναι πάντα γραμμικές, τότε οι μέθοδος αυτή δεν είναι κατάλληλη αλλά προτιμάται η μέθοδος για το συντελεστή του Spearman. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε ανάμεσα στα φυσικοχημικά και στα πανιδικά δεδομένα.

#### 2.4.1.2. Μέθοδος για το συντελεστή συσχέτισης του Spearman

Ο μη παραμετρικός συντελεστής συσχέτισης του Spearman, χρησιμοποιείται όταν δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι η δυσδιάστατη μεταβλητή που εξετάζουμε ακολουθεί την κανονική κατανομή. Και σε αυτήν την περίπτωση τα δεδομένα κατατάσσονται και πάλι σε τάξη και στη συνέχεια υπολογίζονται τα αθροίσματα των τάξεων.

#### 2.4.2. Ανάλυση ποικιλότητας

Η ποικιλότητα μιας βιοκοινωνίας καθορίζεται από δύο στοιχεία: α) τον αριθμό των ειδών και β) τη σχετική αφθονία ειδών. Στην οικολογία, οι περισσότερες μελέτες όταν αναφέρονται στην ποικιλότητα, αναφέρονται συνήθως στον αριθμό των ειδών. Όμως ο αριθμός των ειδών από μόνος του δεν μπορεί να περιγράψει καλά τη δομή της βιοκοινωνίας μιας και ο αριθμός των ατόμων μέσα σε κάθε είδος διαφέρει. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφοροι δείκτες ποικιλότητας οι οποίοι λαμβάνουν υπ' όψιν τους και το βαθμό της ισομερούς κατανομής.

Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε η σειρά των αριθμών του Hill ( $N_0$ ,  $N_1$ ,  $N_2$  και  $N_{inf}$ ) η οποία θεωρείται ως ένα ενοποιητικό μοντέλο για όλους τους δείκτες ποικιλότητας που έχουν προταθεί (Legendre and Legendre 1983).

Η σειρά αυτή των αριθμών του Hill υπολογίζεται από 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 των 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 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  $N_1, N_2$  βρίσκονται ανάμεσα σε αυτό το φάσμα.

### 2.4.3. Πολυμεταβλητή ανάλυση

Τα πανιδικά δεδομένα έχουν τη μορφή πολυδιάστατων μεταβλητών με αποτέλεσμα κάποιες πληροφορίες, όπως είναι η σύνθεση των ειδών ή η διάρθρωση σε λειτουργικούς τύπους, να χάνεται όταν επιχειρείται μια μονοδιάστατη προσέγγιση στα δεδομένα. Έτσι, είναι πιθανόν, βιοκοινωνίες που έχουν πανομοιότυπη σύνθεση ειδών να βρούμε ότι διαφέρουν, κάτι που δεν είναι απαραίτητο ότι αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές πολυμεταβλητής ανάλυσης όπως είναι για παράδειγμα η διευθέτηση (ordination), που οδηγεί σε δυοδιάστατη απεικόνιση καρτεσιανών συντεταγμένων.

Οι περισσότερες από αυτές τις τεχνικές βασίζονται στον υπολογισμό της ομοιότητας των δεδομένων αφθονίας ανάμεσα σε διαφορετικά δείγματα. Ο πιο κατάλληλος δείκτης για τα θαλάσσια δεδομένα είναι ο δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis (Bray and 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

$\delta_{jk}$  = η ανομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων  $j$  και  $k$  αθροισμένη για όλα τα  $S$  είδη

Συνήθως οι τεχνικές αυτές εκτός από την ομοιότητα υπολογίζουν ταυτόχρονα και την ανομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων, η οποία είναι ακριβώς το αντίθετο. Η ανομοιότητα δηλώνει 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 κατά πόσο κοντά ή μακριά βρίσκονται τα διάφορα δείγματα μεταξύ τους. 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.

#### 2.4.3.1. Ανάλυση ομοιότητας (Analysis of similarity, ANOSIM)

Το test ANOSIM (Clarke and Green 1988), χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί αν υπάρχουν διαφορές των ομάδων σταθμών με τα κοινά είδη. 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 μια 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 διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις άλλες τιμές του R (Clarke and Warwick 1994).

#### 2.4.3.2. Διευθέτηση (Multi-dimensional Scaling, MDS)

Η διευθέτηση δημιουργεί ένα διάγραμμα όπου απεικονίζονται τα δείγματά μας σε έναν καθορισμένο αριθμό διαστάσεων (συνήθως δύο). Το πόσο πετυχημένη είναι τελικά η απεικόνιση των σημείων μετράται με ένα μέγεθος το οποίο ονομάζεται stress. Για να είναι επιτυχημένη μια απεικόνιση πρέπει η τιμή του stress να είναι σχετικά μικρή. Έτσι, τιμή stress  $<0.05$  δίνει μια σχεδόν άριστη απεικόνιση των δεδομένων χωρίς την πιθανότητα παρερμηνείας. Τιμή stress  $<0.1$  δίνει καλή απεικόνιση με πολύ μικρή πιθανότητα να γίνει παρερμηνεία των αποτελεσμάτων,

ενώ όταν η τιμή του stress είναι  $<0.2$  τότε οι απεικονίσεις που δημιουργούνται, αν και μπορούν να βοηθήσουν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, θα πρέπει ωστόσο να χρησιμοποιούνται με προσοχή, ιδιαίτερα αν η τιμή είναι πιο κοντά στο 0.2. Τιμές  $> 0.2$  παράγουν απεικονίσεις που είναι επικίνδυνο να χρησιμοποιηθούν και τέλος, τιμές  $>0.35$  ουσιαστικά απεικονίζουν σημεία που είναι σχεδόν τυχαία τοποθετημένα πάνω στο διάγραμμα (Clarke 1993). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η τεχνική non-metric Multi-dimensional Scaling (NMDS), η οποία θα αναφέρεται στη συνέχεια απλά σαν MDS και είναι μια τεχνική που δεν προϋποθέτει κανονικότητα κατανομής και ομοιογένεια διασπορών (Clarke & Green 1988).

#### 2.4.3.3. Σύνθεση βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων με το λογισμικό BIO-ENV

Το λογισμικό BIO-ENV (Clarke and Ainsworth 1993), εξετάζει αν υπάρχουν σχέσεις ανάμεσα στα πανιδικά δεδομένα μιας βιοκοινωνίας και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Αρχικά τα δύο σύνολα των βιοτικών και αβιοτικών δεδομένων δέχονται ανεξάρτητους χειρισμούς (π.χ. μετασχηματισμό δεδομένων). Στη συνέχεια υπολογίζονται ανεξάρτητα οι μήτρες ομοιότητας τόσο των βιοτικών όσο και των αβιοτικών δεδομένων. Για τα βιοτικά δεδομένα χρησιμοποιείται συνήθως ο δείκτης Bray-Curtis ενώ οι αποστάσεις των αβιοτικών παραμέτρων υπολογίζονται γεωμετρικά (Ευκλείδειες αποστάσεις). Η μήτρα ομοιότητας των βιοτικών δεδομένων υπολογίζεται μονάχα μια φορά ενώ η μήτρα των αβιοτικών υπολογίζεται περισσότερες φορές. Για την ακρίβεια, υπολογίζονται όσοι ακριβώς είναι και οι πιθανοί συνδυασμοί των παραμέτρων και για κάθε επίπεδο πολυπλοκότητας. Κατά τη διαδικασία αυτή υπολογίζεται ένας συντελεστής συσχέτισης ( $\rho_w$ ) ανάμεσα στη μήτρα των βιοτικών παραμέτρων και τη μήτρα των αβιοτικών παραμέτρων που κατασκευάζεται κάθε φορά. Με αυτή τη διαδικασία επιλέγεται τελικά ένα υποσύνολο από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους το οποίο δίνει τη μεγαλύτερη συσχέτιση με τη μήτρα των βιοτικών δεδομένων. Αυτό το υποσύνολο είναι και εκείνο το οποίο εξηγεί καλύτερα τη συγκεκριμένη δομή της βιοκοινωνίας.

#### 2.4.3.4. Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών ειδών με το λογισμικό SIMPER

Το λογισμικό SIMPER χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών ειδών μέσα στις ομάδες που δημιουργήθηκαν από τα αποτελέσματα της διεύθησης. Η μέθοδος αυτή, υπολογίζει τη συμμετοχή του κάθε είδους ξεχωριστά στη συνολική μέση ανομοιότητα που υπάρχει μεταξύ δύο ομάδων δειγμάτων καθώς και τη συμμετοχή του κάθε είδους στη συνολική ομοιότητα που υπάρχει μέσα στην κάθε ομάδα. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνονται δύο πράγματα: πρώτον, χαρακτηρίζονται τα είδη στα οποία οφείλεται ο διαχωρισμός δειγμάτων σε διακριτές ομάδες και δεύτερον, ξεχωρίζονται εκείνα τα είδη που είναι τυπικά στην κάθε ομάδα, με την έννοια της μεγάλης συμμετοχής τους στην συνολική ομοιότητα μέσα στην ομάδα (Clarke 1993).

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

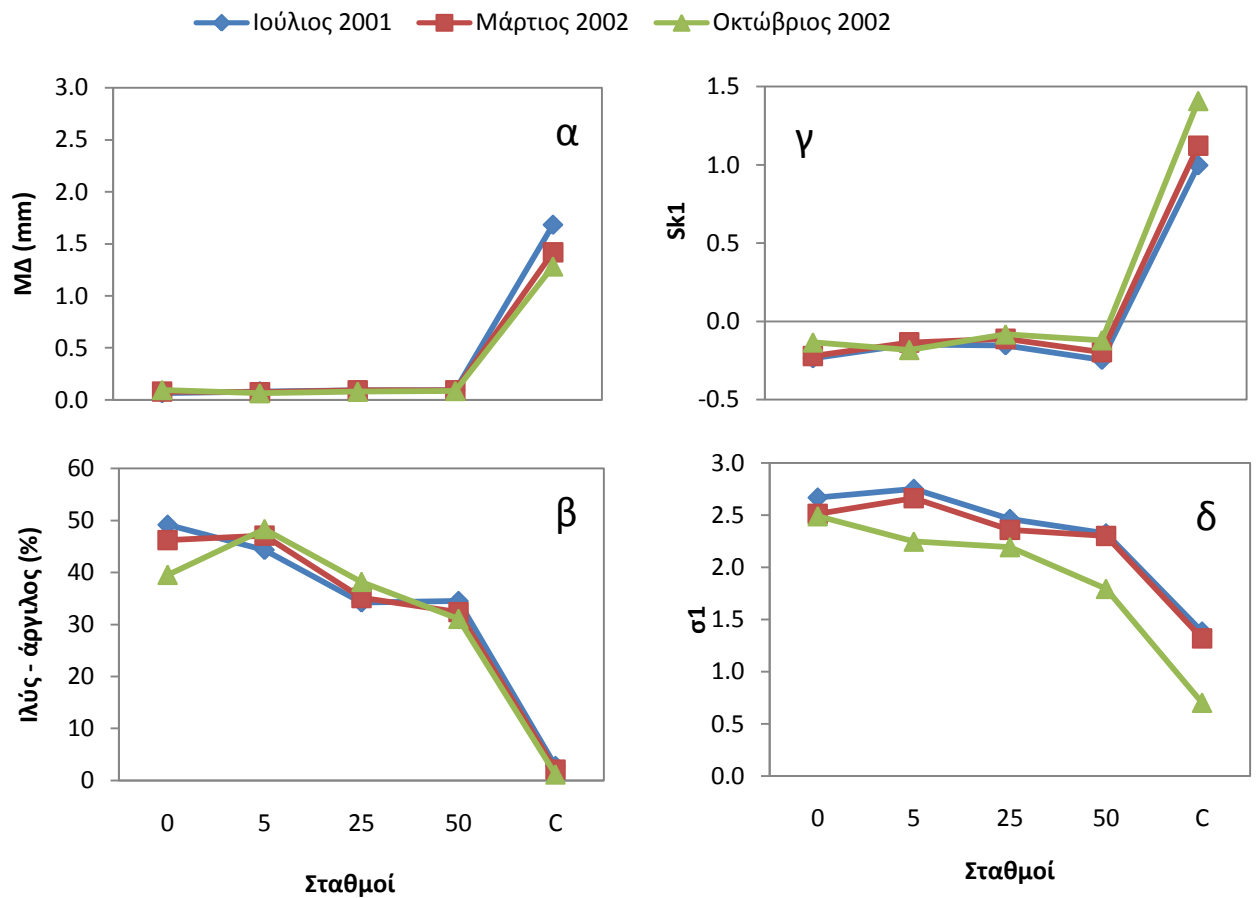
#### 3.1. Περιβαλλοντικές παράμετροι για την MD1 περιοχή.

##### 3.1.1. Θερμοκρασία

Το εύρος των τιμών της θερμοκρασίας του ιζήματος, που βρισκόταν στους σταθμούς υπό την επίδραση της ιχθυοκαλλιέργειας, κυμάνθηκε από 16,8 °C έως 25 °C. Αυτό που παρατηρήθηκε ήταν ότι κατά τους μήνες Ιούλιο και Οκτώβριο ο μέσος όρος της θερμοκρασίας ήταν 23 °C και 24 °C αντίστοιχα, ενώ το μήνα Μάρτιο η μέση θερμοκρασία ήταν 17 °C, χωρίς να φαίνεται κάποια ιδιαίτερη τάση αύξησης ή μείωσής της ανάμεσα στους σταθμούς. Στο σταθμό μάρτυρα (control), η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 17 °C έως 24 °C, με τη μικρότερη τιμή να είναι αυτή του Μαρτίου.

##### 3.1.2. Ίζημα

Το ίζημα στη MD1 περιοχή, στους σταθμούς που βρίσκονταν κοντά στους κλωβούς καλλιέργειας, αποτελούταν από λεπτόκοκκη άμμο, με μέση διάμετρο κόκκων 0,08 mm ενώ το ίζημα στο σταθμό μάρτυρα, αποτελούταν από χονδρόκοκκη άμμο με μέση διάμετρο κόκκων 1,46 mm. Γενικά, αυτό που φάνηκε ήταν ότι οι σταθμοί κοντά στους κλωβούς, είχαν παρόμοια σύσταση ιζήματος με μικρή μέση διάμετρο κόκκων, ενώ ο σταθμός μάρτυρας είχε συγκριτικά πολύ μεγαλύτερη μέση διάμετρο κόκκων (**Σχήμα 3.1.1 α**). Την αντίθετη εικόνα παρουσίασε το ποσοστό ιλύος – αργίλου (**Σχήμα 3.1.1 β**), το οποίο παρουσίασε μια τάση μείωσης συναρτήσει της αύξησης της απόστασης από τους ιχθυοκλωβούς, με μηδενικές σχεδόν τιμές στο σταθμό control. Στο σταθμό 0, φαίνεται να εμφανίζονται κάποιες εποχικές διαφορές, που πιθανόν να οφείλονται στη δράση της ιχθυοκαλλιέργειας. Στο **Σχήμα 3.1.1 γ** φαίνονται τα αποτελέσματα του συντελεστή λοξότητας ( $Sk_1$ ), όπου όλες οι τιμές για τους σταθμούς κοντά στους κλωβούς είναι αρνητικές, ενώ στο σταθμό control είναι θετικές και δεν παρατηρείται κάποια διαφορά ανάμεσα στις εποχές. Ο συντελεστής διαλογής ( $\sigma_1$ ) δείχνει ότι κοντά στους κλωβούς, τα ιζήματα χαρακτηρίζονται από πολύ ανεπαρκή ταξινόμηση ενώ εκείνα του σταθμού control από μέτρια ως ανεπαρκή ταξινόμηση (**Σχήμα 3.1.1 δ**).

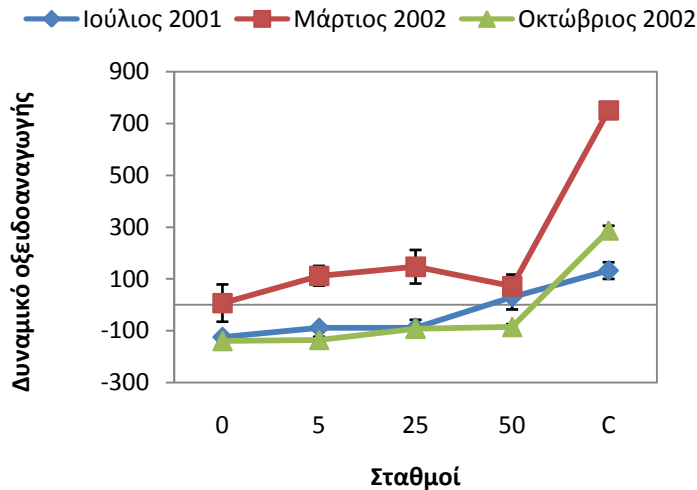


**Σχήμα 3.1.1** Διάγραμμα των διαφόρων χαρακτηριστήκαν του ιζήματος της περιοχής MD1: α) της μέσης διαμέτρου (ΜΔ), β) του ποσοστού ιλύος – άργιλου, γ) του συντελεστή λοξότητας ( $Sk_1$ ) και του συντελεστή διαλογής ( $\sigma_1$ ).

### 3.1.3. Δυναμικό οξειδοαναγωγής

Το δυναμικό οξειδοαναγωγής (**Σχήμα 3.1.2**) σε κάθε εποχή διέφερε μεταξύ των σταθμών (ANOVA,  $p < 0.05$ ) και συγκεκριμένα ο σταθμός μάρτυρας διέφερε από τους υπόλοιπους σταθμούς τους μήνες Μάρτιο και Οκτώβριο. Σταθερά αρνητικές τιμές σημειώθηκαν στους σταθμούς κοντά στους κλωβούς για τους μήνες Ιούλιο και Οκτώβριο, με εξαίρεση το σταθμό 50 του Ιουλίου όπου η τιμή του είναι θετική. Θετικές παρατηρήθηκαν οι τιμές για όλους τους σταθμούς το μήνα Μάρτιο.

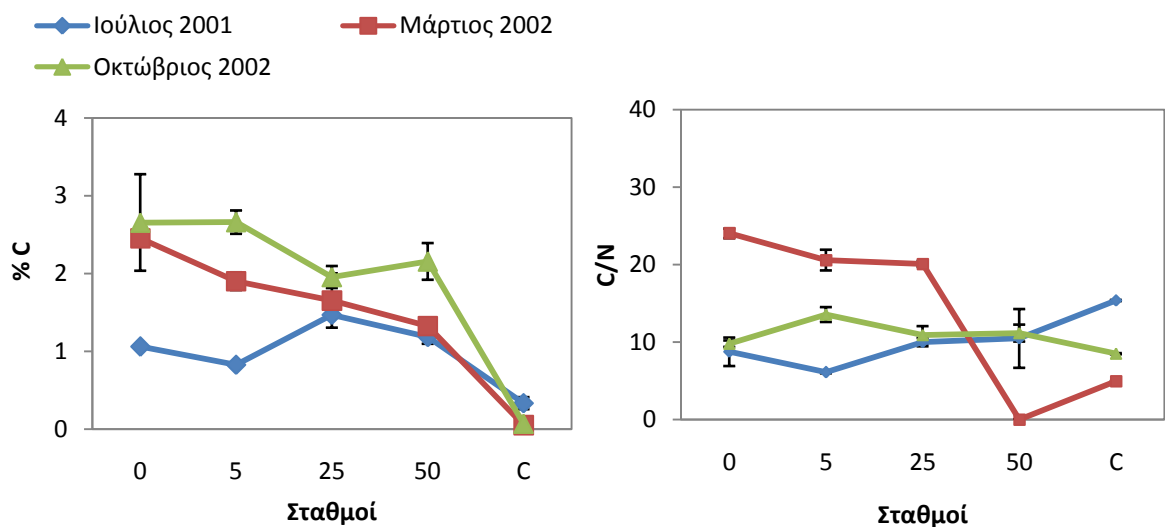




**Σχήμα 3.1.2.** Χωρική διακύμανση του δυναμικού οξειδοαναγωγής για τις διάφορες αποστάσεις από τους ιχθυοκλωβούς για τους μήνες Ιούλιο 2001, Μάρτιο 2002 και Οκτώβριο 2002.

### 3.1.4. Άνθρακας

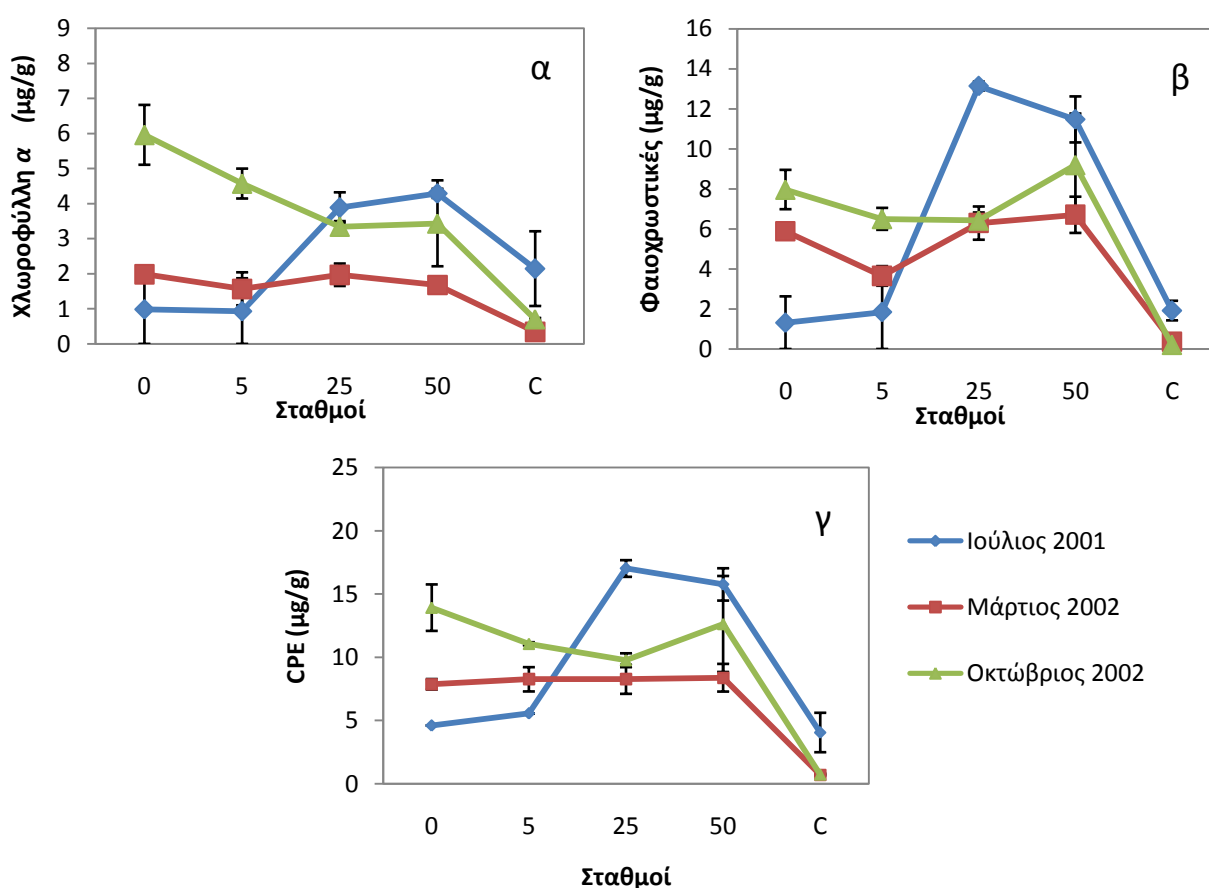
Η συγκέντρωση του άνθρακα στο ίζημα (**Σχήμα 3.1.3**) βρέθηκε ότι διέφερε στατιστικά σημαντικά σε κάθε εποχή μεταξύ των σταθμών (ANOVA,  $p < 0.001$ ), με μειωμένες τις τιμές του στο σταθμό μάρτυρα. Ο λόγος του άνθρακα προς το άζωτο τους μήνες Ιούλιο και Μάρτιο σημείωσε διαφορά μεταξύ των σταθμών (ANOVA,  $p < 0.001$ ), με το σταθμό μάρτυρα και το σταθμό 50 να διαφέρουν από τους υπόλοιπους. Αντιθέτως το μήνα Οκτώβριο δεν φαίνεται να υπάρχει σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς.



**Σχήμα 3.1.3.** Χωρική διακύμανση της συγκέντρωσης του άνθρακα (C) και του λόγου άνθρακα προς άζωτο (C/N) για τους μήνες Ιούλιο 2001, Μάρτιο 2002 και Οκτώβριο 2002.

### 3.1.5. Χλωροφυλλούχες χρωστικές

Οι τιμές της χλωροφύλλης  $\alpha$  στα πρώτα δύο εκατοστά του ιζήματος φάνηκε να διαφέρει τους και τους τρεις διαφορετικούς μήνες μεταξύ των σταθμών (ANOVA,  $p < 0.05$ ), και συγκεκριμένα ο σταθμός μάρτυρας διέφερε από τους υπόλοιπους σταθμούς τους μήνες Μάρτιο και Οκτώβριο, ενώ τον Ιούλιο οι σταθμοί 25 και 50 διέφεραν από τους υπόλοιπους. Παρατηρήθηκε μία τάση μείωσης της τιμής της σε συνάρτηση με απόσταση από τους ιχθυοκλωβούς τον Οκτώβριο, με το εύρος τιμών να κυμαίνεται από 0,7 έως 5,9  $\mu\text{g/g}$ . Το Μάρτιο οι τιμές ήταν σταθερές στους σταθμούς κοντά στους κλωβούς και μόνο στο σταθμό μάρτυρα φάνηκε μια τάση μείωσης, με το εύρος των τιμών να είναι από 0,3 έως 1,9  $\mu\text{g/g}$  (Σχήμα 3.1.4 α).



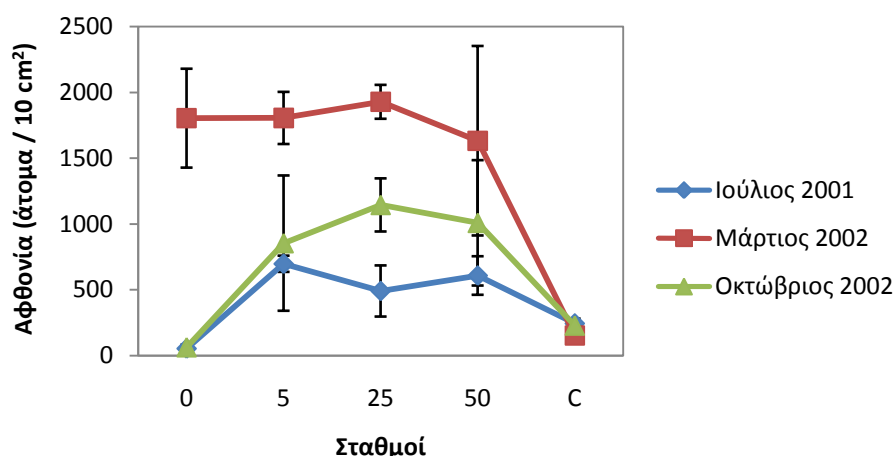
Σχήμα 3.1.4. Χωρική διακύμανση των τιμών α) της χλωροφύλλης  $\alpha$  (Chl  $\alpha$ ), β) των φαιοχρωστικών και γ) του CPE στα δύο πρώτα εκατοστά του ιζήματος (0-2 cm) για τους μήνες Ιούλιο 2001, Μάρτιο 2002 και Οκτώβριο 2002.

Οι τιμές των φαιοχρωστικών (Σχήμα 3.1.4 β) σημείωσαν στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς και τους τρεις διαφορετικούς μήνες (ANOVA,  $p < 0.001$ ), με τις μεγαλύτερες τιμές να παρατηρούνται στους ενδιάμεσους σταθμούς (25 και 50) με μέση τιμή 8,9  $\mu\text{g/g}$ , και τις μικρότερες τιμές στο σταθμό μάρτυρα με μέση τιμή 0,8  $\mu\text{g/g}$ .

Το άθροισμα των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης α και των φαιοχρωστικών (CPE), παρουσίασε ένα πρότυπο κατανομής παρόμοιο με αυτό των φαιοχρωστικών (Σχήμα 3.1.4 γ). Σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους σταθμούς και τους τρεις διαφορετικούς μήνες (ANOVA,  $p < 0.001$ ), όπου επίσης οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται στους ενδιάμεσους σταθμούς με μέση τιμή 11,9  $\mu\text{g/g}$ , και τις μικρότερες τιμές στο σταθμό μάρτυρα με μέση τιμή 1,8  $\mu\text{g/g}$ .

### 3.2. Κατανομή της αφθονίας των νηματωδών στην περιοχή MD1.

Η αφθονία των νηματωδών σημείωσε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς και τις τρεις εποχές, με τις μεγαλύτερες αφθονίες να παρατηρούνται το μήνα Μάρτιο. Η μέση τιμή της αφθονίας των σταθμών που βρίσκονταν κοντά στους κλωβούς για το Μάρτιο είναι 1792 άτομα/ $10\text{ cm}^2$ , ενώ μεγάλη μείωση της αφθονίας φαίνεται στο σταθμό μάρτυρα όπου η τιμή είναι 154 άτομα/ $10\text{ cm}^2$  (Σχήμα 3.2.1).



**Σχήμα 3.2.1.** Η αφθονία των νηματωδών στα δύο πρώτα εκατοστά του ιζήματος (0-2 cm) για τις διάφορες αποστάσεις από τους ιχθυοκλωβούς για τους μήνες Ιούλιο 2001, Μάρτιο 2002 και Οκτώβριο 2002.

Παρόμοιο παρουσιάζεται το πρότυπο μεταξύ των μηνών Ιουλίου και Οκτωβρίου όπου φαίνεται μια τάση αύξησης της αφθονίας στους ενδιάμεσους σταθμούς με μέση τιμή 598 άτομα/10 cm<sup>2</sup> και 1001 άτομα/10 cm<sup>2</sup> για τους μήνες Ιούλιο και Οκτώβριο αντίστοιχα. Ενώ πολύ χαμηλή παρατηρείται η αφθονία τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο για τον σταθμό 0, με τιμή περίπου 63 άτομα/10 cm<sup>2</sup> και για τους δυο μήνες. Επίσης, για τους ίδιους μήνες, η αφθονία στο σταθμό μάρτυρα βρέθηκε να είναι χαμηλή, με μέση τιμή 230 άτομα/10 cm<sup>2</sup> (Σχήμα 3.2.1).

### 3.3 Δομή της βιοκοινωνίας των νηματωδών στην περιοχή MD1.

Προσδιορίστηκαν συνολικά και για τις δύο περιοχές 5290 άτομα νηματωδών τα οποία άνηκαν σε 199 είδη. Συγκεκριμένα στην περιοχή MD1 προσδιορίστηκαν 2840 άτομα που άνηκαν σε 135 είδη. Στο σύνολο των ατόμων που προσδιορίστηκαν για την περιοχή MD1, τα οκτώ πιο άφθονα είδη, συγκεκριμένα τα *Daptonema sp.1*, *Odontophora sp.1*, *Desmodora sp.1*, *Marylynnia sp.1*, *Microlaimus sp.1*, *Terschellingia goubaultae*, *Terschellingia sp.3* και *Prochromadorella sp.1* αποτέλεσαν το 68% της συνολικής αφθονίας.

Στον σταθμό 0, ακριβώς κάτω από τους ιχθυοκλωβούς, βρέθηκαν 48 διαφορετικά είδη. Από αυτά, τα τρία πιο άφθονα είδη, *Daptonema sp.1*, *Paracanthochus sp.1* και *Prochromadorella sp.1* είχαν ποσοστό συμμετοχής 33%, 12% και 11% αντίστοιχα, αποτελώντας το 56% της συνολικής αφθονίας του συγκεκριμένου σταθμού (Πίνακας 2). Μια σημαντική ιδιαιτερότητα του σταθμού ήταν η ύπαρξη του δευτέρου κατά σειρά πιο άφθονου είδους (*Paracanthochus sp.1*), το οποίο δεν παρατηρείται σε κανένα από τους υπόλοιπους σταθμούς και επιπλέον ο πληθυσμός του είναι αυξημένος μόνο το Μάρτιο ενώ τον Ιούλιο δεν υπάρχει καθόλου.

Στο σταθμό 5, δηλαδή σε απόσταση 5 μέτρων από τους ιχθυοκλωβούς, βρέθηκαν 41 διαφορετικά είδη. Από αυτά, τα τρία πιο άφθονα είδη, *Daptonema sp.1*, *Odontophora sp.1* και *Marylynnia sp.1* είχαν ποσοστό συμμετοχής 39%, 11% και 8% αντίστοιχα, αποτελώντας το 58% της συνολικής αφθονίας του συγκεκριμένου σταθμού (Πίνακας 3).

**Πίνακας 2.** Κατανομή των 10 πιο άφθονων ειδών (άτομα/10cm<sup>2</sup>) του σταθμού 0 και τις τρεις εποχές για την περιοχή MD1.

Είδη	Ιούλιος 2001	Μάρτιος 2002	Οκτώβριος 2002	Σύνολο	%
Daptonema sp.1	17	1244	19	1279	33
Paracanthochus sp.1	0	456	5	461	12
Prochromadorella sp.1	7	398	18	423	11
Viscosia sp.1	18	291	2	312	8
Microlaimus sp.1	3	304	0	307	8
Terschellingia goubaultae	7	199	6	212	6
Anticoma sp.1	2	152	2	156	4
Thalassomonhystera sp.1	5	88	0	93	2
Odontophora sp.1	13	38	27	79	2
Theristus sp.1	1	59	0	60	2

**Πίνακας 3.** Κατανομή των 10 πιο άφθονων ειδών (άτομα/10cm<sup>2</sup>) του σταθμού 5 και τις τρεις εποχές για την περιοχή MD1.

Είδη	Ιούλιος 2001	Μάρτιος 2002	Οκτώβριος 2002	Σύνολο	%
Daptonema sp.1	300	1765	391	2456	39
Odontophora sp.1	94	459	128	681	11
Maryllynnia sp.1	262	178	41	481	8
Prochromadorella sp.1	66	198	188	452	7
Microlaimus sp.1	287	78	84	448	6
Terschellingia goubaultae	29	224	70	322	5
Metalinhomoeus sp.1	30	0	206	235	2
Terschellingia sp.3	15	0	203	218	2
Viscosia sp.1	79	39	41	159	2
Anticoma sp.1	15	18	125	157	2

Στο σταθμό 25 βρέθηκαν 44 διαφορετικά είδη. Παρόμοια με το σταθμό 5, και εδώ τα τρία πιο άφθονα είδη ήταν τα *Daptonema sp.1*, *Odontophora sp.1* και *Maryllynnia sp.1* με ποσοστό συμμετοχής 22%, 19% και 10% αντίστοιχα, αποτελώντας το 51% της συνολικής αφθονίας του συγκεκριμένου σταθμού (**Πίνακας 4**). Στο σταθμό 50, δηλαδή σε 50 μέτρα απόσταση από τους ιχθυοκλωβούς, βρέθηκαν 58 διαφορετικά είδη. Από αυτά, τα τρία πιο άφθονα, *Daptonema sp.1*, *Maryllynnia sp.1* *Desmodora sp.1* είχαν ποσοστό συμμετοχής 38%, 13% και 11% αντίστοιχα, αποτελώντας το 62% της συνολικής αφθονίας του συγκεκριμένου σταθμού (**Πίνακας 5**). Αξιοπεριέργο είναι η εμφάνιση του είδους *Desmodora sp.1* του οποίου η σχετική αφθονία είναι ιδιαίτερα υψηλή (11%) και το οποίο στους υπόλοιπους σταθμούς είτε απουσιάζει εντελώς είτε εμφανίζεται με πολύ μικρή σχετική αφθονία ( $\approx 1\%$ ).

**Πίνακας 4.** Κατανομή των 10 πιο άφθονων ειδών (άτομα/10cm<sup>2</sup>) του σταθμού 25 και τις τρεις εποχές για την περιοχή MD1.

Είδη	Ιούλιος 2001	Μάρτιος 2002	Οκτώβριος 2002	Σύνολο	%
Daptonema sp.1	364	985	220	1569	22
Odontophora sp.1	0	725	646	1371	19
Marylynnia sp.1	147	480	93	720	10
Terschellingia sp.3	37	107	280	424	6
Terschellingia goubaultae	16	281	106	403	6
Microlaimus sp.1	22	295	11	328	5
Prochromadorella sp.1	103	125	101	328	3
Neochromadora sp.1	0	0	249	249	3
Thalassomonhystera sp.1	12	198	8	218	3
Anticoma sp.1	0	61	76	137	2

**Πίνακας 5.** Κατανομή των 10 πιο άφθονων ειδών (άτομα/10cm<sup>2</sup>) του σταθμού 50 και τις τρεις εποχές για την περιοχή MD1.

Είδη	Ιούλιος 2001	Μάρτιος 2002	Οκτώβριος 2002	Σύνολο	%
Daptonema sp.1	226	1388	260	1873	38
Marylynnia sp.1	208	296	154	658	13
Desmodora sp.1	263	126	137	527	11
Terschellingia sp.3	28	355	70	453	9
Terschellingia goubaultae	0	129	283	412	8
Neochromadora sp.1	0	57	223	280	6
Prochromadorella sp.1	93	76	97	267	5
Microlaimus sp.1	0	142	37	179	4
Odontophora sp.1	10	20	109	139	3
Metalinhomoeus sp.1	6	68	64	137	3

Στο σταθμό μάρτυρα, ο οποίος είναι ο πιο απομακρυσμένος από τη δράση της ιχθυοκαλλιέργειας, βρέθηκαν 91 διαφορετικά είδη. Από αυτά τα τρία πιο άφθονα *Epsilonema sp.1*, *Paracyatholaimoides sp.1* και *Prochromadorella sp.1* είχαν ποσοστό συμμετοχής 10%, 9% και 8% αντίστοιχα, αποτελώντας το 27% επί του συνόλου της αφθονίας αυτού του σταθμού (**Πίνακας 6**). Στον σταθμό αυτό φαίνεται ένα διαφορετικό πρότυπο βιοκοινωνίας από αυτό που συνήθιζε να υπάρχει στους σταθμούς κοντά στους ιχθυοκλωβούς. Πιο συγκεκριμένα, το είδος *Daptonema sp.1* που κυριαρχεί με μεγάλες σχετικές αφθονίες στους προηγούμενους σταθμούς (22 – 38%) αντικαθίσταται από το είδος *Epsilonema sp.1* το οποίο ωστόσο παρουσιάζει μικρότερη σχετική αφθονία (10%). Αξιοσημείωτο είναι επίσης πως σε όλους τους προηγούμενους σταθμούς το είδος *Epsilonema sp.1* είτε απουσιάζει εντελώς είτε εμφανίζεται με πολύ μικρή σχετική αφθονία (< 0.5%) .

**Πίνακας 6.** Κατανομή των 10 πιο άφθονων ειδών (άτομα/10cm<sup>2</sup>) του σταθμού μάρτυρα και τις τρεις εποχές για την περιοχή MD1.

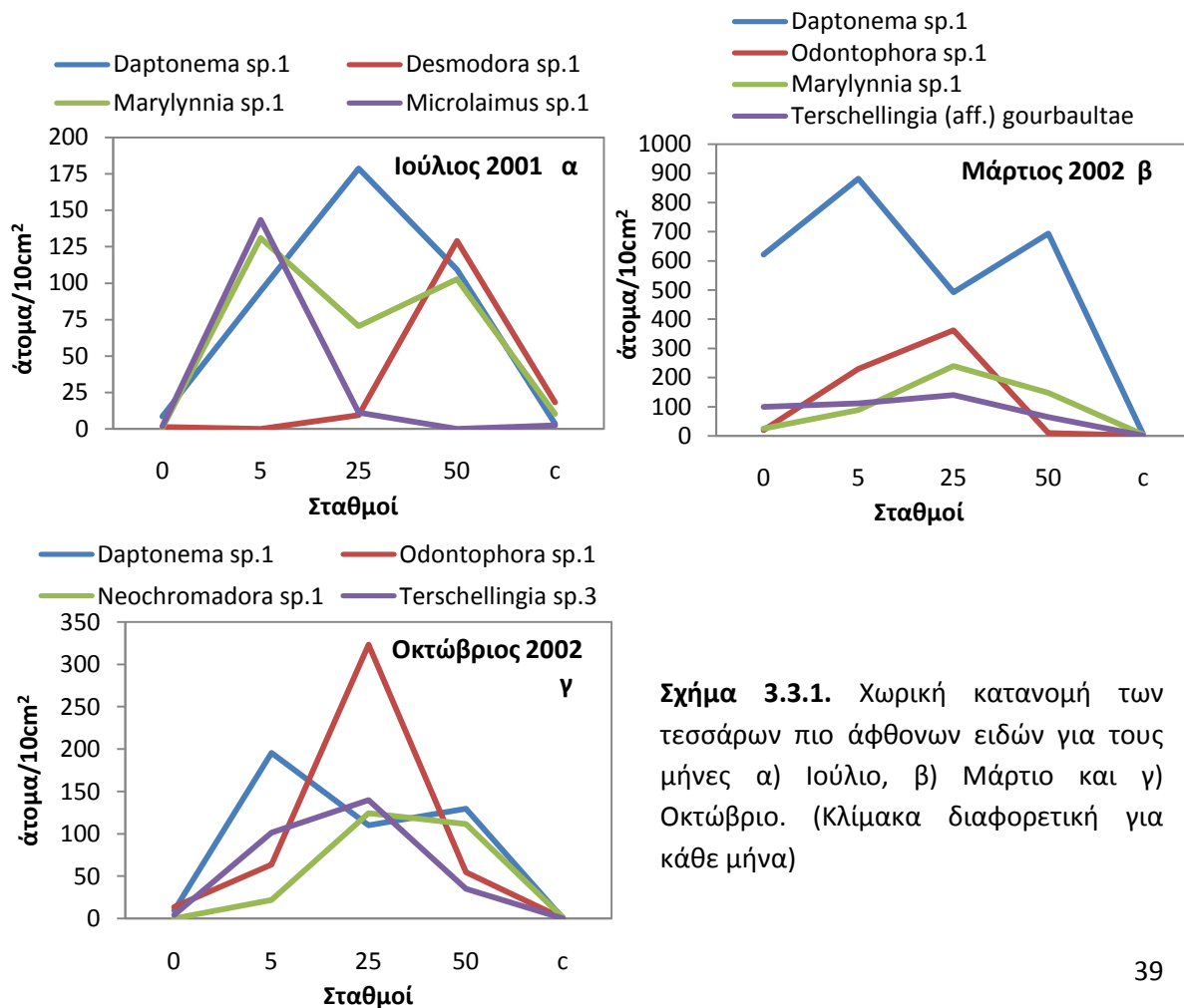
Είδη	Ιούλιος 2001	Μάρτιος 2002	Οκτώβριος 2002	Σύνολο	%
Epsilonema sp.1	0	24	106	130	10
Paracyatholaimoides sp.1	0	0	113	113	9
Prochromadorella sp.1	36	15	49	100	8
Desmodora sp.1	53	13	6	71	6
Chromaspirina sp.1	63	0	4	67	5
Ptycholaimellus sp.1	31	2	0	33	3
Croconema sp.1	0	7	23	30	2
Marylynnia sp.1	20	9	0	29	2
Leptolaimus sp.1	0	2	26	28	2
Viscosia sp.1	7	11	6	24	2

Στα παρακάτω διαγράμματα (**Σχήμα 3.3.1**) παρουσιάζονται τα τέσσερα είδη με τις μεγαλύτερες αφθονίες σε όλους τους σταθμούς και για τον κάθε μήνα ξεχωριστά. Το μήνα Ιούλιο φαίνεται η κυριαρχία του είδους *Darptonema sp.1* στους ενδιάμεσους σταθμούς με μέγιστη αφθονία στο σταθμό 25 ( $178 \pm 2$  άτομα/10cm<sup>2</sup>), ενώ στους σταθμούς 0 και μάρτυρα η αφθονία του είναι σχεδόν μηδενική. Ακριβώς αντίθετο πρότυπο κατανομής παρουσιάζουν μεταξύ τους τα είδη *Microlaimus sp.1* και *Desmodora sp.1*, όπου το πρώτο παρουσιάζει μέγιστη αφθονία στο σταθμό 5 ( $129 \pm 32$  άτομα/10cm<sup>2</sup>) με μηδενική (ή σχεδόν μηδενική) παρουσία στους υπόλοιπους σταθμούς ενώ το δεύτερο παρουσιάζει τη μέγιστη αφθονία στο σταθμό 50 και μηδενική (ή σχεδόν μηδενική) παρουσία στους υπόλοιπους σταθμούς. Το είδος *Marylynnia sp.1* φαίνεται να έχει αυξημένες αφθονίες και στο σταθμό 5 και στο σταθμό 50 ( $130 \pm 33$  άτομα/10cm<sup>2</sup> και  $102 \pm 14$  άτομα/10cm<sup>2</sup> αντίστοιχα), ενώ στους σταθμούς 0 και στο σταθμό μάρτυρα η αφθονία του είναι πολύ κοντά στο μηδέν (**Σχήμα 3.3.1 α**).

Το Μάρτιο, φαίνεται ότι το πρότυπο κατανομής των κυρίαρχων ειδών αλλάζει. Το είδος *Darptonema sp.1* παρουσιάζει αισθητά μεγαλύτερη αφθονία από τα υπόλοιπα είδη, όχι μόνο στους ενδιάμεσους σταθμούς αλλά και στον σταθμό 0 (μ.ο  $672 \pm 140$  άτομα/10cm<sup>2</sup>), ενώ μηδενική είναι η αφθονία του στο σταθμό μάρτυρα. Τα είδη *Desmodora sp.1* και *Microlaimus sp.1* που ήταν κυρίαρχα τον Ιούλιο, τώρα έχουν αντικατασταθεί από τα είδη *Odontophora sp.1* και *Terschellingia gourbautlae*, όπου το πρώτο φαίνεται άφθονο στους σταθμούς 5 και 25 ενώ δεν υπάρχει καθόλου στους υπόλοιπους σταθμούς, ενώ το δεύτερο παρουσιάζει σταθερή αφθονία σε όλους τους σταθμούς εκτός του σταθμού μάρτυρα όπου δεν υπάρχει

καθόλου. Το είδος *Maryllynnia sp.1* που τον Ιούλιο ήταν άφθονο στους σταθμούς 5 και 50, τώρα η αφθονία του έχει μετατοπιστεί στο σταθμό 25 (Σχήμα 3.3.1 β).

Τον Οκτώβριο επίσης αλλάζει το πρότυπο κατανομής για κάποια από τα κυρίαρχα είδη. Το είδος *Terschellingia goubaultae* έχει αντικατασταθεί τώρα από το *Terschellingia sp.3* και το είδος *Maryllynnia sp.1* από το είδος *Neochromadora sp.1*. Παρατηρείται ότι παρουσιάζουν αντίθετο πρότυπο κατανομής μεταξύ τους, με το είδος *Terschellingia sp.3* να έχει τις μεγαλύτερες αφθονίες στους σταθμούς 5 και 25 (μ.ο  $120 \pm 48$  άτομα/10cm<sup>2</sup>), πολύ μικρότερη στο σταθμό 50 και μηδέν στο σταθμό 0 και στον σταθμό μάρτυρα, ενώ το είδος *Neochromadora sp.1* έχει τις μεγαλύτερες αφθονίες στους σταθμούς 25 και 50 ( $124 \pm 113$  άτομα/10cm<sup>2</sup> και  $111 \pm 1$  άτομα/10cm<sup>2</sup> αντίστοιχα), πολύ μικρότερη στο σταθμό 5 και μηδέν στους σταθμούς 0 και στο σταθμό μάρτυρα. Το είδος *Daptonema sp.1* έχει το ίδιο πρότυπο κατανομής με αυτό του Μαρτίου, αλλά με πολύ μικρότερη αφθονία και το είδος *Odontophora sp.1* έχει επίσης τη μεγαλύτερη αφθονία του στο σταθμό 25, σχετικά μικρή αφθονία στους σταθμούς 5 και 50 και μηδενική στους σταθμούς 0 και στο σταθμό μάρτυρα (Σχήμα 3.3.1 γ).

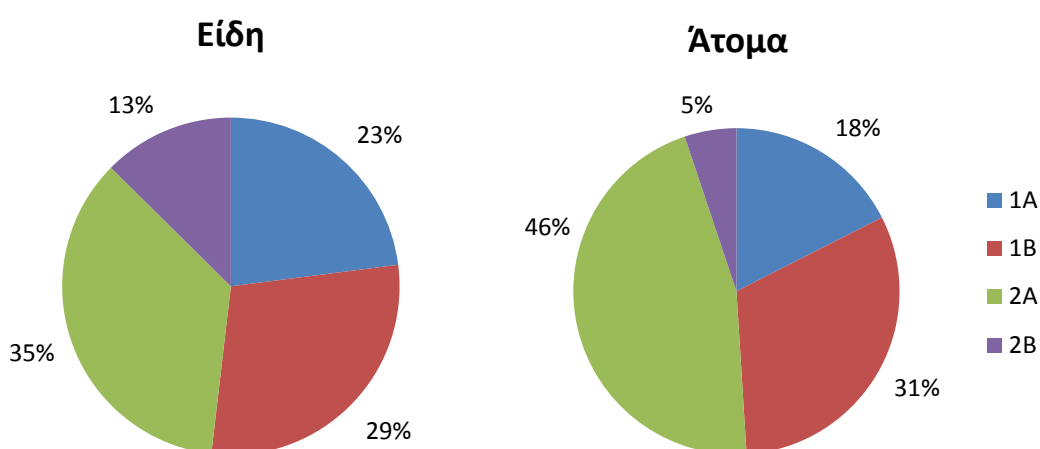


**Σχήμα 3.3.1.** Χωρική κατανομή των τεσσάρων πιο άφθονων ειδών για τους μήνες α) Ιούλιο, β) Μάρτιο και γ) Οκτώβριο. (Κλίμακα διαφορετική για κάθε μήνα)



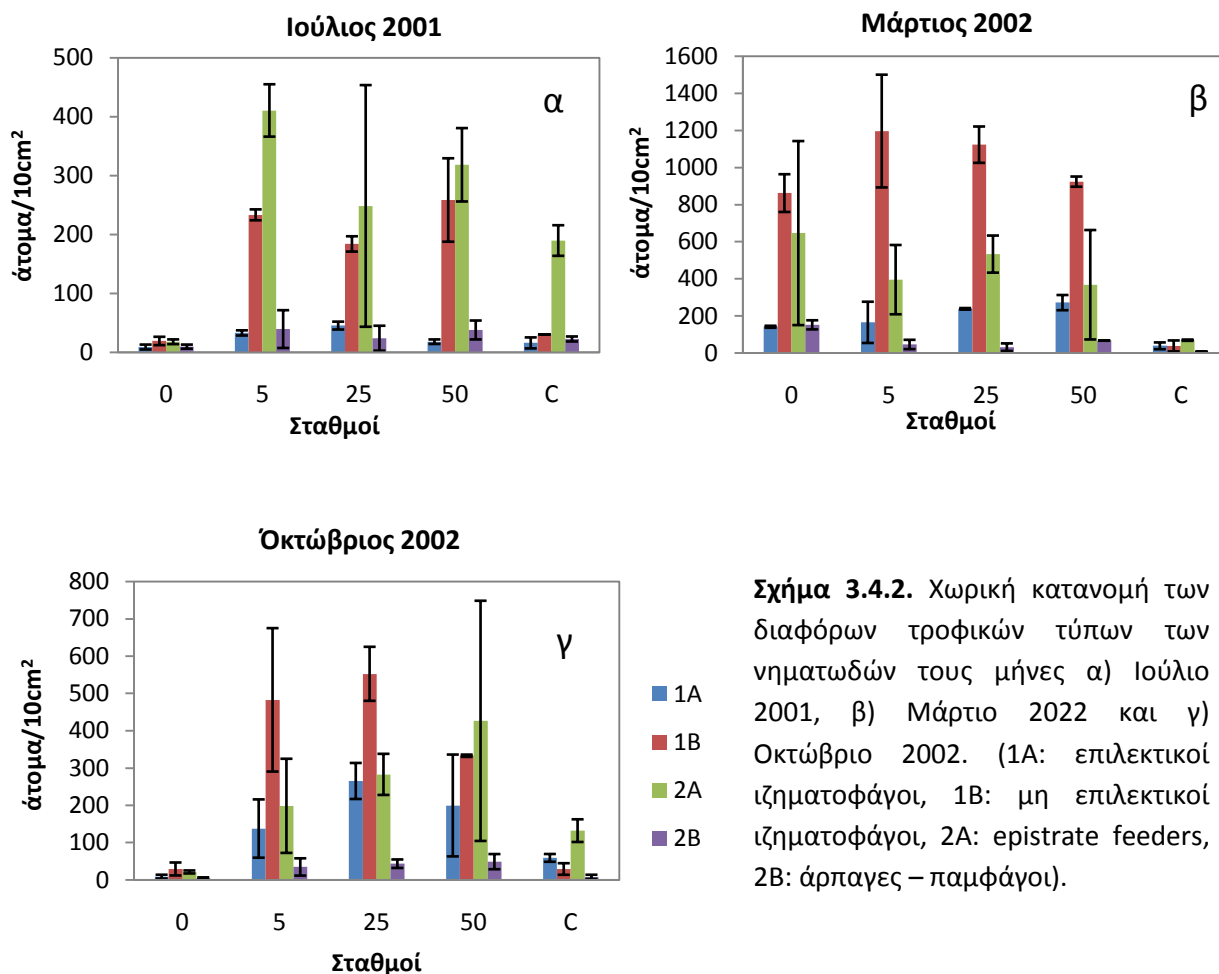
### 3.4. Πρότυπα κατανομής των τροφικών τύπων των νηματωδών στην MD1.

Η κατάταξη σε τροφικούς τύπους σύμφωνα με τη μέθοδο του Wieser (1953), έδειξε ότι στο σύνολο των 135 ειδών που βρέθηκαν στην περιοχή MD1, τα περισσότερα ήταν οι epistrate feeders με ποσοστό 35%, επίσης τα περισσότερα άτομα που προσδιορίστηκαν ήταν epistrate feeders , με ποσοστό 46%. Αμέσως μετά ακολουθούν οι μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι (31%), ενώ σε πολύ μικρότερο ποσοστό (5%) στο σύνολο των ατόμων φαίνεται να υπάρχουν οι άρπαγες – παμφάγοι (Σχήμα 3.4.1)



**Σχήμα 3.4.1.** Ποσοστιαία συμμετοχή των διαφόρων τροφικών τύπων των νηματωδών α) στο σύνολο των ειδών (135 είδη) που βρέθηκαν και β) στο σύνολο των ατόμων (2840 άτομα) που προσδιορίστηκαν. (1A: επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι, 1B: μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι, 2A: epistrate feeders , 2B: άρπαγες – παμφάγοι).

Τον Ιούλιο του 2001 φαίνεται να επικρατούν οι epistrate feeders (ANOVA  $p < 0,05$ ) σε όλους τους σταθμούς (Σχήμα 3.4.2 α). Το Μάρτιο του 2002 η εικόνα αυτή άλλαξε και αυτοί που επικρατούν σε όλους τους σταθμούς είναι οι μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι (ANOVA  $p < 0,05$ ), ενώ οι υπόλοιπες τρεις ομάδες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (Σχήμα 3.4.2 β). Τέλος, τον Οκτώβριο του 2002 φαίνεται ότι η ομάδα των μη επιλεκτικών ιζηματοφάγων και η ομάδα των επιλεκτικών ιζηματοφάγων έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς με την πρώτη να είναι πιο άφθονη στους σταθμούς 5 και 25 (Σχήμα 3.4.2.γ).

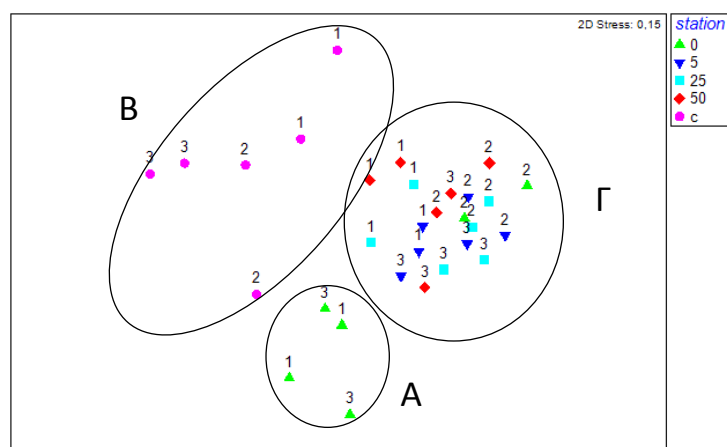


**Σχήμα 3.4.2.** Χωρική κατανομή των διαφόρων τροφικών τύπων των νηματωδών τους μήνες α) Ιούλιο 2001, β) Μάρτιο 2022 και γ) Οκτώβριο 2002. (1A: επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι, 1B: μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι, 2A: epistrate feeders, 2B: άρπαγες – παμφάγοι).

### 3.5 Πολύ-μεταβλητή ανάλυση

Τα αποτελέσματα της διευθέτησης που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου MDS στο σύνολο των ειδών των νηματωδών και για τις τρεις εποχές μαζί φαίνονται στο **Σχήμα 3.5.1**. Αυτό που μπορεί να παρατηρηθεί είναι ότι υπάρχουν τρεις ευδιάκριτες ομάδες αν από το συνονθύλευμα των σταθμών 5, 25 και 50 αφαιρεθούν οι δύο τιμές του σταθμού 0 που αντιστοιχούν στον Μάρτιο, οι οποίες αποτελούν μια ιδιαίτερη περίπτωση λόγω των πολύ υψηλών τιμών αφθονίας που παρατηρήθηκαν το μήνα αυτό (**Πίνακας 2**). Πιο αναλυτικά, η ομάδα Α περιλαμβάνει το σταθμό 0, ο οποίος βρίσκεται ακριβώς κάτω από την επίδραση των ιχθυοκλωβών, η ομάδα Β περιλαμβάνει το σταθμό μάρτυρα, ο οποίος είναι και ο πιο απομακρυσμένος σταθμός από τους ιχθυοκλωβούς και η ομάδα Γ περιλαμβάνει όλους τους ενδιάμεσους σταθμούς (5, 25 και 50). Η εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM) απέδειξε πως η ομαδοποίηση είναι στατιστικά

σημαντική (R: 0.9 και επίπεδο σημαντικότητας  $p=0.001$ ). Οι επιμέρους διαφορές μεταξύ των παραπάνω ομάδων είναι επίσης στατιστικά σημαντικές.



**Σχήμα 3.5.1.** Διάγραμμα MDS των σταθμών δειγματοληψίας και των τριών εποχών (1: Ιούλιος 2001, 2: Μάρτιος 2002, 3: Οκτώβριος 2002). Στα δεδομένα εφαρμόστηκε μετασχηματισμός τετραγωνικής ρίζας

Η ποσοστιαία συμμετοχή των επιμέρους ειδών στη συνολική ανομοιότητα του δείκτη Bray-Curtis μεταξύ των διαφόρων ομάδων που φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα MDS, αναλύθηκε με το πρόγραμμα SIMPER (Πίνακας 7), χωρίς να εφαρμοστεί κάποιος μετασχηματισμός στα δεδομένα. Όσον αφορά τη διαφοροποίηση ανάμεσα στην ομάδα A και την ομάδα Γ, τα είδη *Daptonema sp.1*, *Marylynna sp.1* και *Odontophora sp.1* ήταν τα είδη που συμμετείχαν περισσότερο στη δημιουργία της ανομοιότητας μεταξύ των δύο ομάδων. Σημαντικά είδη τα οποία βρέθηκαν να είναι χαρακτηριστικά για την ομάδα A ήταν τα *Odontophora sp.1*, *Daptonema sp.1*, *Terschellingia goubaultae*, *Terschellingia sp.3*, *Anticoma sp.1*, *Viscosia sp.1*, *Metalinhomoeus sp.1* και *Prochromadorella sp.1*. Στην ομάδα B από την άλλη, εκτός από τα *Prochromadorella sp.1*, *Viscosia sp.1* και *Anticoma sp.1* που ήταν σημαντικά και στην ομάδα A, άλλα σημαντικά είδη ήταν τα *Epsilonema sp.1*, *Microlaimus sp.1*, *Desmodora sp.1* και *Camacolaimus sp.1*. Η ομάδα Γ παρουσιάζει ομοιότητες με την ομάδα A, μόνο που τα είδη *Anticoma sp.1*, *Viscosia sp.1*, και *Metalinhomoeus sp.1* δεν παρουσιάζουν εδώ μεγάλο ποσοστό συμμετοχής στο δείκτη Bray-Curtis (< 5%), ενώ μεγάλο ποσοστό εμφανίζει το είδος *Marylynna sp.1*. Όλα τα παραπάνω είδη είχαν ποσοστό συμμετοχής στο δείκτη Bray-Curtis μεγαλύτερη από 5%.

**Πίνακας 7.** Αποτελέσματα από την ανάλυση SIMPER στα δεδομένα αφθονίας των νηματωδών όπου φαίνεται η συμμετοχή του κάθε είδους στην μέση τιμή ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis. Συμπεριλαμβάνονται τα είδη τα οποία συνολικά επεξηγούν το 70% της ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis.

Συγκρίσεις Είδη	Μέση αφθονία (άτομα/10 cm <sup>2</sup> )		Δείκτης ανομοιότητας Bray-Curtis	% συμμετοχή στον δείκτη ανομοιότητας	
	Ομάδα Α	Ομάδα Γ		Bray-Curtis	Αθροιστικό %
Daptonema sp.1	2.7	16.18	9.21	11.95	11.95
Marylynnia sp.1	0.86	8.93	5.44	7.05	19
Odontophora sp.1	3.05	8.56	4.5	5.84	24.84
Prochromadorella sp.1	1.91	7.07	3.6	4.67	29.5
Terschellingia sp.3	1.62	6.4	3.59	4.66	34.16
Microlaimus sp.1	0.45	5.46	3.45	4.47	38.63
Terschellingia goubaultae	1.71	6.39	3.32	4.31	42.94
Neochromadora sp.1	0	3.95	2.68	3.47	46.41
Desmodora sp.1	0.66	3.58	2.43	3.16	49.57
Anticoma sp.1	1.03	3.54	2.38	3.09	52.66
Metalinhomoeus sp.1	1.4	3.69	2.19	2.84	55.51
Viscosia sp.1	1.87	3.17	1.79	2.32	57.83
Axonolaimus sp.1	0.26	2.52	1.71	2.22	60.05
Thalassomonhystera sp.1	0.73	2.52	1.64	2.13	62.18
Comesoma sp.1	0.53	2.36	1.53	1.98	64.16
Cyartonema sp.1	0	1.87	1.38	1.79	65.95
Paracanthochus sp.1	0.54	1.81	1.25	1.62	67.57
Aponema sp.1	0.22	1.26	1.1	1.43	69
	<b>Ομάδα Α</b>	<b>Ομάδα Β</b>			
Epsilonema sp.1	0.28	3.5	3.78	4.62	4.62
Odontophora sp.1	3.05	0.49	2.68	3.28	7.9
Paracyatholaimoides sp.1	0	2.42	2.67	3.26	11.17
Prochromadorella sp.1	1.91	3.78	2.64	3.23	14.39
Desmodora sp.1	0.66	2.69	2.5	3.05	17.45
Daptonema sp.1	2.7	1.17	2.16	2.64	20.09
Chromaspirina sp.1	0	2.04	2.02	2.47	22.55
Chromadorita sp.1	0	1.66	1.9	2.32	24.88
Croconema sp.1	0	1.55	1.71	2.09	26.97
Camacolaimus sp.1	0	1.48	1.62	1.98	28.95
Terschellingia sp.3	1.62	0.42	1.58	1.93	30.88
Leptolaimus sp.1	0	1.38	1.57	1.92	32.8
Terschellingia (aff.) goubaultae	1.71	0.24	1.55	1.9	34.7
Marylynnia sp.1	0.86	1.74	1.53	1.87	36.57
Microlaimus sp.1	0.45	1.64	1.52	1.86	38.43
Ptycholaemus sp.1	0.27	1.54	1.5	1.83	40.26
Paracanthochus sp.1	0.54	1.48	1.49	1.82	42.08
Anticoma sp.1	1.03	1.68	1.46	1.79	43.87
Metalinhomoeus sp.1	1.4	0.24	1.46	1.78	45.65
Viscosia sp.1	1.87	1.75	1.38	1.69	47.35
Comesoma sp.1	0.53	1.28	1.31	1.6	48.95
Procamacolaimus sp.1	0	1.07	1.23	1.5	50.45
Metadesmolaimus sp.1	0.76	0.57	1.12	1.37	51.82
Thalassomonhystera sp.1	0.73	0.77	1.09	1.34	53.15
Prochromadorella sp.2	0	1	1.02	1.24	54.4
Sabatieria sp.6	0	0.76	0.99	1.21	55.61
Notochaetosoma sp.1	0	0.79	0.96	1.18	56.79
Pomponema sp.1	0	0.95	0.94	1.15	57.93
Desmodora sp.5	0	0.77	0.91	1.12	59.05
Paracyatholaimus sp.1	0	0.74	0.91	1.11	60.16
Metacyatholaimus sp.1	0.27	0.75	0.9	1.1	61.26
Cyartonema sp.1	0	0.87	0.88	1.08	62.35
Leptolaimus sp.2	0	0.78	0.84	1.03	63.38
Innocuonema sp.2	0	0.72	0.8	0.98	64.36
Microlaimus sp.2	0	0.7	0.76	0.93	65.29
Cheironchus sp.1	0	0.78	0.74	0.91	66.19
Mesacanthion sp.1	0.22	0.66	0.73	0.9	67.09
Syringolaimus sp.1	0.27	0.6	0.71	0.87	67.96
Neochromadora sp.2	0.72	0	0.7	0.86	68.82
Actinonema sp.1	0	0.66	0.67	0.82	69.64

**Πίνακας 7. (συνέχεια)**

Συγκρίσεις Είδη	Μέση αφθονία (άτομα/10 cm <sup>2</sup> )		% συμμετοχή στον δείκτη ανομοιότητας		
	Ομάδα Γ	Ομάδα Β	Δείκτης ανομοιότητας Bray-Curtis	Bray-Curtis	Αθροιστικό %
Daptonema sp.1	16.18	1.17	8.1	9.89	9.89
Odontophora sp.1	8.56	0.49	4.29	5.24	15.13
Marylynna sp.1	8.93	1.74	3.9	4.77	19.9
Terschellingia sp.3	6.4	0.42	3.26	3.98	23.88
Terschellingia (aff.) goubaultae	6.39	0.24	3.17	3.87	27.76
Microlaimus sp.1	5.46	1.64	2.49	3.04	30.79
Neochromadora sp.1	3.95	0.26	2.11	2.58	33.37
Desmodora sp.1	3.58	2.69	2.1	2.56	35.93
Epsilonema sp.1	0	3.5	2.03	2.48	38.41
Prochromadorella sp.1	7.07	3.78	2.01	2.45	40.86
Metalinhomoeus sp.1	3.69	0.24	1.87	2.29	43.15
Anticoma sp.1	3.54	1.68	1.84	2.25	45.39
Paracyatholaimoides sp.1	0	2.42	1.39	1.7	47.09
Viscosia sp.1	3.17	1.75	1.35	1.65	48.75
Axonolaimus sp.1	2.52	0	1.34	1.64	50.38
Thalassomonhystera sp.1	2.52	0.77	1.3	1.59	51.98
Comesoma sp.1	2.36	1.28	1.23	1.5	53.48
Cyartonema sp.1	1.87	0.87	1.16	1.42	54.9
Chromaspirina sp.1	0	2.04	1.1	1.35	56.25
Paracanthochus sp.1	1.81	1.48	1.03	1.26	57.5
Chromadorita sp.1	0	1.66	0.97	1.19	58.69
Ptycholaimellus sp.1	0.84	1.54	0.97	1.18	59.87
Croconema sp.1	0.12	1.55	0.89	1.09	60.96
Prochromadorella sp.2	1.18	1	0.86	1.05	62.01
Camacolaimus sp.1	0	1.48	0.85	1.03	63.05
Diodontolaimus sp.1	1.52	0.43	0.84	1.03	64.08
Metacyatholaimus sp.1	1.36	0.75	0.84	1.02	65.1
Leptolaimus sp.1	0	1.38	0.81	0.98	66.08
Aponema sp.1	1.26	0	0.77	0.94	67.03
Steineria sp.1	1.38	0	0.72	0.88	67.91
Terschellingia sp.2	1.32	0	0.71	0.86	68.77
Procamacolaimus sp.1	0.64	1.07	0.69	0.85	69.62

Πριν από τη διερεύνηση για το ποιες από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους που μετρήθηκαν εξηγούν καλύτερα την κατανομή της πανίδας, ελέγχθηκε αν υπάρχει καταρχάς συσχέτιση ανάμεσα στα πανιδικά και φυσικοχημικά δεδομένα. Έτσι, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Spearman, φάνηκε πως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των περιβαλλοντικών παραμέτρων του ιζήματος και των διαφόρων πανιδικών δεδομένων. Η σύγκριση έγινε ανάμεσα στη μήτρα με τις Ευκλείδειες αποστάσεις των φυσικοχημικών και τη μήτρα του δείκτη ομοιότητας Bray-Curtis από τα διάφορα πανιδικά δεδομένα. Επίσης, σύμφωνα με τα κριτήρια που θέσαν οι Clarke & Ainsworth (1993) και προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων, εφαρμόστηκε η

μέθοδος για το συντελεστή συσχέτισης του Pearson. Τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής έδειξαν πως υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της χλωροφύλλης  $a$ , των φαιοχρωστικών και CPE ( $\rho > 0.97$ ). Για το λόγο αυτό στη μέθοδο BIOENV που ακολουθεί δεν συμπεριλαμβάνονται οι φαιοχρωστικές και το CPE. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης BIOENV φαίνονται στον **Πίνακα 8**.

**Πίνακας 8.** Αποτελέσματα της ανάλυσης BIOENV.  $k=i$  ο αριθμός των παραγόντων που συνδυάστηκαν κάθε φορά.

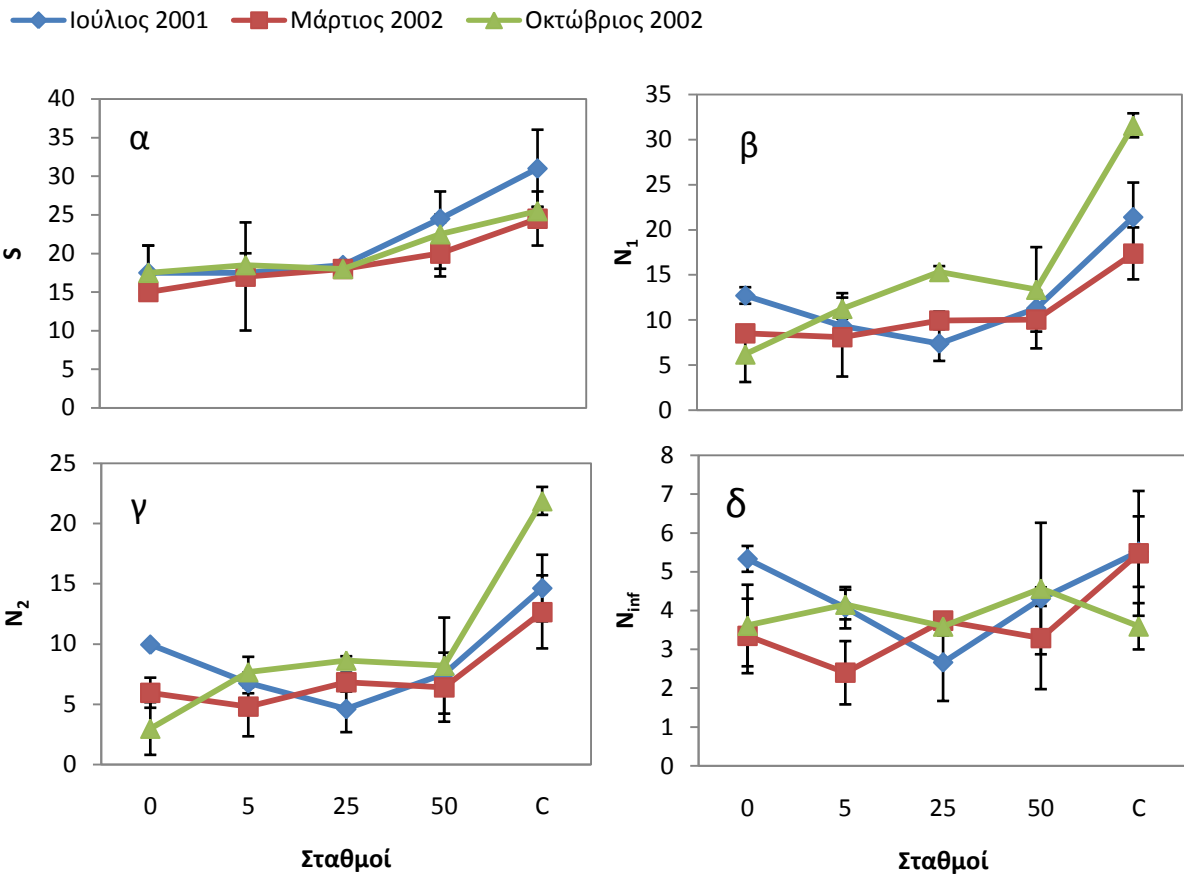
$k$	Καλύτερος συνδιασμός
3	Οργ. Άνθρ., Χλωρ. $a$ , ΜΔ 0.669
2	Οργ. Άνθρ., Χλωρ. Α 0.667
2	Οργ. Άνθρ., ΜΔ 0.641

Την καλύτερη συσχέτιση ( $R=0.669$ ) έδωσε ο συνδυασμός τριών περιβαλλοντικών παραμέτρων, αυτών του οργανικού άνθρακα, της χλωροφύλλης  $a$  και της μέσης διαμέτρου των κόκκων του ιζήματος. Η τιμή αυτή δείχνει ότι τα δεδομένα των νηματωδών εξηγούνται σχετικά καλά από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους που μετρήθηκαν, μιας και ο συντελεστής συσχέτισης είναι σχετικά κοντά στο 1. Δείχνει επίσης πως οι βασικότεροι παράγοντες που καθορίζουν την κατανομή των νηματωδών είναι η τροφή καθώς και ο τύπος του ιζήματος.

### 3.6 Δείκτες βιοποικιλότητας

Οι διάφοροι δείκτες βιοποικιλότητας, οι οποίοι υπολογίστηκαν με βάση το είδος στους διάφορους σταθμούς φαίνονται στο **Σχήμα 3.6.1**. Για τον αριθμό των ειδών  $S$ , δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών εποχών, παρόλα αυτά φάνηκε να υπάρχει διαφορά μεταξύ των σταθμών (**Πίνακας 9**). Αυτό που παρατηρείται είναι μία τάση αύξησης του αριθμού των ειδών σε συνάρτηση με την απόσταση από τους ιχθυοκλωβούς. Το ίδιο πρότυπο παρουσιάζει και ο δείκτης  $N_1$ , που δείχνει ότι η βιοποικιλότητα αυξάνει καθώς αυξάνεται η απόσταση από τους ιχθυοκλωβούς. Ο σταθμός μάρτυρας είναι αυτός που φαίνεται να συγκεντρώνει την μεγαλύτερη βιοποικιλότητα, ιδιαίτερα τον μήνα Οκτώβριο. Οι

δείκτες  $N_2$  και  $N_{inf}$  δεν σημείωσαν στατιστικά σημαντική διαφορά ούτε ανάμεσα στις εποχές, ούτε ανάμεσα στους σταθμούς



**Σχήμα 3.6.1.** Χωρική διακύμανση α) του αριθμού των ειδών  $S$ , των δεικτών βιοποικιλότητας β)  $N_1$ , γ)  $N_2$  και δ)  $N_{inf}$

**Πίνακας 9.** Αποτελέσματα 2-way ANOVA για τις τιμές του αριθμού των ειδών ( $S$ ), και των δεικτών βιοποικιλότητας (αριθμών του Hill)  $N_1$ ,  $N_2$  και  $N_{inf}$ .

	παράγοντες	df	MS	F	p - value
S	εποχή	2	.009	.983	ns
	σταθμοί	4	.042	4.575	< 0,05
	εποχή x σταθμοί	8	.001	.124	ns
$N_1$	εποχή	2	.009	.486	ns
	σταθμοί	4	.060	3.183	< 0,05
	εποχή x σταθμοί	8	.016	.859	ns
$N_2$	εποχή	2	.013	.557	ns
	σταθμοί	4	.052	2.184	ns
	εποχή x σταθμοί	8	.029	1.218	ns
$N_{inf}$	εποχή	2	.013	.896	ns
	σταθμοί	4	.015	1.042	ns
	εποχή x σταθμοί	8	.015	1.078	ns

### 3.7. Περιβαλλοντικές παράμετροι για την MD3 περιοχή.

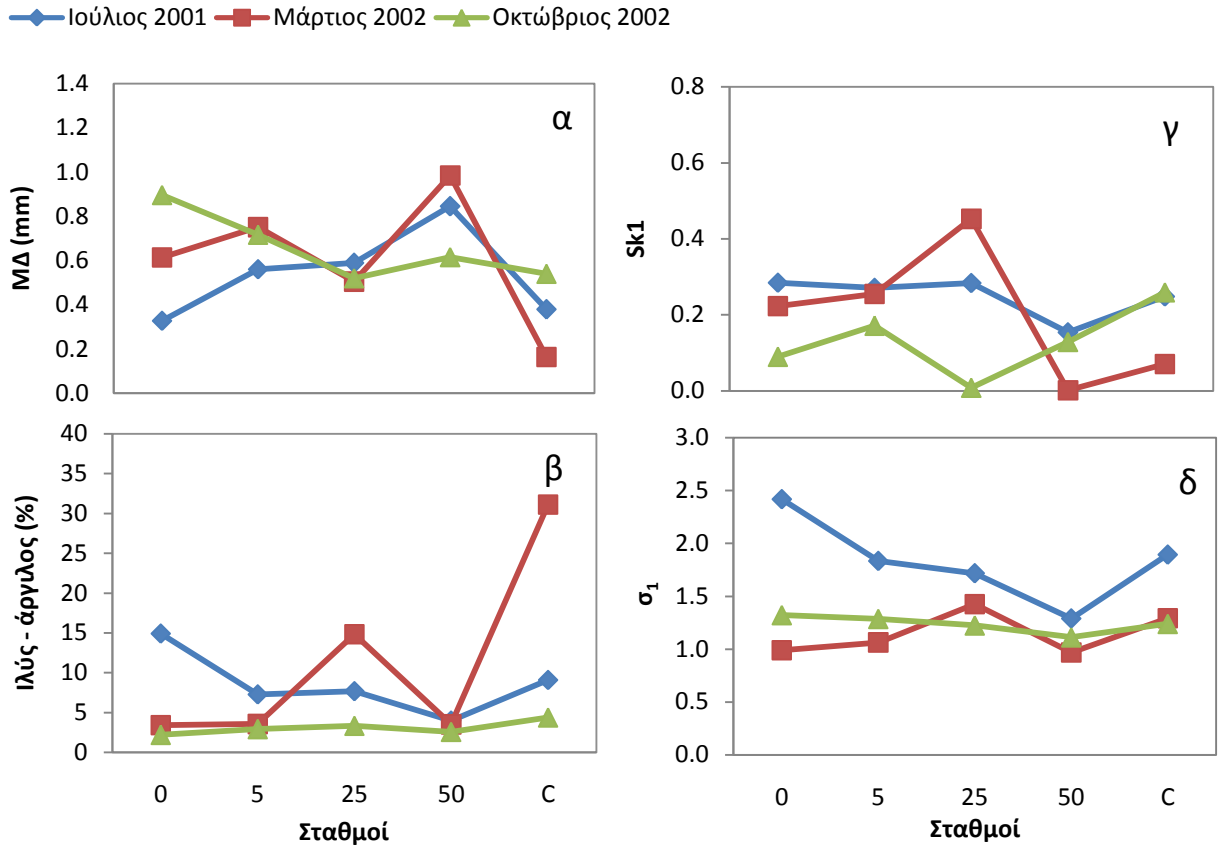
#### 3.7.1. Θερμοκρασία

Το εύρος των τιμών της θερμοκρασίας του ιζήματος, που βρισκόταν στους σταθμούς υπό την επίδραση της ιχθυοκαλλιέργειας, κυμάνθηκε από 24 °C έως 25 °C. Αυτό που παρατηρήθηκε ήταν ότι κατά τους μήνες Ιούλιο και Οκτώβριο ο μέσος όρος της θερμοκρασίας ήταν 24,4 °C. Για τον μήνα Μάρτιο δεν υπάρχουν καταχωρημένες μετρήσεις θερμοκρασίας.

#### 3.7.2. Ίζημα

Το ίζημα στην MD3 περιοχή, στους σταθμούς που βρίσκονταν κοντά στους κλωβούς καλλιέργειας, αποτελούταν από χονδρόκοκκη άμμο, με μέση διάμετρο κόκκων 0,56 mm ενώ το ίζημα στο σταθμό μάρτυρα, αποτελούταν από μεσόκοκκη άμμο με μέση διάμετρο κόκκων 0,38 mm (**Σχήμα 3.7.1 α**). Γενικά, αυτό που φάνηκε ήταν ότι υπήρχε έντονη διακύμανση της κοκκομετρικής σύστασης ανάμεσα στους σταθμούς και τους μήνες, με τη μεγαλύτερη μέση διάμετρο κόκκων να παρουσιάζεται στο σταθμό 50 και την μικρότερη μέση διάμετρο κόκκων στο σταθμό μάρτυρα. Το ποσοστό ιλύος – αργίλου (**Σχήμα 3.7.1 β**) παρουσίασε μια τάση αύξησης συναρτήσει της αύξησης της απόστασης από τους ιχθυοκλωβούς, με ιδιαίτερα μεγάλα ποσοστά στο σταθμό μάρτυρα κατά το μήνα Μάρτιο. Στον σταθμό 0, φαίνεται να εμφανίζονται κάποιες εποχικές διαφορές, που πιθανόν να οφείλονται στην δράση της ιχθυοκαλλιέργειας. Στο **Σχήμα 3.7.1 γ** φαίνονται τα αποτελέσματα του συντελεστή λοξότητας ( $Sk_1$ ), ο οποίος έχει σταθερά θετικές τιμές σε όλους τους σταθμούς, υποδηλώνοντας έτσι ότι τα επίπεδα ενέργειας είναι χαμηλά. Ο συντελεστής διαλογής ( $\sigma_1$ ) δείχνει ότι τα ιζήματα και των πέντε σταθμών χαρακτηρίζονται από γενικά ανεπαρκή ταξινόμηση ενώ μόνο το Μάρτιο ο σταθμός 0 χαρακτηρίζεται από πολύ ανεπαρκή ταξινόμηση (**Σχήμα 3.7.1 δ**).

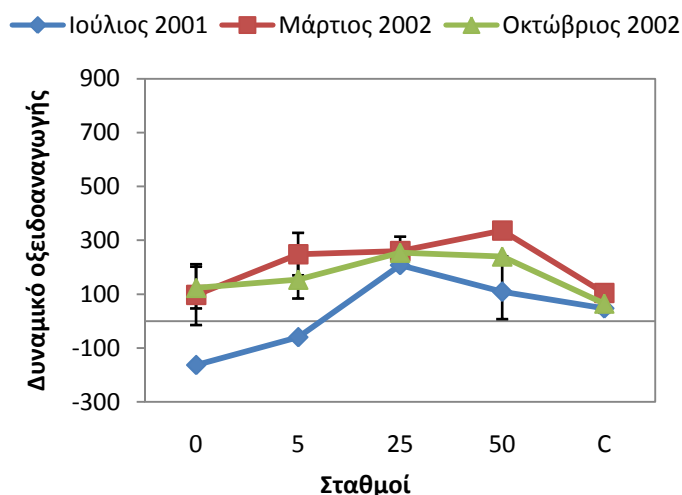




**Σχήμα 3.7.1** Διάγραμμα των διαφόρων χαρακτηριστήκαν του ιζήματος της περιοχής MD3: α) της μέσης διαμέτρου (ΜΔ), β) του ποσοστού ιλύος – αργίλου, γ) του συντελεστή λοξότητας ( $Sk_1$ ) και του συντελεστή διαλογής ( $\sigma_1$ ).

### 3.7.3. Δυναμικό οξειδοαναγωγής

Το δυναμικό οξειδοαναγωγής (Σχήμα 3.7.3) διέφερε μεταξύ των εποχών και των σταθμών (Πίνακας 10) και συγκεκριμένα ο σταθμός 0 διέφερε από τους υπόλοιπους σταθμούς. Θετικές παρατηρήθηκαν οι τιμές για όλους τους σταθμούς τους μήνες Μάρτιο και Οκτώβριο. Εξάιρεση αποτέλεσε ο Ιούλιος, που στους σταθμούς 0 και 5 οι τιμές βρέθηκαν αρνητικές.

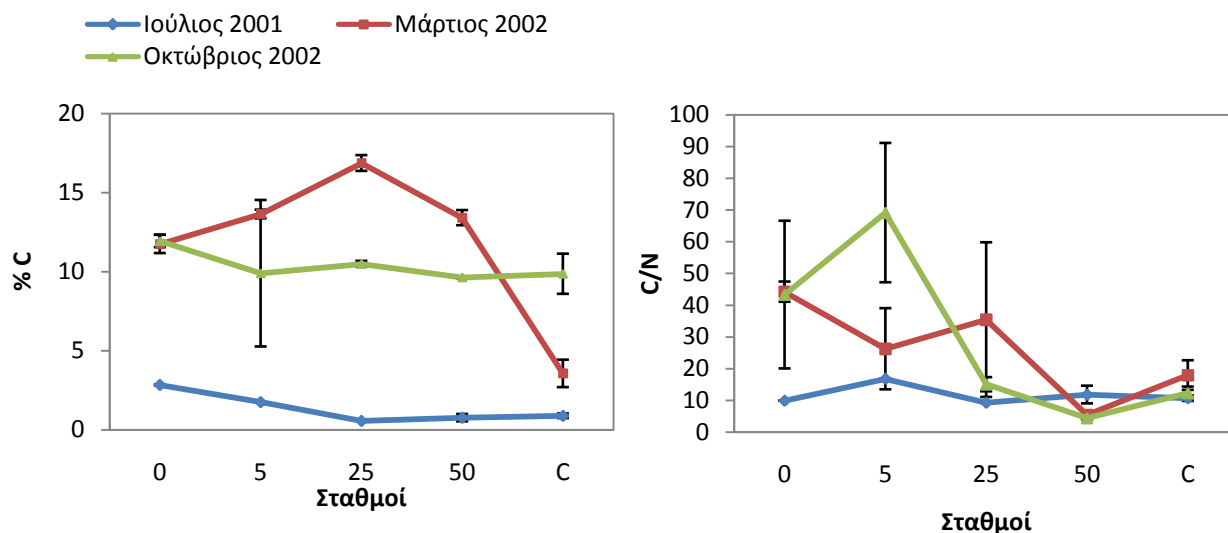


**Σχήμα 3.7.3.**

Χωρική διακύμανση του δυναμικού οξειδοαναγωγής για τις διάφορες αποστάσεις από τους ιχθυοκλωβούς για τους μήνες Ιούλιο 2001, Μάρτιο 2002 και Οκτώβριο 2002.

### 3.7.4. Άνθρακας

Η συγκέντρωση του άνθρακα στο ίζημα (**Σχήμα 3.7.4**) βρέθηκε ότι διέφερε στατιστικά σημαντικά σε κάθε εποχή μεταξύ των σταθμών (ANOVA,  $p < 0.001$ ), με μειωμένες τις τιμές του στο σταθμό μάρτυρα τον Μάρτιο. Ο λόγος του άνθρακα προς το άζωτο σημείωσε διαφορά μεταξύ των εποχών σε όλους τους σταθμούς (**Πίνακας 10**) με το σταθμό 50 να διαφέρει κυρίως από το σταθμό 5.



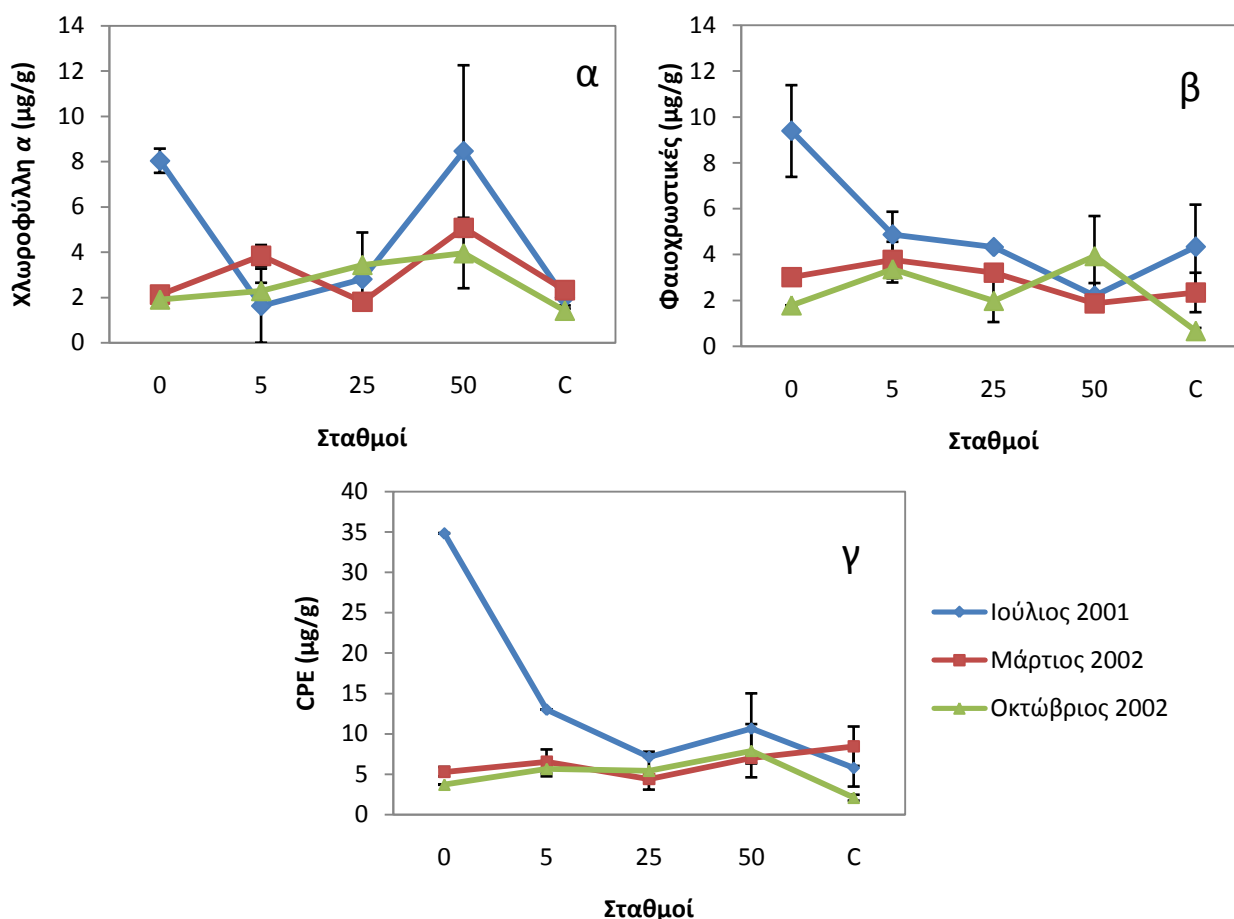
**Σχήμα 3.7.4.** Χωρική διακύμανση της συγκέντρωσης του άνθρακα (C) και του λόγου άνθρακα προς άζωτο (C/N) για τους μήνες Ιούλιο 2001, Μάρτιο 2002 και Οκτώβριο 2002.

**Πίνακας 10.** Αποτελέσματα 2-way ANOVA για τις τιμές του δυναμικού οξειδοαναγωγής (Redox), του λόγου άνθρακα προς άζωτο (C/N) και του αριθμού των ειδών (S).

	παράγοντες	df	MS	F	p - value
Redox	εποχή	2	106963.733	18.964	< 0,001
	σταθμοί	4	75926.450	13.462	< 0,001
	εποχή x σταθμοί	8	13956.025	2.474	ns
C/N	εποχή	2	15.238	5.932	< 0,05
	σταθμοί	4	10.215	3.977	< 0,05
	εποχή x σταθμοί	8	6.618	2.576	ns
S	εποχή	2	.021	1.662	ns
	σταθμοί	4	.133	10.528	< 0,001
	εποχή x σταθμοί	8	.016	1.251	ns

### 3.7.5. Χλωροφυλλούχες χρωστικές

Οι τιμές της χλωροφύλλης  $\alpha$  στα πρώτα δύο εκατοστά του ιζήματος φάνηκε να διαφέρει τον Ιούλιο μεταξύ των σταθμών (ANOVA,  $p < 0.05$ ), και συγκεκριμένα ο σταθμός 0 διέφερε από τους υπόλοιπους σταθμούς, ενώ τους μήνες Μάρτιο και Οκτώβριο δε διέφερε ανάμεσα στους σταθμούς. Παρατηρήθηκε μία έντονη αυξομείωση των τιμών της σε συνάρτηση με την απόσταση από τους ιχθυοκλωβούς τον Ιούλιο, με το εύρος τιμών να κυμαίνεται από 1,6 έως 15,5  $\mu\text{g/g}$ , ενώ για τους μήνες Μάρτιο και Οκτώβριο δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους σταθμούς (Σχήμα 3.7.5 α).



**Σχήμα 3.7.5.** Χωρική διακύμανση των τιμών α) της χλωροφύλλης  $\alpha$  (Chl  $\alpha$ ), β) των φαιοχρωστικών και γ) του CPE στα δύο πρώτα εκατοστά του ιζήματος (0-2 cm) για τους μήνες Ιούλιο 2001, Μάρτιο 2002 και Οκτώβριο 2002.

Οι τιμές των φαιοχρωστικών (Σχήμα 3.7.5 β) σημείωσαν στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς μόνο τον Ιούλιο (ANOVA,  $p < 0.05$ ), με το εύρος τιμών να κυμαίνεται από 2,2 έως 16,8  $\mu\text{g/g}$ , ενώ για τους μήνες Μάρτιο

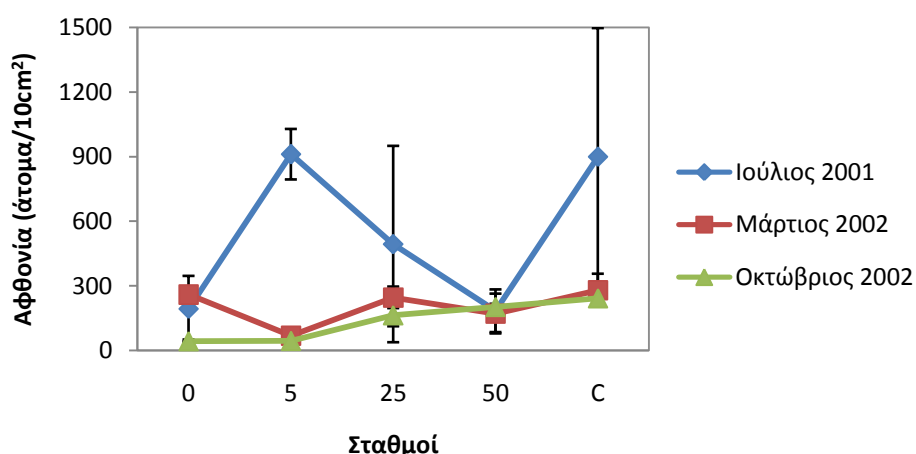
και Οκτώβριο δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους σταθμούς.

Το άθροισμα των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης α και των φαιοχρωστικών (CPE) δε φάνηκε να σημειώνει στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους σταθμούς για κανένα από τους τρεις μήνες (Σχήμα 3.7.5 γ).

### 3.8. Κατανομή της αφθονίας των νηματωδών στην περιοχή MD3.

Η αφθονία των νηματωδών δε σημείωσε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς τους μήνες Ιούλιο και Μάρτιο, ενώ σημαντική διαφορά σημειώθηκε ανάμεσα στο σταθμό μάρτυρα και τους σταθμούς 0 και 5 τον Οκτώβριο. Η μέση τιμή της αφθονίας των σταθμών που βρίσκονταν κοντά στους κλωβούς για αυτόν τον μήνα είναι 114 άτομα/10 cm<sup>2</sup>, ενώ στο σταθμό μάρτυρα παρατηρείται μια σχετική αύξηση της αφθονίας, με την τιμή να φτάνει τα 243 άτομα/10 cm<sup>2</sup> (Σχήμα 3.8.1).

Αν κάνουμε μια σύντομη σύγκριση αυτής της περιοχής με την περιοχή MD1 (Σχήμα 3.2.1), θα παρατηρήσουμε ότι ειδικά για τους ενδιάμεσους σταθμούς, τους μήνες Μάρτιο και Οκτώβριο η μέση αφθονία των νηματωδών είναι 5 με 10 φορές μικρότερη από αυτή της περιοχής MD1.



**Σχήμα 3.8.1.** Η αφθονία των νηματωδών στα δύο πρώτα εκατοστά του ιζήματος (0-2 cm) για τις διάφορες αποστάσεις από τους ιχθυοκλωβούς για τους μήνες Ιούλιο 2001, Μάρτιο 2002 και Οκτώβριο 2002.

### 3.9 Δομή της βιοκοινωνίας των νηματωδών στην περιοχή MD3.

Στην περιοχή MD3 προσδιορίστηκαν 2450 άτομα που άνηκαν σε 161 είδη. Στο σύνολο των ατόμων που προσδιορίστηκαν για την περιοχή MD3, τα οκτώ πιο άφθονα είδη, συγκεκριμένα τα *Desmodora sp.1*, *Microlaimus sp.1*, *Prochromadorella sp.1*, *Comesoma sp.1*, *Daptonema sp.1*, *Viscosia sp.1*, *Actinonema sp.1* και *Ptycholaimellus sp.1* αποτέλεσαν το 52% της συνολικής αφθονίας. Το ποσοστό αυτό είναι μικρότερο από το αντίστοιχο της περιοχής MD1, όπου τα οκτώ πιο άφθονα είδη είχαν ποσοστό συμμετοχής στη συνολική αφθονία 68%.

Στο σταθμό 0, κάτω από τους ιχθυοκλωβούς, βρέθηκαν 54 διαφορετικά είδη. Από αυτά, τα δύο πιο άφθονα είδη, *Microlaimus sp.1* και *Prochromadorella sp.1* είχαν ποσοστό συμμετοχής 52%, και 7% αντίστοιχα, αποτελώντας το 59% της συνολικής αφθονίας του συγκεκριμένου σταθμού (**Πίνακας 11**). Εντύπωση κάνει η πολύ μεγάλη συμμετοχή του είδους *Microlaimus sp.1* έναντι των υπολοίπων (52%), όπως επίσης και το γεγονός ότι οι αφθονίες των ειδών είναι πολύ πιο αυξημένες τους μήνες Ιούλιο και Μάρτιο (σύνολο ατόμων για τα δέκα πιο άφθονα είδη, 344 και 406 άτομα/10cm<sup>2</sup> αντίστοιχα) σε σχέση με τον Οκτώβριο (σύνολο: 42 άτομα/10cm<sup>2</sup>).

Στον αντίστοιχο σταθμό της περιοχής MD1 βρέθηκαν 6 λιγότερα είδη και το ποσοστό συμμετοχής των πιο άφθονων ειδών κυμαινόταν στα ίδια επίπεδα περίπου με την περιοχή MD3 (56%). Το είδος *Prochromadorella sp.1* εμφανίζεται ανάμεσα στα άφθονα και στις δύο περιοχές (στην MD1: 11%).

**Πίνακας 11.** Κατανομή των 10 πιο άφθονων ειδών (άτομα/10cm<sup>2</sup>) του σταθμού 0 και τις τρεις εποχές για την περιοχή MD3.

Είδη	Ιούλιος 2001	Μάρτιος 2002	Οκτώβριος 2002	Σύνολο	%
<i>Microlaimus sp.1</i>	208	294	12	514	52
<i>Prochromadorella sp.1</i>	14	52	6	72	7
<i>Desmodora sp.1</i>	24	15	5	43	4
<i>Viscosia sp.1</i>	38	2	1	41	4
<i>Promonhystera sp.1</i>	38	0	0	38	4
<i>Longicyatholaimus sp.1</i>	0	20	0	20	3
<i>Terschellingia goubaultae</i>	13	2	3	17	2
<i>Metalinhomoeus sp.1</i>	3	7	6	17	2
<i>Desmodora sp.3</i>	6	10	0	16	2
<i>Spirinia sp.1</i>	0	5	9	14	2

Στο σταθμό 5, δηλαδή σε απόσταση 5 μέτρων από τους ιχθυοκλωβούς, βρέθηκαν 61 διαφορετικά είδη έναντι 41 που βρέθηκαν στο σταθμό 5 της περιοχής MD1. Από τα 61 είδη, τα τρία πιο άφθονα, *Microlaimus sp.1*, *Prochromadorella sp.1* και *Desmodora sp.1* είχαν ποσοστό συμμετοχής 40%, 13% και 7% αντίστοιχα, αποτελώντας το 60% της συνολικής αφθονίας του συγκεκριμένου σταθμού (**Πίνακας 12**). Επίσης, σε αυτό τον σταθμό οι αφθονίες όλων των ειδών είναι πολύ πιο αυξημένες τον Ιούλιο (σύνολο ατόμων για τα δέκα πιο άφθονα είδη, 749 άτομα/10cm<sup>2</sup>) σε σχέση με τον Μάρτιο (σύνολο: 41 άτομα/10cm<sup>2</sup>) και τον Οκτώβριο (σύνολο: 16 άτομα/10cm<sup>2</sup>). Από τα τρία πιο άφθονα είδη δεν παρουσιάστηκε κάποιο κοινό μεταξύ των δύο περιοχών, όμως το τέταρτο σε σειρά αφθονίας είδος της περιοχής MD1 είναι το είδος *Prochromadorella sp.1* με ποσοστό 7% (**Πίνακας 3**), που στην περιοχή MD3 είναι το δεύτερο πιο άφθονο (13%).

**Πίνακας 12.** Κατανομή των 10 πιο άφθονων ειδών (άτομα/10cm<sup>2</sup>) του σταθμού 5 και τις τρεις εποχές για την περιοχή MD3.

Είδη	Ιούλιος 2001	Μάρτιος 2002	Οκτώβριος 2002	Σύνολο	%
<i>Microlaimus sp.1</i>	381	19	9	409	40
<i>Prochromadorella sp.1</i>	127	5	2	134	13
<i>Desmodora sp.1</i>	58	9	3	70	7
<i>Metadesmolaimus sp.1</i>	47	0	0	47	5
<i>Comesoma sp.1</i>	40	4	0	44	4
<i>Daptonema sp.1</i>	26	0	0	26	3
<i>Viscosia sp.1</i>	21	1	0	23	2
<i>Elzalia sp.1</i>	16	1	2	18	2
<i>Terschellingia goubaultae</i>	17	0	0	17	2
<i>Metalinhomoeus sp.1</i>	15	1	0	16	2

Στο σταθμό 25 της περιοχής αυτής βρέθηκαν 70 διαφορετικά είδη. Μεγάλη απόκλιση παρατηρείται από τα είδη που βρέθηκαν στον ίδιο σταθμό της MD1 περιοχής, καθώς αυτά ήταν 44. Από τα 70 είδη λοιπόν, τα τρία πιο άφθονα είδη, *Desmodora sp.1*, *Prochromadorella sp.1* και *Actinonema sp.1* είχαν ποσοστό συμμετοχής 22%, 14% και 8% αντίστοιχα, αποτελώντας το 44% της συνολικής αφθονίας του συγκεκριμένου σταθμού (**Πίνακας 13**). Το είδος *Actinonema sp.1* απαντάται πρώτη φορά και σε τόσο μεγάλη αφθονία στον σταθμό 25 (8%), ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς δεν ξαναεμφανίζεται.

**Πίνακας 13.** Κατανομή των 10 πιο άφθονων ειδών (άτομα/10cm<sup>2</sup>) του σταθμού 25 και τις τρεις εποχές για την περιοχή MD3.

Είδη	Ιούλιος 2001	Μάρτιος 2002	Οκτώβριος 2002	Σύνολο	%
<i>Desmodora sp.1</i>	94	22	83	198	22
<i>Prochromadorella sp.1</i>	55	66	8	129	14
<i>Actinonema sp.1</i>	70	2	0	72	8
<i>Microlaimus sp.1</i>	33	28	9	70	8
<i>Comesoma sp.1</i>	36	29	2	67	7
<i>Eurystomina sp.1</i>	26	0	0	26	3
<i>Metacyatholaimus sp.1</i>	13	3	1	17	2
<i>Elzalia sp.1</i>	14	2	0	16	2
<i>Neochromadora sp.1</i>	9	5	1	15	2
<i>Metacyatholaimus sp.2</i>	13	1	0	14	2

Στο σταθμό 50 βρέθηκαν 83 διαφορετικά είδη. Από αυτά, τα τρία πιο άφθονα είδη, *Prochromadorella sp.1*, *Desmodora sp.1* και *Microlaimus sp.1*, είχαν ποσοστό συμμετοχής 27%, 10% και 6% αντίστοιχα, αποτελώντας το 44% της συνολικής αφθονίας του συγκεκριμένου σταθμού (**Πίνακας 14**). Το πρότυπο αυτό έχει αναφερθεί ξανά στους σταθμούς 0, 5 και 25 με μικρές διαφορές στις αφθονίες των συγκεκριμένων ειδών.

Συγκρίνοντας τις αφθονίες των ειδών του σταθμού αυτού με τον αντίστοιχο σταθμό της περιοχής MD1, παρατηρείται η ύπαρξη 33 επιπλέον ειδών στην MD3 περιοχή, ενώ το είδος *Desmodora sp.1* βρίσκεται ανάμεσα στα τρία πιο άφθονα είδη και στις δύο περιοχές (με ποσοστά, MD1: 11% και MD3: 10%).

**Πίνακας 14.** Κατανομή των 10 πιο άφθονων ειδών (άτομα/10cm<sup>2</sup>) του σταθμού 50 και τις τρεις εποχές για την περιοχή MD3.

Είδη	Ιούλιος 2001	Μάρτιος 2002	Οκτώβριος 2002	Σύνολο	%
<i>Prochromadorella sp.1</i>	88	55	10	153	27
<i>Desmodora sp.1</i>	30	7	21	58	10
<i>Microlaimus sp.1</i>	4	0	30	35	6
<i>Comesoma sp.1</i>	18	4	11	33	6
<i>Praeacanthonchus sp.1</i>	1	15	0	16	3
<i>Acanthopharynx sp.1</i>	0	15	1	16	3
<i>Bolbolaimus sp.1</i>	0	0	15	15	3
<i>Chromadorita sp.1</i>	6	2	5	14	2
<i>Spirinia sp.1</i>	1	6	6	13	2
<i>Desmodora sp.3</i>	1	0	10	11	2

Στο σταθμό μάρτυρα που δεν επηρεάζεται από τη δράση της ιχθυοκαλλιέργειας, βρέθηκαν 93 διαφορετικά είδη. Από αυτά τα τρία πιο άφθονα *Microlaimus sp.1*, *Prycholaimellus sp.1* και *Molgolaimus sp.1* είχαν ποσοστό

συμμετοχής 8%, 8% και 4% αντίστοιχα, αποτελώντας το 20% επί του συνόλου της αφθονίας αυτού του σταθμού (**Πίνακας 15**). Στο σταθμό αυτό φαίνεται να επικρατεί ένα διαφορετικό πρότυπο βιοκοινωνίας από αυτό που συνήθιζε να υπάρχει στους σταθμούς κοντά στους ιχθυοκλωβούς με εξαίρεση το είδος *Microlaimus sp.1* που είναι και σε αυτό το σταθμό άφθονο. Το είδος *Prochromadorella sp.1* δε φαίνεται να υπάρχει ανάμεσα στα πιο άφθονα είδη όπως συνήθιζε να υπάρχει στους σταθμούς κοντά στους κλωβούς.

Ο σταθμός μάρτυρας αυτής της περιοχής, πέρα από την ομοιότητά του όσον αφορά τον αριθμό των ειδών που βρέθηκαν στον αντίστοιχο σταθμό της περιοχής MD1 (**Πίνακας 6**), δε φαίνεται να παρουσιάζει σχεδόν καμία ομοιότητα στη σύσταση της βιοκοινωνίας. Η μόνη ομοιότητα ανάμεσά τους είναι δύο είδη, τα *Desmodora sp.1* και *Viscosia sp.1* (με ποσοστά, MD1: 6% MD3: 4% και MD1: 2% MD3: 4% αντίστοιχα για το κάθε είδος).

**Πίνακας 15.** Κατανομή των 10 πιο άφθονων ειδών (άτομα/10cm<sup>2</sup>) του σταθμού μάρτυρα και τις τρεις εποχές για την περιοχή MD3.

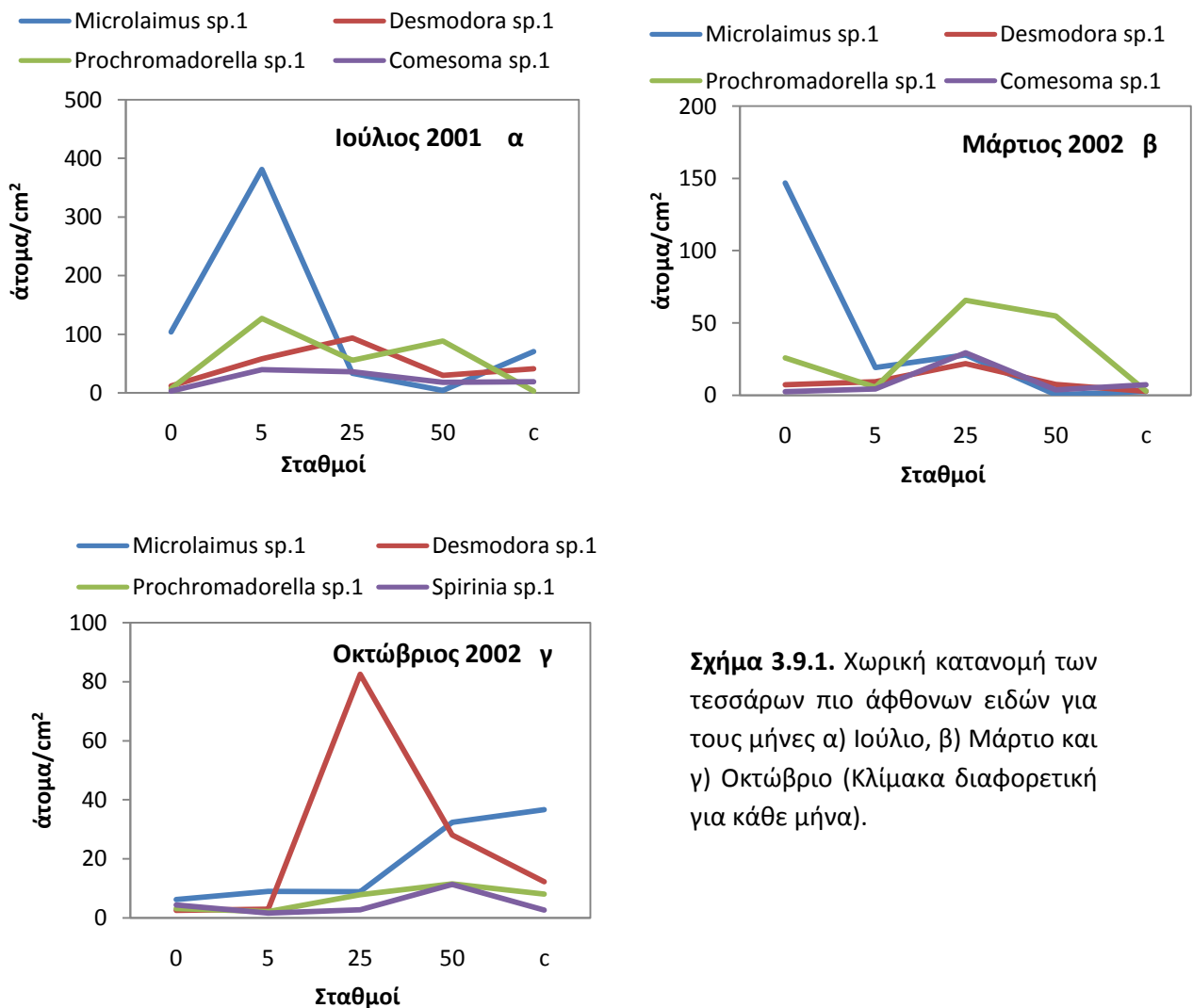
Είδη	Ιούλιος 2001	Μάρτιος 2002	Οκτώβριος 2002	Σύνολο	%
<i>Microlaimus sp.1</i>	70	3	37	110	8
<i>Ptycholaimellus sp.1</i>	105	0	3	108	8
<i>Molgolaimus sp.1</i>	12	33	14	59	4
<i>Desmodora sp.1</i>	41	3	12	56	4
<i>Daptonema sp.1</i>	36	15	1	52	4
<i>Viscosia sp.1</i>	44	5	3	52	4
<i>Terschellingia sp.3</i>	35	8	1	45	3
<i>Richtersia sp.1</i>	37	6	0	44	3
<i>Halalaimus sp.1</i>	33	2	0	35	2
<i>Thalassomonhystera sp.1</i>	24	9	1	34	2

Στα παρακάτω διαγράμματα (**Σχήμα 3.9.1**) παρουσιάζονται τα είδη με τις μεγαλύτερες αφθονίες σε όλους τους σταθμούς για τον κάθε μήνα ξεχωριστά. Το μήνα Ιούλιο φαίνεται η κυριαρχία του είδους *Microlaimus sp.1* στο σταθμό 5 με μέγιστη αφθονία ( $381 \pm 79$  άτομα/10cm<sup>2</sup>), ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς η αφθονία του είναι εμφανώς μικρότερη. Το είδος *Prochromadorella sp.1* παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αφθονία του στους σταθμούς 5 και 50 ( $126 \pm 23$  άτομα/10cm<sup>2</sup> και  $88 \pm 75$  άτομα/10cm<sup>2</sup> αντίστοιχα ) ενώ έχει σχεδόν μηδενική παρουσία στο σταθμό 0 και στο σταθμό μάρτυρα. Το είδος *Desmodora sp.1* φαίνεται να έχει αυξημένη αφθονία στο σταθμό 25 ( $94 \pm 89$  άτομα/10cm<sup>2</sup>) και σχεδόν μηδενική στο σταθμό 0.



Το είδος *Comesoma sp.1* φαίνεται να έχει παρόμοιες αφθονίες σε όλους τους σταθμούς εκτός από το σταθμό 0 που έχει μηδενική τιμή (Σχήμα 3.9.1 α).

Το Μάρτιο, φαίνεται ότι τα κυρίαρχα είδη είναι τα ίδια με αυτά του Ιουλίου. Το είδος *Microlaimus sp.1* παρουσιάζει αισθητά μεγαλύτερη αφθονία από τα υπόλοιπα είδη στον σταθμό 0 ( $147 \pm 12$  άτομα/10cm<sup>2</sup>), ενώ σχεδόν μηδενική είναι η αφθονία του στους σταθμούς 50 και μάρτυρα. Το είδος *Desmodora sp.1* παρουσιάζει περίπου το ίδιο πρότυπο με τον Ιούλιο και το είδος *Comesoma sp.1* έχει τη μεγαλύτερη αφθονία στον σταθμό 25, ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς η παρουσία του είναι σχεδόν μηδενική. Το είδος *Prochromadorella sp.1* που τον Ιούλιο ήταν άφθονο στους σταθμούς 5 και 50, τώρα η αφθονία του έχει μετατοπιστεί στο σταθμό 25 και 50, ενώ σχετικά αυξημένο φαίνεται και στο σταθμό 0 (Σχήμα 3.9.1 β).



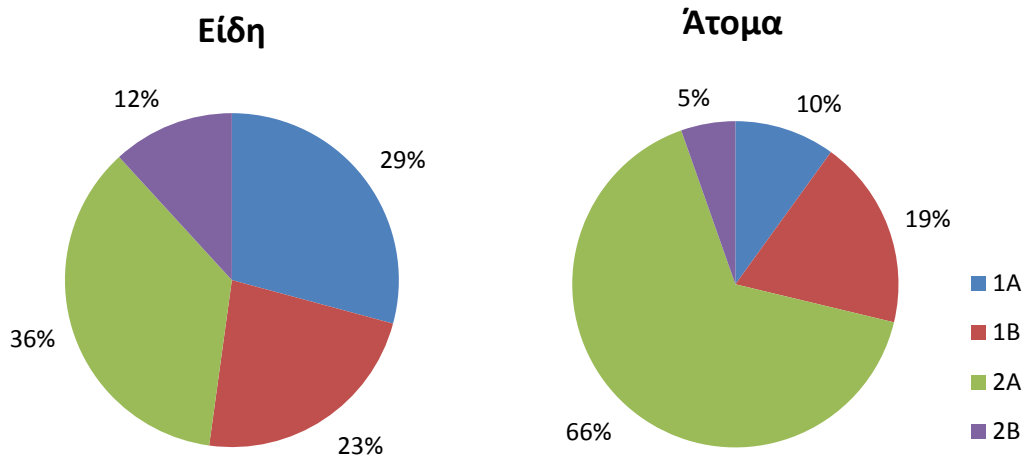
**Σχήμα 3.9.1.** Χωρική κατανομή των τεσσάρων πιο άφθονων ειδών για τους μήνες α) Ιούλιο, β) Μάρτιο και γ) Οκτώβριο (Κλίμακα διαφορετική για κάθε μήνα).

Τον Οκτώβριο αλλάζει λίγο το πρότυπο κατανομής καθώς το είδος *Comesoma sp.1* έχει αντικατασταθεί τώρα από το είδος *Spirinia sp.1*. (Σχήμα 3.9.1 γ). Γενικά, οι αφθονίες των ειδών είναι πολύ χαμηλές με εξαίρεση το είδος *Desmodora sp.1* που η αφθονία του παρατηρείται πολύ αυξημένη στο σταθμό 25 ( $83 \pm 22$  άτομα/10cm<sup>2</sup>), ενώ στους σταθμούς 0 και 5 η παρουσία του είναι σχεδόν μηδενική. Το είδος *Microlaimus sp.1* διατηρεί χαμηλές τιμές αφθονίας στους σταθμούς 0, 5 και 25, ενώ αυξάνει στο σταθμό 50 και στο σταθμό μάρτυρα. Το νεοεισαχθέν είδος *Spirinia sp.1* φαίνεται αυξημένο στο σταθμό 50 ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς έχει σχεδόν μηδενικές τιμές.

Συγκρίνοντας σύντομα τις δύο περιοχές, παρατηρούμε ότι τα είδη με τις μεγαλύτερες αφθονίες είναι εντελώς διαφορετικά. Στην περιοχή MD1 το είδος που επαναλαμβάνεται και τους τρεις μήνες είναι το *Daptonema sp.1* και ανάλογα το μήνα εναλλάσσονται τα *Odontophora sp.1* και *Maryllynia sp.1* (Σχήμα 3.3.1). Ενώ στη MD3 περιοχή βλέπουμε και τους τρεις μήνες να επικρατούν τα *Microlaimus sp.1*, *Desmodora sp.1* και *Prochromadorella sp.1*. Μια ομοιότητα που φαίνεται να υπάρχει ανάμεσα στις δύο περιοχές είναι ότι και στην MD3 το επικρατές είδος (*Microlaimus sp.1*), παρουσιάζει έντονη αύξηση στο σταθμό ακριβώς κάτω από τους κλωβούς το Μάρτιο, κάτι που συνέβαινε στην περιοχή MD1 με το είδος *Daptonema sp.1*.

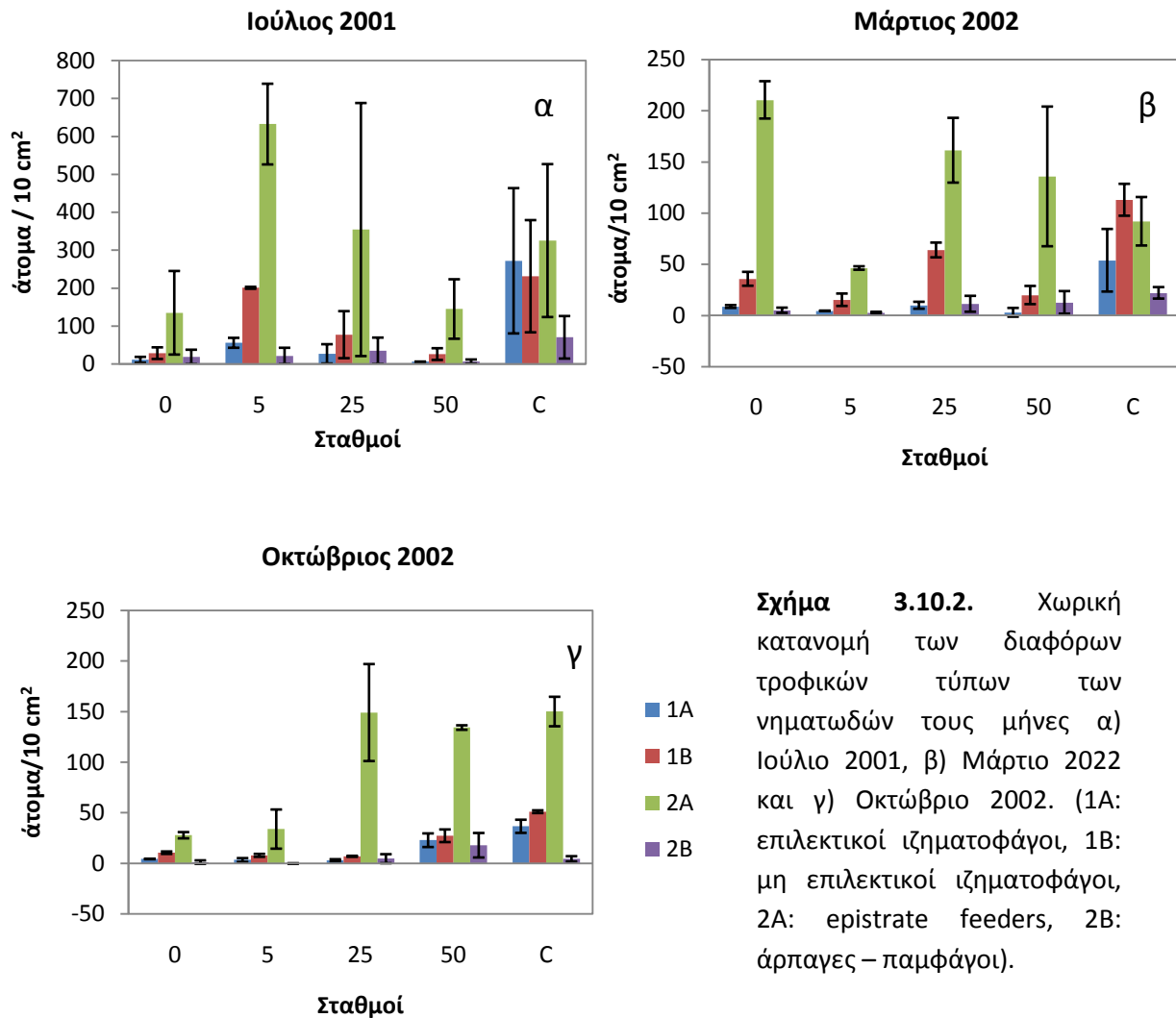
### **3.10. Πρότυπα κατανομής των τροφικών τύπων των νηματωδών στην περιοχή MD3.**

Η κατάταξη σε τροφικούς τύπους σύμφωνα με τη μέθοδο του Wieser (1953), έδειξε ότι στο σύνολο των 161 ειδών που βρέθηκαν στην περιοχή MD3, τα περισσότερα (58 είδη) ήταν άτομα τα οποία τρέφονται «βόσκοντας» την επιπανίδα ή την επιχλωρίδα που αναπτύσσεται πάνω στην επιφάνεια των κόκκων του ιζήματος (epistrate feeders) με ποσοστό 36%. Επίσης, τα περισσότερα άτομα που προσδιορίστηκαν ήταν epistrate feeders, με ποσοστό 66%. Ενώ σε πολύ μικρότερο ποσοστό (5%) στο σύνολο των ατόμων φαίνεται να υπάρχουν οι άρπαγες – παμφάγοι (Σχήμα 3.10.1)



**Σχήμα 3.10.1.** Ποσοστιαία συμμετοχή των διαφόρων τροφικών τύπων των νηματωδών α) στο σύνολο των ειδών (161 είδη) που βρέθηκαν και β) στο σύνολο των ατόμων (2450 άτομα) που προσδιορίστηκαν. (1A: επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι, 1B: μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι, 2A: epistrate feeders, 2B: άρπαγες – παμφάγοι).

Τον Ιούλιο του 2001 δεν φαίνεται να υπάρχει καμία στατιστικά σημαντική διαφορά (ANOVA,  $p > 0.05$ ) των τροφικών τύπων των νηματωδών ανάμεσα στους σταθμούς (**Σχήμα 3.10.2 α**), ενώ τον Μάρτιο του 2002 οι επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι και οι μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι σημείωσαν στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς (ANOVA  $p < 0,05$ ), ενώ οι υπόλοιπες ομάδες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (**Σχήμα 3.10.2 β**). Τέλος, τον Οκτώβριο του 2002 φαίνεται ότι οι ομάδες των μη επιλεκτικών ιζηματοφάγων, των επιλεκτικών ιζηματοφάγων και των παμφάγων έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς (**Σχήμα 3.10.2.γ**). Γενικά, και τις τρεις εποχές η ομάδα που φαίνεται να κυριαρχεί είναι αυτή των epistrate feeders.

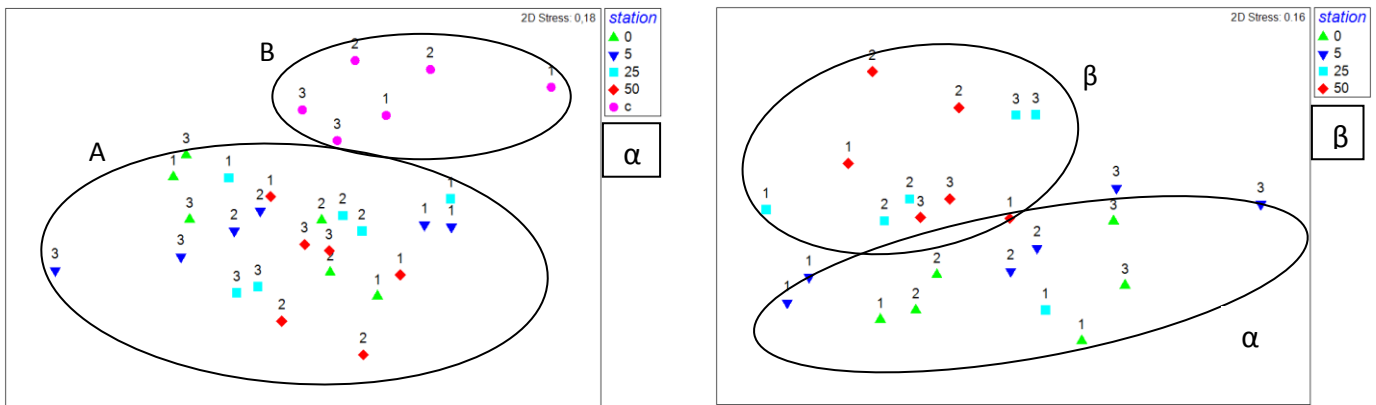


**Σχήμα 3.10.2.** Χωρική κατανομή των διαφόρων τροφικών τύπων των νηματωδών τους μήνες α) Ιούλιο 2001, β) Μάρτιο 2002 και γ) Οκτώβριο 2002. (1A: επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι, 1B: μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι, 2A: epistrate feeders, 2B: άρπαγες – παμφάγοι).

### 3.11 Πολύ-μεταβλητή ανάλυση

Τα αποτελέσματα της διευθέτησης που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου MDS στο σύνολο των ειδών των νηματωδών και για τις τρεις εποχές μαζί φαίνονται στο **Σχήμα 3.11.1**. Στο αριστερό σχήμα (**Σχήμα 3.11.1 α**) φαίνονται δύο ομάδες, η ομάδα Α που περικλείει όλους τους σταθμούς εκτός από το σταθμό μάρτυρα και ομάδα Β που είναι μόνο ο σταθμός μάρτυρας. Η εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM) απέδειξε πως η ομαδοποίηση είναι στατιστικά σημαντική ( $R: 0.552$  και επίπεδο σημαντικότητας  $p = 0.001$ ). Στο σχήμα δεξιά (**Σχήμα 3.11.1 β**), φαίνονται τα αποτελέσματα της διευθέτησης χωρίς όμως το σταθμό μάρτυρα. Εδώ προκύπτουν επίσης δύο ομάδες, η ομάδα α στην οποία συμπεριλαμβάνονται οι σταθμοί 0 και 5, και η ομάδα β που συμπεριλαμβάνει τους

σταθμούς 25 και 50. Και εδώ, η εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης ομοιότητας (ANOSIM) απέδειξε πως η ομαδοποίηση είναι στατιστικά σημαντική (R: 0.196 και επίπεδο σημαντικότητας  $p = 0.009$ ).



**Σχήμα 3.11.1.** Διάγραμμα MDS των σταθμών δειγματοληψίας και των τριών εποχών (1: Ιούλιος 2001, 2: Μάρτιος 2002, 3: Οκτώβριος 2002), α) όλοι οι σταθμοί και β) χωρίς τον σταθμό μάρτυρα. Στα δεδομένα εφαρμόστηκε μετασχηματισμός τετραγωνικής ρίζας.

Η ποσοστιαία συμμετοχή των επιμέρους ειδών στη συνολική ανομοιότητα του δείκτη Bray-Curtis μεταξύ των διαφόρων ομάδων που φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα MDS, αναλύθηκε με το πρόγραμμα SIMPER (Πίνακας 16.1 και Πίνακας 16.2), χωρίς να εφαρμοστεί κάποιος μετασχηματισμός στα δεδομένα.

Όσον αφορά τη διαφοροποίηση ανάμεσα στην ομάδα Α και την ομάδα Β, τα είδη *Microlaimus sp.1*, *Prochromadorella sp.1* και *Desmodora sp.1* ήταν τα είδη που συμμετείχαν περισσότερο στη δημιουργία της ανομοιότητας μεταξύ των δύο ομάδων. Σημαντικά είδη τα οποία βρέθηκαν να είναι χαρακτηριστικά για την ομάδα Α ήταν τα είδη *Microlaimus sp.1*, *Prochromadorella sp.1*, *Desmodora sp.1* και *Comesoma sp.1*. Στην ομάδα Β από την άλλη, εκτός από τα *Microlaimus sp.1* και *Desmodora sp.1* που ήταν σημαντικά και στην ομάδα Α, άλλα σημαντικά είδη ήταν τα *Datonema sp.1* και *Molgolaimus sp.1*. Όλα τα παραπάνω είδη είχαν ποσοστό συμμετοχής στο δείκτη Bray-Curtis μεγαλύτερη από 5%.

Όσον αφορά τη διαφοροποίηση ανάμεσα στην ομάδα α και την ομάδα β, τα είδη *Microlaimus sp.1*, *Prochromadorella sp.1* και *Desmodora sp.1* ήταν και εδώ τα

είδη που συμμετείχαν περισσότερο στη δημιουργία της ανομοιότητας μεταξύ των δύο ομάδων. Σημαντικά είδη τα οποία βρέθηκαν να είναι χαρακτηριστικά για την ομάδα α ήταν επίσης τα είδη *Microlaimus sp.1*, *Prochromadorella sp.1* και *Desmodora sp.1*. Στην ομάδα β από την άλλη, εκτός από τα *Microlaimus sp.1*, *Desmodora sp.1* και *Prochromadorella sp.1* που ήταν σημαντικά και στην ομάδα α, άλλα σημαντικά είδη ήταν τα *Comesoma sp.1* και *Spirinia sp.1*. Όλα τα παραπάνω είδη είχαν ποσοστό συμμετοχής στο δείκτη Bray-Curtis μεγαλύτερη από 5%.

Πριν από τη διερεύνηση για το ποιες από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους που μετρήθηκαν εξηγούν καλύτερα την κατανομή της πανίδας, ελέγχθηκε αν υπάρχει καταρχάς συσχέτιση ανάμεσα στα πανιδικά και φυσικοχημικά δεδομένα. Έτσι, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Spearman, φάνηκε πως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των περιβαλλοντικών παραμέτρων του ιζήματος και των διαφόρων πανιδικών δεδομένων. Η σύγκριση έγινε ανάμεσα στη μήτρα με τις Ευκλείδειες αποστάσεις των φυσικοχημικών και τη μήτρα του δείκτη ομοιότητας Bray-Curtis από τα διάφορα πανιδικά δεδομένα. Επίσης, σύμφωνα με τα κριτήρια που θέσανε οι Clarke & Ainsworth (1993) και προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων, εφαρμόστηκε η μέθοδος για το συντελεστή συσχέτισης του Pearson. Τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής έδειξαν πως υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της χλωροφύλλης α, των φαιοχρωστικών και CPE ( $\rho > 0.91$ ). Για το λόγο αυτό στη μέθοδο BIOENV που ακολουθεί δε συμπεριλαμβάνονται οι φαιοχρωστικές και το CPE. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης BIOENV φαίνονται στον **πίνακα 17**.

Την καλύτερη συσχέτιση ( $R=0.318$ ) έδωσε η μέση διάμετρος των κόκκων του ιζήματος. Η τιμή αυτή είναι αρκετά μικρή και δείχνει ότι τα δεδομένα των νηματωδών δεν εξηγούνται ιδιαίτερα καλά από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους που μετρήθηκαν, μιας και ο συντελεστής συσχέτισης δεν είναι τόσο κοντά στο 1. Αυτό που θα μπορούσαμε να πούμε είναι πως ο βασικότερος παράγοντας που καθορίζει την κατανομή των νηματωδών είναι ο τύπος του ιζήματος.

**Πίνακας 16.1** Αποτελέσματα από την ανάλυση SIMPER στα δεδομένα αφθονίας των νηματωδών (για το **Σχήμα 3.10.1 α**) όπου φαίνεται η συμμετοχή του κάθε είδους στην μέση τιμή ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis. Συμπεριλαμβάνονται τα είδη τα οποία συνολικά επεξηγούν το 70% της ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis.

Συγκρίσεις Είδη	Μέση αφθονία (άτομα/10 cm <sup>2</sup> )		Δείκτης ανομοιότητας Bray-Curtis	% συμμετοχή στον δείκτη ανομοιότητας Bray-Curtis	Αθροιστικό %
	Ομάδα Α	Ομάδα Β			
Microlaimus sp.1	64.45	36.61	8.74	10.44	10.44
Prochromadorella sp.1	37.77	4.55	4.68	5.58	16.02
Desmodora sp.1	29.6	18.73	4.31	5.15	21.17
Molgolaimus sp.1	1.12	19.61	3.85	4.6	25.77
Ptycholaimellus sp.1	0.11	36.11	2.32	2.77	28.55
Daptonema sp.1	3.53	17.45	2.2	2.63	31.17
Terschellingia sp.3	1.31	14.97	2.15	2.57	33.74
Comesoma sp.1	12.93	9.66	2.01	2.4	36.15
Viscosia sp.1	4.54	17.2	1.69	2.02	38.16
Catanema sp.1	0.3	6.3	1.53	1.83	40
Sabatieria sp.2	0.15	6.86	1.49	1.78	41.77
Richtersia sp.1	0	14.59	1.45	1.74	43.51
Elzalia sp.1	3.3	4.82	1.32	1.58	45.09
Thalassomonhystera sp.1	0.72	11.46	1.32	1.57	46.66
Richtersia sp.2	1.05	10.05	1.16	1.39	48.05
Chromadorita sp.1	2.15	5.27	1.16	1.39	49.44
Actinonema sp.1	7.37	2.39	1.12	1.33	50.77
Marylynnia sp.1	1.89	9.51	1.06	1.27	52.04
Setosabatieria sp.1	0.2	4.72	1.06	1.26	53.3
Theristus sp.3	0	3.89	0.99	1.18	54.48
Pselionema sp.1	0	9.13	0.9	1.07	55.55
Halalaimus sp.1	0.73	11.63	0.87	1.04	56.59
Epsilonema sp.1	0.44	4.28	0.86	1.03	57.63
Thalassomonhystera sp.2	0.45	9.08	0.85	1.01	58.64
Leptolaimus sp.1	0.59	3.56	0.82	0.98	59.62
Tricoma sp.1	0	8.77	0.8	0.96	60.57
Sabatieria sp.1	0	8.22	0.74	0.89	61.46
Pomponema sp.1	0.12	2.91	0.73	0.88	62.34
Cyartonema sp.1	1.38	3.29	0.73	0.87	63.2
Spirinia sp.1	3.19	2.59	0.72	0.86	64.06
Metalinhomoeus sp.1	2.86	3.56	0.71	0.84	64.91
Microlaimus sp.2	0.84	2.97	0.7	0.83	65.74
Comesa sp.1	0.45	5.38	0.68	0.81	66.55
Praeacanthochus sp.1	1.79	4.74	0.68	0.81	67.36
Dorylaimopsis sp.1	0.06	3.36	0.66	0.79	68.15
Pselionema sp.2	0	8.12	0.63	0.75	68.9
Paracanthochus sp.1	0.95	5.23	0.6	0.72	69.62

**Πίνακας 16.2** Αποτελέσματα από την ανάλυση SIMPER στα δεδομένα αφθονίας των νηματωδών (για το **Σχήμα 3.10.1 β**) όπου φαίνεται η συμμετοχή του κάθε είδους στην μέση τιμή ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis. Συμπεριλαμβάνονται τα είδη τα οποία συνολικά επεξηγούν το 70% της ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis.

Συγκρίσεις Είδη	Μέση αφθονία (άτομα/10 cm <sup>2</sup> )		Δείκτης ανομοιότητας Bray-Curtis	% συμμετοχη στον δείκτη ανομοιότητας	
	Ομάδα α	Ομάδα β		Bray-Curtis	Αθροιστικό %
Microilaimus sp.1	8.36	3.5	5.13	7.25	7.25
Prochromadorella sp.1	3.95	5.86	4	5.65	12.9
Desmodora sp.1	3.31	5.81	3.4	4.8	17.7
Comesoma sp.1	1.78	3.59	2.78	3.92	21.62
Viscosia sp.1	1.4	0.96	1.54	2.17	23.79
Desmodora sp.3	1.1	1.62	1.45	2.05	25.84
Daptonema sp.1	0.94	1.09	1.37	1.94	27.78
Spirinia sp.1	0.93	1.81	1.37	1.93	29.71
Acanthopharynx sp.1	0.35	1.13	1.36	1.92	31.63
Chromadorita sp.1	0.51	1.31	1.35	1.91	33.55
Metalinhomoeus sp.1	1.51	0.65	1.34	1.89	35.44
Terschellingia goubaultae	1.1	1.09	1.31	1.85	37.29
Neochromadora sp.1	0.63	1.38	1.27	1.79	39.08
Actinonema sp.1	0.76	1.36	1.2	1.7	40.78
Elzalia sp.1	1.15	0.77	1.16	1.64	42.42
Metadesmolaimus sp.1	1.3	0.49	1.14	1.62	44.04
Anticomma sp.1	0.38	1.17	1.11	1.57	45.6
Metalinhomoeus sp.3	1.07	0.34	1.11	1.56	47.17
Viscosia sp.2	0.25	1.25	1.1	1.56	48.72
Theristus sp.1	0.98	0.38	1.1	1.56	50.28
Praeacanthochus sp.1	0.29	1.1	1.1	1.55	51.83
Promonhystera sp.1	1.14	0.23	1.05	1.49	53.32
Metacyatholaimus sp.1	0.99	0.83	1.04	1.47	54.79
Longicyatholaimus sp.1	0.64	0.86	1.01	1.42	56.21
Parapinnanema sp.1	0	0.94	0.97	1.37	57.58
Desmolaimus sp.1	1.02	0.33	0.88	1.25	58.83
Spirinia schneideri	0.5	0.46	0.86	1.22	60.04
Nannolaimoides sp.1	0.12	0.94	0.85	1.2	61.24
Marylynnia sp.1	0.59	0.65	0.85	1.2	62.45
Innocuonema sp.1	0	0.82	0.77	1.09	63.53
Spirinia sp.3	0.5	0.35	0.75	1.05	64.59
Microilaimus sp.2	0.36	0.59	0.72	1.02	65.6
Leptonemella sp.1	0.55	0.29	0.72	1.01	66.61
Richtersia sp.2	0.09	0.8	0.69	0.97	67.59
Stylotheristus sp.1	0.61	0	0.69	0.97	68.56
Eurystomina sp.1	0.35	0.68	0.67	0.95	69.51

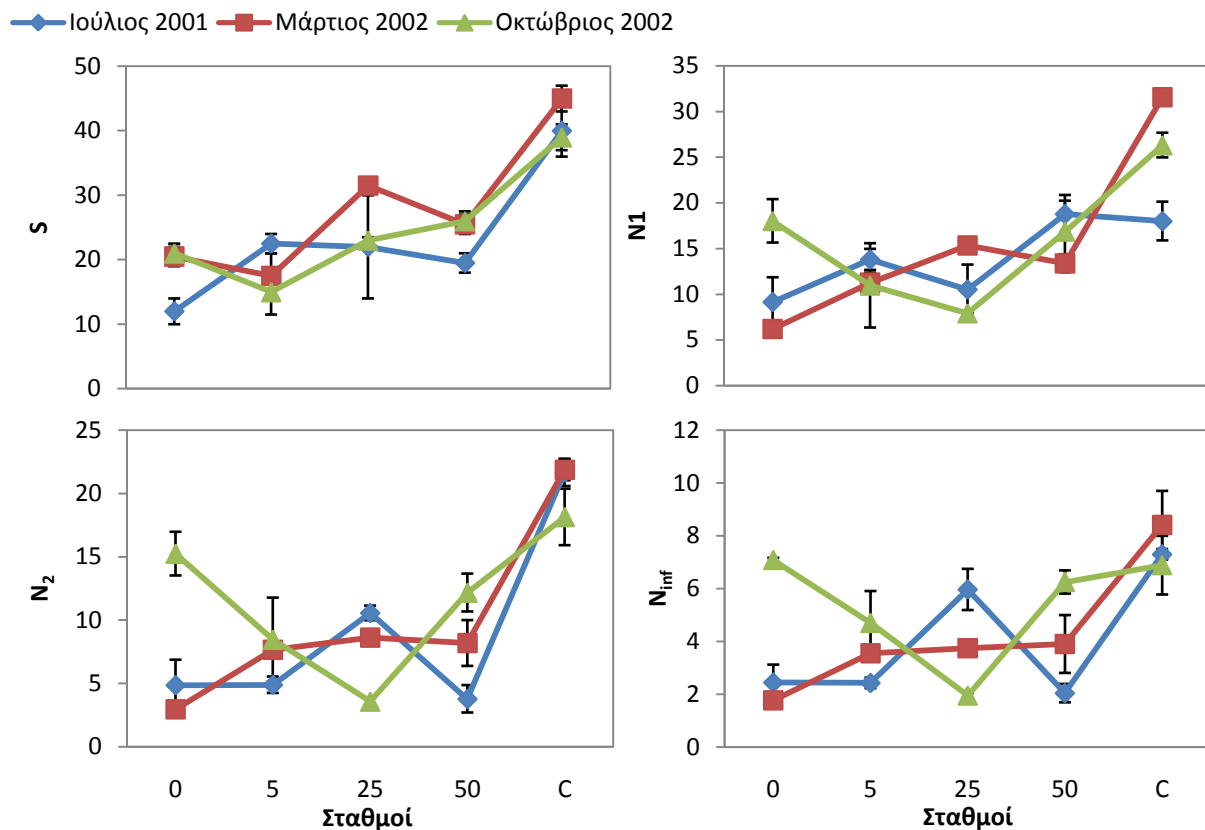


**Πίνακας 17.** Αποτελέσματα της ανάλυσης BIOENV. k=i ο αριθμός των παραγόντων που συνδυάστηκαν κάθε φορά.

k	Καλύτερος συνδιασμός
1	MΔ 0.318
2	MΔ, Sk1 0.267
3	Sk1, MΔ, % Silt & Clay 0.261

### 3.12. Δείκτες βιοποικιλότητας

Οι διάφοροι δείκτες βιοποικιλότητας, οι οποίοι υπολογίστηκαν με βάση το είδος στους διάφορους σταθμούς φαίνονται στο **Σχήμα 3.12.1 α,β,γ,δ**. Για τον αριθμό των ειδών  $S$ , δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών εποχών, παρόλα αυτά φάνηκε να υπάρχει διαφορά μεταξύ των σταθμών (**Πίνακας 10**), συγκεκριμένα ο σταθμός μάρτυρας διέφερε από όλους τους υπόλοιπους σταθμούς. Αυτό που παρατηρείται είναι μία τάση αύξησης του αριθμού των ειδών σε συνάρτηση με την απόσταση από τους ιχθυοκλωβούς. Ο δείκτης  $N_1$ , τον Ιούλιο και τον Μάρτιο σημείωσε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς (ANOVA,  $p < 0.05$ ) και ιδιαίτερα, ο σταθμός μάρτυρας διέφερε από τους υπόλοιπους που δείχνει την βιοποικιλότητα αυξάνει καθώς αυξάνεται η απόσταση από τους ιχθυοκλωβούς. Ο σταθμός μάρτυρας είναι αυτός που φαίνεται να συγκεντρώνει τη μεγαλύτερη βιοποικιλότητα, ιδιαίτερα τον μήνα Οκτώβριο. Οι δείκτες  $N_2$  και  $N_{inf}$  σημείωσαν στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς και τις τρεις εποχές (ANOVA,  $p < 0.05$ ), με το σταθμό μάρτυρα να διαφέρει από τους υπόλοιπους.



**Σχήμα 3.12.1.** Χωρική διακύμανση α) του αριθμού των ειδών  $S$ , των δεικτών βιοποικιλότητας β)  $N_1$ , γ)  $N_2$  και δ)  $N_{inf}$

### 3.13 Συσχετίσεις

Στον **Πίνακα 18** δίνονται οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης  $R$  του Spearman μεταξύ των διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων, των χαρακτηριστικότερων ειδών και των δύο περιοχών, των τεσσάρων τροφικών τύπων και των διαφόρων δεικτών ποικιλότητας. Όσον αφορά τα είδη, τα περισσότερα εμφάνισαν θετική συσχέτιση με τις φαιοχρωστικές, το συντελεστή διαλογής και το ποσοστό ιλύος-αργίλου, ενώ αρνητική συσχέτιση εμφάνισαν με τη μέση διάμετρο των κόκκων, το δυναμικό οξειδοαναγωγής και το συντελεστή λοξότητας. Επίσης, τέσσερα από τα χαρακτηριστικά είδη της περιοχής MD1 εμφάνισαν θετική συσχέτιση με το CPE, ενώ κανένα δεν έδειξε να σχετίζεται με τον λόγο του άνθρακα προς το άζωτο. Οι δείκτες  $S$  και  $N_1$  σχετίζονται θετικά με τη μέση διάμετρο των κόκκων, το δυναμικό οξειδοαναγωγής και το συντελεστή λοξότητας, ενώ παρουσιάζουν αρνητική συσχέτιση με το ποσοστό ιλύος-αργίλου. Τέλος, οι

τροφικοί τύποι παρουσιάζουν αρνητική συσχέτιση με τη μέση διάμετρο των κόκκων και τον συντελεστή λοξότητας, ενώ θετική συσχέτιση φαίνεται να έχουν με τις φαιοχρωστικές και το συντελεστή διαλογής.

**Πίνακας 18.** Συντελεστής συσχέτισης *R* του Spearman μεταξύ των διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων, των χαρακτηριστικότερων ειδών των δύο περιοχών, των τροφικών τύπων και των διαφόρων δεικτών ποικιλότητας (απεικονίζονται μόνο οι στατιστικά σημαντικές σχέσεις.  $P < 0.05$ : \*  $P < 0.001$ : \*\*)

	%C	C/N	CPE	Χλωρ. <i>a</i>	Φαιοχρ.	Δυναμικό οξειδοαναγωγή	MΔ	σ1	Sk1	%-Ιλυς - άργυλος
<b>Είδη</b>										
Daptonema sp.1			0,411**		0,562**	_-3,66**	_-0,752**	0,705**	_-0,676**	0,746**
Desmodora sp.1								_-0,300*		_-0,275*
Marylynnia sp.1	_-0,407**		0,348**		0,457**	_-0,388**	_-0,470**	0,490**	_-0,421**	0,505**
Microlaimus sp.1				_-0,305*						
Odontophora sp.1					0,281*	_-0,363**	_-0,634**	0,478**	_-0,579**	0,611**
Prochromadorella sp.1							_-0,280*			0,313*
Comesoma sp.1										
Tershellingia goubaultae			0,284*		0,407**	_-0,393**	_-0,615**	0,542**	0,466**	0,564**
Tershellingia sp.3			0,393**		0,482**	_-0,491**	_-0,514**	0,362**	_-0,482**	0,489**
Spirinia sp.1	0,339**						0,305*	_-0,438**		_-0,378**
Neochromadora sp.1	0,258*									
<b>Δείκτες ποικιλότητας</b>										
S					_-0,272*	0,408**	0,375**	_-0,371**	0,361**	_-0,386**
N1			_-0,277*			0,332**	0,306*		0,320**	_-0,285**
N2						0,273*				
Ninf										
<b>Τροφικοί τύποι</b>										
1A	0,282*				0,259*		_-0,456**	0,306*	_-0,284**	0,399**
1B					0,255*		_-0,358**			
2A			0,316*		0,485**	_-0,356**	_-0,703**	0,656**	_-0,509**	
2B	_-0,269						_-0,391**	0,270*	_-0,288**	0,367**

## 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1. Περιβαλλοντικοί παράμετροι

Οι εκροές από τα δύο ιχθυοτροφεία που μελετήθηκαν είχαν διαφορετική επίδραση στο βενθικό οικοσύστημα που εκτείνονταν κάτω από τους ιχθυοκλωβούς αλλά και σε μια απόσταση από αυτούς. Τα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής είναι αυτά που πιθανότατα συμβάλλουν και στη διαφορετική απόκριση των μειοβενθικών οργανισμών. Ο τύπος του ιζήματος και η συσσώρευση οργανικού υλικού και θρεπτικών για παράδειγμα, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη σύνθεση της βιοκοινωνίας, καθώς διαφορετικά είδη επικρατούν συνήθως σε κάθε ξεχωριστή περίπτωση.

Το ιζημα κοντά στους ιχθυοκλωβούς της περιοχής MD1 αποτελούταν από λεπτόκοκκη άμμο και το ποσοστό ιλύος – αργίλου κυμαινόταν από 30% έως 50%. Ο οργανικός άνθρακας παρουσίασε εποχικότητα με αυξημένες τιμές τον Οκτώβριο (μ.ο.=2.5%), ενώ τους άλλους δύο μήνες οι τιμές του ήταν σχετικά μικρότερες (μ.ο.=1.5%). Σε σχέση με την απόσταση από τους κλωβούς, ο οργανικός άνθρακας παρουσίασε ιδιαίτερα υψηλές τιμές μέχρι και την απόσταση των 50 μέτρων συγκρινόμενος με τον σταθμό μάρτυρα (0.05 – 0.3%). Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με αυτό των Hargrave et al. (1997) οι οποίοι μελετώντας τις επιπτώσεις από 7 διαφορετικά ιχθυοτροφεία σολομού στην ανατολική ακτή του Καναδά βρήκαν επίσης υψηλότερες τιμές οργανικού άνθρακα (κατά 40%) σε σχέση με τις τιμές του σταθμού μάρτυρα. Επίσης, οι Karakassis et al. (1998) σε μια μελέτη που έκαναν ώστε να διαπιστώσουν αν υπάρχουν εποχικές μεταβολές στα χαρακτηριστικά του ιζήματος κάτω από ιχθυοκλωβούς στην Ανατολική Μεσόγειο έδειξαν ειδικά για τον μήνα Ιούλιο, ότι ο οργανικός άνθρακας κάτω από τους κλωβούς είναι σχεδόν εικοσαπλάσιος από αυτόν στο σταθμό μάρτυρα.

Παρόμοιο πρότυπο με αυτό του οργανικού άνθρακα παρουσίασαν και οι χλωροφυλλούχες χρωστικές. Στο σταθμό κάτω από τους κλωβούς, η μεγαλύτερη τιμή για τη χλωροφύλλη α και τις φαιοχρωστικές σημειώθηκε τον Οκτώβριο. Γενικά, αυτό που παρατηρήθηκε ήταν μια τάση μείωσης των τιμών με την αύξηση της απόστασης από τους κλωβούς.

Αντιθέτως στην περιοχή MD3 το ίζημα αποτελούταν από χονδρόκοκκη άμμο και το ποσοστό ιλύος – αργίλου κυμαινόταν σε σχετικά χαμηλά επίπεδα 0.2 – 15%. Αυξημένες παρατηρήθηκαν οι τιμές του οργανικού άνθρακα τον Μάρτιο και τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Ιούλιο (μ.ο.: 14%, 10.5% και 1.5% αντίστοιχα). Οι τιμές αυτές είναι σχεδόν τετραπλάσιες αν συγκριθούν με τις αντίστοιχες τιμές της περιοχής MD1. Επιπλέον η τιμή της χλωροφύλλης και των φαιοχρωστικών φάνηκε αυξημένη στο σταθμό κάτω από τους κλωβούς τον Ιούλιο (8 mg/g και 9.7 mg/g αντιστοίχως), κάτι που στην περιοχή MD1 παρατηρούταν το μήνα Οκτώβριο. Γενικότερα στην περιοχή MD3, εκτός από το μήνα Ιούλιο, δε φάνηκε κάποια τάση μείωσης των χλωροφυλλούχων χρωστικών με την αύξηση της απόστασης από τους κλωβούς, ενώ τέτοια τάση έδειξε ο λόγος άνθρακα προς άζωτο ιδιαίτερα τους μήνες Μάρτιο και Οκτώβριο. Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο ίζημα σχετίζεται είτε με το φυτοβένθος, είτε με την καθίζηση των κυττάρων του φυτοπλαγκτού από τη στήλη του νερού στον πυθμένα. Η αύξηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης κάτω από τους κλωβούς μπορεί να αποδοθεί στην υψηλότερη παραγωγή του φυτοπλαγκτού ως αποτέλεσμα της αύξησης της αμμωνίας και των φωσφορικών καθώς και του αυξημένου ρυθμού καθίζησης εξαιτίας της μείωσης της ταχύτητας των ρευμάτων μεταξύ των κλωβών (Iwama 1991).

Παρόμοιες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε Μεσογειακές ιχθυοκαλλιέργειες (Karakassis et al. 1998, La Rosa et al. 2001) έχουν δείξει αυξημένες τιμές στις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης, των φαιοχρωστικών και του οργανικού άνθρακα κάτω από τους ιχθυοκλωβούς σε σχέση με το σταθμό μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα, οι Karakassis et al. (1998) τους μήνες Ιούλιο και Οκτώβριο βρήκαν τις τιμές της χλωροφύλλης περίπου 19 mg/g και 27 mg/g αντίστοιχα για τον κάθε μήνα και των φαιοχρωστικών περίπου 70 mg/g και 60 mg/g. Οι τιμές αυτές είναι πολύ μεγαλύτερες από τις τιμές που βρήκαμε στις περιοχές MD1 (περίπου πενταπλάσιες) και MD3. Οι Vezzulli et al. (2003) επίσης, μελετώντας την απόκριση της μειοπανίδας και του ιζήματος στην επίδραση μιας ιχθυοκαλλιέργειας στη Δυτική Μεσόγειο, παρατήρησαν ότι η τιμή της χλωροφύλλης  $a$  ήταν 10 φορές μεγαλύτερη κόντα στους κλωβούς από αυτή στο σταθμού μάρτυρα και η τιμή των φαιοχρωστικών περίπου 7 φορές μεγαλύτερη. Οι μειωμένες τιμές που παρατηρούνται στις δύο περιοχές που μελετήσαμε σε σχέση με άλλες μελέτες που

έχουν γίνει, πιθανότατα οφείλονται στη παραγωγή της κάθε μονάδας αλλά και στις αφθονίες των μειοπανιδικών οργανισμών οι οποίοι τρέφονται είτε με το οργανικό υλικό που εκρέει από τους κλωβούς είτε βόσκοντας την επιχλωρίδα.

#### 4.2. Αφθονίες νηματωδών

Η αφθονία των νηματωδών της περιοχής MD1 παρουσίασε εποχικότητα στους σταθμούς που βρισκόταν κοντά στους κλωβούς και σημείωσε τις μεγαλύτερες τιμές το Μάρτιο, ενώ ο σταθμός μάρτυρας δε φάνηκε να επηρεάζεται με την εναλλαγή των εποχών. Αξιοσημείωτη ήταν η πολύ αυξημένη αφθονία τους στο σταθμό 0 το μήνα Μάρτιο (περίπου 1750 άτομα/10 cm<sup>2</sup>) ενώ τους μήνες Ιούλιο και Οκτώβριο η αφθονία ήταν κοντά στα 50 άτομα/10 cm<sup>2</sup>. Οι ενδιάμεσοι σταθμοί επίσης είχαν αυξημένη αφθονία σε σχέση με το σταθμό 0 και το σταθμό μάρτυρα τους μήνες Ιούλιο και Οκτώβριο. Αυτή η ασυνήθιστη αύξηση της αφθονίας το Μάρτιο κάτω από τους κλωβούς, δεν σχετίζεται ιδιαίτερα με την κοκκομετρία μιας και αυτή δεν παρουσιάζει κάποιο εποχικό πρότυπο, αλλά ούτε με τις εκροές από τους ιχθυοκλωβούς, αφού δεν φαίνεται να αλλάζει πολύ η παραγωγή των εκτρεφόμενων ψαριών αυτό το μήνα σε σχέση με τον Ιούλιο (**Πίνακας 1**). Επίσης, τα αποτελέσματα της ανάλυσης BIOENV να μην έδειξαν μια συσχέτιση των πανιδικών δεδομένων με την κοκκομετρία και τα θρεπτικά, όμως δεν εξηγούν απόλυτα το αποτέλεσμα αυτό καθώς η συσχέτιση δεν ήταν ιδιαίτερα ισχυρή (R=0.669).

Πιθανότατα λοιπόν, να οφείλεται στην παρουσία του είδους *Daptonema* *sp.1*. το οποίο φαίνεται να είναι άφθονο το μήνα αυτό σε όλους τους σταθμούς που βρίσκονται κοντά στους κλωβούς. Τα είδη του γένους *Daptonema* έχει αναφερθεί ότι είναι ευκαιριακά και πολύ ανεκτικά σε διάφορα είδη διατάραξης, όπως στην αυξημένη συγκέντρωση υδρογονανθράκων στο ίζημα (Mahmoudi et al. 2005), σε περιοχές έντονης αναμόχλευσης (Boyd et al. 2000) του ιζήματος και στην αυξημένη συγκέντρωση οργανικού υλικού στο ίζημα. Συγκεκριμένα, οι Mirto et al. (2002) βρήκαν κάτω από ιχθυοκλωβούς το *Daptonema* να είναι το κυρίαρχο γένος το μήνα Φεβρουάριο (14.4%), ενώ τους υπόλοιπους μήνες η αφθονία του ήταν μηδενική, κάτι που συμφωνεί αρκετά με τα δικά μας αποτελέσματα. Οι Vezzulli et al. (2008) επίσης βρήκαν να κυριαρχεί το γένος *Daptonema* (14.3 ± 10.0%) κάτω από κλωβούς καλλιέργειας ερυθρού τόνου στην Τυρηναϊκή θάλασσα της Δυτικής Μεσογείου.

Αντιθέτως, η αφθονία στην περιοχή MD3 δεν παρουσίασε εποχικότητα και οι τιμές της βρίσκονταν σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα από αυτά της περιοχής MD1 (5 με 10 φορές μικρότερη), με εξαίρεση το σταθμό 5 και το σταθμό μάρτυρα τον Ιούλιο. Σε γενικές γραμμές, παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση της αφθονίας σε συνάρτηση με την απόστασης από τους κλωβούς. Είναι πλέον αποδεκτό ότι η δράση ενός ιχθυοτροφείου σε μια περιοχή προκαλεί άμεσες αλλαγές στα χαρακτηριστικά του ιζήματος (Mazzola et al. 1999) και κατ' επέκταση οι αλλαγές μπορεί να επηρεάσουν τη μειοπανίδα καθώς είναι γνωστό πως είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη σύσταση του ιζήματος (Higgins and Thiel 1988). Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης BIOENV ένα μικρό ποσοστό αυτού του αποτελέσματος της αφθονίας μπορεί να εξηγηθεί από την κοκκομετρία μιας και η συσχέτιση δεν ήταν ιδιαίτερα ισχυρή ( $R=0.318$ ). Καθώς στους σταθμούς κοντά στους κλωβούς το ίζημα είναι χονδρόκοκκη άμμος, το οξυγόνο και τα θρεπτικά διεισδύουν βαθύτερα μέσα στο ίζημα, θα μπορούσε η αφθονία των νηματωδών να είναι μετατοπισμένη κάτω από τα 2 εκατοστά και έτσι να μην ανιχνεύεται στα δικά μας αποτελέσματα. Επίσης, η παραγωγή της συγκεκριμένης μονάδας δεν είναι τόσο μεγάλη, με αποτέλεσμα να μην επηρεάζει τόσο έντονα το περιβάλλον γύρω της, οπότε γι' αυτό δεν παρατηρούνται πολύ μικρές τιμές αφθονίας στον σταθμό 0 ιδιαίτερα τους μήνες Ιούλιο και Μάρτιο, ούτε φαίνεται ξαφνική αύξηση στους ενδιάμεσους σταθμούς.

Από τα παραπάνω δεν προκύπτει ένα σαφές συμπέρασμα για την επίδραση των ιχθυοκαλλιεργειών στην αφθονία των νηματωδών, αφού στην περιοχή MD1 φαίνεται να επηρεάζεται η αφθονία, ενώ στην περιοχή MD3 δε φαίνεται να επηρεάζεται ιδιαίτερα. Παρόμοιες μελέτες στη Δυτική Μεσόγειο, έδειξαν ότι οι νηματώδεις παρουσίασαν μειωμένη αφθονία κάτω από τους κλωβούς σε σχέση με τον σταθμό μάρτυρα (Mirto et al. 2002, La Rosa et al. 2001, Mazzola et al. 1999), ενώ μια άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε μια ιχθυοκαλλιέργεια στο Αιγαίο Πέλαγος (Mirto et al. 2010), έδειξε αισθητή αύξηση της αφθονίας των νηματωδών στο σταθμό κάτω από τους κλωβούς σε σχέση με τον σταθμό μάρτυρα. Γενικά, το πώς θα εξελιχθεί η αφθονία της μειοπανίδας κάτω από τη δράση ενός ιχθυοτροφείου εξαρτάται πολύ από την περιοχή και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Οι Mirto et al. (2010) λοιπόν, εξηγούν πως αυτή η αύξηση μπορεί να

οφείλεται στο γεγονός ότι η επιβάρυνση του ιζήματος με οργανικό υλικό δεν είναι τόσο έντονη.

### 4.3. Δομή της βιοκοινωνίας

Η μελέτη των νηματωδών στο επίπεδο του είδους έδειξε ότι στις δύο περιοχές το πρότυπο της βιοκοινωνίας ήταν διαφορετικό, καθώς επίσης έδειξε και αυξομειώσεις των υπάρχοντων ειδών ανάλογα την εποχή και την απόσταση από τους κλωβούς. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν αυτές τις αυξομειώσεις στην αφθονία των ειδών, ιδιαίτερα στη δική μας περίπτωση, είναι η τροφή, ο τύπος του ιζήματος και η θερμοκρασία. Καθώς οι νηματώδεις ανήκουν σε διαφορετικούς τροφικούς τύπους, συνήθως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ αυτών και της ύπαρξης ή όχι μεριδίων τροφής στο ιζημα.

Στην περιοχή MD1 αυτό που μπορεί να παρατηρήσει κανείς είναι η ύπαρξη διαφορετικών εποχικών προτύπων στη βιοκοινωνία των νηματωδών. Εκτός από τη κυριαρχία του είδους *Daptonema sp.1* και τις τρεις εποχές σε όλους τους σταθμούς που βρίσκονταν κοντά στους κλωβούς της καλλιέργειας, τα αμέσως αφθονότερα είδη εναλλάσσονταν ανάλογα την εποχή και την απόσταση από τους κλωβούς. Έτσι τα είδη *Marylynnia sp.1* και *Odontophora sp.1* εμφάνισαν μέγιστα δύο φορές μέσα στο χρόνο. Το είδος *Marylynnia sp.1* τον Ιούλιο και το Μάρτιο ενώ το είδος *Odontophora sp.1* το Μάρτιο και τον Οκτώβριο όπου εμφανίζει και τη μεγαλύτερη αφθονία του η οποία ξεπερνάει και αυτή του είδους *Daptonema sp.1*. Στην εργασία των Vezzulli et al. (2008) φαίνεται ότι τα δύο παραπάνω είδη επίσης εμφανίζουν εποχικότητα κάτω από την επίδραση των ιχθυοκλωβών. Το είδος *Marylynnia sp.1* εμφανίζει τις μέγιστες αφθονίες του τον μήνα Οκτώβριο ενώ το είδος *Odontophora sp.1*, κάνει την εμφάνισή του τον Μάιο αλλά τον Οκτώβριο έχει μηδενική αφθονία. Αυτό που υποστηρίζουν οι ίδιοι είναι ότι τα γένη *Daptonema*, *Marylynnia* και *Terschellingia* συνήθως σχετίζονται με υποβαθμισμένες συνθήκες ιζήματος και γι' αυτό το λόγο τα βρίσκουμε συχνά σε ιζήματα κάτω από ιχθυοκλωβούς.

Τα είδη *Microlaimus sp.1*, *Neochromadora sp.1*, *Terschellingia sp.3* και *Terschellingia goubaultae* εμφανίζονται άφθονα μια εποχή μέσα στο χρόνο. Συγκεκριμένα, το είδος *Microlaimus sp.1* έχει μέγιστη τιμή τον Ιούλιο στον σταθμό



50 μόνο, ενώ τους άλλους μήνες η αφθονία του είναι σχετικά χαμηλή. Η εποχικότητα που παρουσίασε το είδος αυτό έχει παρατηρηθεί και σε άλλες μελέτες όπου άλλοτε έχει φανεί να είναι άφθονο το Μάιο (Vezzulli et al. 2008b) και άλλοτε να είναι πιο άφθονο το Σεπτέμβριο (Mirto et al. 2002). Το κοινό χαρακτηριστικό ανάμεσα στις δύο αυτές εργασίες είναι ότι το είδος αυτό παρουσιάζει τις μέγιστες αφθονίες του στο σταθμό μάρτυρα και όχι σε κάποιο από τους σταθμούς κοντά στους κλωβούς.

Το είδος *Neochromadora sp.1* εμφανίζει μέγιστο μόνο τον Οκτώβριο και τέλος τα είδη *Terschellingia sp.3* και *Terschellingia goubaultae* εμφανίζουν μέγιστα το Οκτώβριο και το Μάρτιο αντίστοιχα. Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ένα εκβολικό σύστημα στις ανατολικές ακτές της Γαλλίας (Rzeznik-Orignac et al. 2003) βρέθηκαν επίσης άφθονα δύο είδη του γένους *Terschellingia* τον μήνα Οκτώβριο και μάλιστα εμφάνισαν έντονη συσχέτιση με το αυξημένο οργανικό υλικό.

Εκτός από τα εποχικά πρότυπα κατανομής της αφθονίας των ειδών που φαίνονται στην περιοχή αυτή, μπορούμε να διακρίνουμε και κάποια χωρικά πρότυπα. Το είδος *Daptonema sp.1* δεν επικρατεί μόνο και τις τρεις εποχές, αλλά φαίνεται άφθονο σε όλους τους ενδιάμεσους σταθμούς, ενώ στο σταθμό μάρτυρα σχεδόν απουσιάζει. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν την κατανομή του είδους *Daptonema sp.1*, όπως ο οργανικός άνθρακας, η χλωροφύλλη α και η σύνθεση του ιζήματος (Singh and Ingole 2011). Πράγματι, το είδος αυτό παρουσίασε θετική συσχέτιση με τις χλωροφυλλούχες χρωστικές και με το ποσοστό ιλύος – αργίλου το οποίο και είναι αυξημένο στους σταθμούς κοντά στους κλωβούς, ενώ στο σταθμό μάρτυρα που το ιζημα είναι πιο χονδρόκοκκο η αφθονία του είδους είναι σχεδόν μηδενική. Ωστόσο, οι Soetaert et al. (1995) διαπίστωσαν πως τα είδη του γένους *Daptonema* διαβιούν σε διάφορους τύπους ιζήματος, αλλά τα περισσότερα προτιμούν τα λεπτόκοκκα ιζήματα.

Επίσης, το είδος *Odontophora sp.1* παρουσιάζει τις μέγιστες αφθονίες του στο σταθμό 25, ενώ το είδος *Maryllynnia sp.1* τον Ιούλιο εμφανίζει τις μέγιστες τιμές του στους σταθμούς 5 και 25, και το Μάρτιο μετατοπίζεται στους σταθμούς 25 και 50. Στη μελέτη των Rzeznik-Orignac et al. (2003) ένα είδος του γένους *Odontophora* (*O. setosa*) βρέθηκε επίσης να είναι άφθονο σε ένα σταθμό όπου το ποσοστό του

οργανικού υλικού στο ίζημα και η συγκέντρωση της χλωροφύλλης ήταν σε ενδιάμεσα επίπεδα σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς.

Στο σταθμό μάρτυρα το πρότυπο κατανομής της αφθονίας των ειδών είναι πολύ διαφορετικό από αυτό των σταθμών κοντά στους κλωβούς. Το πιο άφθονο είδος τον Ιούλιο είναι το *Chromaspirina sp.1*, ενώ το Μάρτιο και τον Οκτώβριο είναι το είδος *Epsilonema sp.1*. Τα συγκεκριμένα είδη δεν εμφανίζονται σχεδόν καθόλου στους σταθμούς κοντά στους κλωβούς ή εμφανίζονται πολύ λίγα μεμονωμένα άτομα. Το μόνο είδος που συνήθιζε να είναι ανάμεσα στα άφθονα σε όλους τους σταθμούς και συνεχίζει να είναι και στο σταθμό μάρτυρα είναι το *Prochromadorella sp.1*. Οι Heip et al. (1990) σε μια μελέτη που έκαναν στη Βόρεια θάλασσα έδειξαν ότι πολλά είδη του γένους *Prochromadorella* βρέθηκαν να είναι άφθονα σε διάφορα περιβάλλοντα και διαφορετικούς τύπους ιζήματος. Οι ίδιοι επίσης, βρήκαν πως τα μέλη της οικογένειας Epsilonematidae προτιμούν χονδρόκοκκα ιζήματα, κάτι που συμφωνεί και με τα δικά μας αποτελέσματα μιας και το είδος *Epsilonema sp.1* παρατηρήθηκε να είναι άφθονο μόνο στο σταθμό μάρτυρα, του οποίου το ίζημα είναι χονδρόκοκκο.

Από τους διάφορους τροφικούς τύπους, αυτοί που περιμένει κανείς να εκμεταλλευτούν πρώτοι την αύξηση φυτοθρυμμάτων και βακτηρίων στο ίζημα είναι οι ιζηματοφάγοι και οι epistrate feeders που ζουν κοντά στην επιφάνεια. Παρεμπιπτόντως, τα περισσότερα είδη που αναφέρθηκαν να είναι πιο άφθονα στην περιοχή MD1 ανήκουν στην ομάδα των epistrate feeders εκτός από το είδος *Darptonema sp.1* που ανήκει στην ομάδα των μη επιλεκτικών ιζηματοφάγων και τα είδη του γένους *Terschellingia* που είναι επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι.

Αν μελετήσουμε τους τροφικούς τύπους όλων των ειδών (άφθονων και μη) τους τρεις διαφορετικούς μήνες θα δούμε ότι μεταβάλλονται εποχιακά. Τον Ιούλιο είναι πιο άφθονοι οι epistrate feeders, ενώ το Μάρτιο και τον Οκτώβριο οι μη επιλεκτικοί ιζηματοφάγοι. Οι Mirto et al. (2002) σε μια παρόμοια μελέτη βρήκαν ότι υπό την επίδραση των ιχθυοκλωβών, τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο η πιο άφθονη ομάδα είναι αυτή των epistrate feeders, ενώ το Φεβρουάριο η πιο άφθονη ομάδα με διαφορά ήταν αυτή των μη επιλεκτικών ιζηματοφάγων. Οι Rzeznik-Orignac et al. (2003) επίσης, σε ένα εκβολικό οικοσύστημα βρήκαν τους epistrate feeders να είναι πιο άφθονοι τον Ιούλιο και τους μη επιλεκτικούς ιζηματοφάγους τον Οκτώβριο.

Αντίθετα με την περιοχή MD1, στην περιοχή MD3 δε φαίνεται να υπάρχουν εποχικές μεταβολές όσον αφορά τα πιο άφθονα είδη. Τα είδη που επικρατούν και τους τρεις μήνες είναι τα *Microlaimus sp.1*, *Desmodora sp.1*, *Prochromadorella sp.1* και *Comesoma sp.1*, ενώ μια μικρή διαφορά υπάρχει τον Οκτώβριο που φαίνεται να αυξάνει την αφθονία του και το είδος *Spirinia sp.1*. Παρ' όλα αυτά, εποχικές μεταβολές παρατηρούνται στην χωρική κατανομή της αφθονίας των κυρίαρχων ειδών. Για παράδειγμα, το είδος *Microlaimus sp.1* το Μάρτιο εμφανίζεται άφθονο ακριβώς κάτω από τους κλωβούς, τον Ιούλιο μετατοπίζεται σε πέντε μέτρα απόσταση από αυτούς και τον Οκτώβριο η μέγιστη αφθονία του σημειώνεται στο σταθμό μάρτυρα. Αυτό που θα πρέπει να αναφερθεί είναι ότι και στην περιοχή MD1 τον Ιούλιο το είδος αυτό παρουσίασε σχεδόν το ίδιο πρότυπο, με μέγιστο στο σταθμό 5. Το είδος *Desmodora sp.1* από την άλλη, παρουσιάζει και τους τρεις μήνες τη μέγιστη αφθονία του στο σταθμό 25, με αισθητή την επικράτησή του έναντι των υπολοίπων ειδών τον Οκτώβριο. Συμφωνα με τους Soetaert et al. (1995) το *Microlaimus sp.1* προτιμά αδρά ιζήματα, ενώ συμφωνα με τους Quang et al. (2010) το είδος *Desmodora sp.1* είχε έντονη εμφάνιση σε ανάμεικτα ιζήματα από άμμο και ιλύ - άργιλο. Το γεγονός ότι σε όλους τους σταθμούς της περιοχής MD3 το ιζήμα είναι είτε μεσόκοκκο είτε χονδρόκοκκο, ίσως να παίζει κάποιο ρόλο στη μεγάλη αφθονία αυτών των δύο ειδών.

Όλα τα προαναφερθέντα είδη ανήκουν στην τροφική ομάδα των epistrate feeders εκτός από το είδος *Comesoma sp.1* που ανήκει στην ομάδα των μη επιλεκτικών ιζηματοφάγων. Μελετώντας το εποχικό πρότυπο των τροφικών τύπων, δεν παρατηρούνται μεταβολές ανάμεσα στις εποχές, αφού και τους τρεις διαφορετικούς μήνες η πιο άφθονη ομάδα είναι αυτή των epistrate feeders. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ίσως ο λόγος που γενικότερα σε αυτή την περιοχή δεν παρατηρούνται ιδιαίτερες μεταβολές ούτε στη δομή της βιοκοινωνίας ανάμεσα στους σταθμούς, ούτε ανάμεσα στις εποχές είναι η μικρή επίδραση των ιχθυοκλωβών στο βενθικό οικοσύστημα της περιοχής. Όμως κοιτώντας το αρκετά πιο πολυποίκιλο πρότυπο κατανομής των τροφικών τύπων του σταθμού μάρτυρα, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η δυναμική των νηματωδών επηρεάζεται από τη δράση της ιχθυοκαλλιέργειας. Στην πραγματικότητα, η παραπάνω υπόθεση δεν μπορεί να θεωρηθεί ως γενικός κανόνας. Οι Mazzola et al. (2000) για παράδειγμα,

μελετώντας την επίδραση των ιχθυοκαλλιεργειών στη βιοκοινωνία της μειοπανίδας στη Βορειοδυτική Μεσόγειο, βρήκαν αυξημένες τις τιμές των χλωροφυλλούχων χρωστικών και εποχική μεταβολή στη δομή της βιοκοινωνίας και στην αφθονία των κυρίων ομάδων της μειοπανίδας, υποστηρίζοντας ότι γι' αυτό ευθύνονται οι αλλαγές στα χαρακτηριστικά του ιζήματος. Οι Vezzulli et al. (2008b) από την άλλη, ενώ δε βρήκαν αυξημένες τις τιμές των χλωροφυλλούχων χρωστικών κάτω από τους ιχθυοκλωβούς, παρατήρησαν επίσης εποχικές μεταβολές της βιοκοινωνίας των νηματωδών.

#### 4.4. Ποικιλότητα

Η ποικιλότητα και στις δύο περιοχές φάνηκε να αυξάνεται με την απόσταση από τους κλωβούς. Ο σταθμός μάρτυρας ήταν αυτός που και στις δύο περιπτώσεις συγκέντρωνε τον μεγαλύτερο αριθμό ειδών. Σύμφωνα με τη θεωρία της *Ενδιάμεσης διατάραξης* του Connell (1978), περιβάλλοντα με μεγάλη σταθερότητα καθώς και περιβάλλοντα με μεγάλο βαθμό διατάραξης έχουν πάντα μικρότερη ποικιλότητα, ενώ περιβάλλοντα με ενδιάμεσου μεγέθους διατάραξη αλλά και μικρότερης συχνότητας, εμφανίζουν μεγαλύτερη ποικιλότητα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων του συντελεστή ταξινόμησης ( $\sigma_1$ ) και του συντελεστή λοξότητας ( $Sk_1$ ), οι σταθμοί που βρίσκονται κοντά στους ιχθυοκλωβούς εμφανίζουν μεγαλύτερο βαθμό διατάραξης από το σταθμό μάρτυρα. Συγκεκριμένα, όσο αυξάνεται η απόσταση από τους κλωβούς η διατάραξη μειώνεται ελαφρώς και ο σταθμός μάρτυρας ίσως είναι ο σταθμός που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σταθερότητα. Αυτό που θα έπρεπε λοιπόν να αναμένουμε σύμφωνα με την παραπάνω θεωρία, είναι οι ενδιάμεσοι σταθμοί (5, 25 και 50) να έχουν τη μεγαλύτερη ποικιλότητα ενώ ο σταθμός 0 και ο σταθμός μάρτυρας τη μικρότερη. Αντιθέτως αυτό που παρατηρείται είναι μια τάση αύξησης της ποικιλότητας με την απόσταση από τους κλωβούς και η μεγαλύτερη ποικιλότητα σημειώνεται στο σταθμό μάρτυρα. Οι Mirto et al. (2002) επίσης, βρήκαν την ποικιλότητα των νηματωδών μειωμένη κάτω από τα κλωβούς και σχετικά μεγαλύτερη την ποικιλότητά τους στο σταθμό μάρτυρα. Αντίθετα, οι Gyedu-Ababio et al. (1999) μελετώντας τις αλλαγές της βιοποικιλότητας των νηματωδών σε ένα εκβολικό

σύστημα στη Νότιο Αφρική, παρατήρησαν ότι οι ποικιλότητα ήταν μεγαλύτερη στους σταθμούς που ήταν πιο διαταραγμένοι σε σχέση με τους άλλους εξαιτίας των εποχικών αλλαγών της αλατότητας και των αυξημένων τιμών της χλωροφύλλης αφού οι σταθμοί αυτοί βρίσκονταν κοντά σε αστική περιοχή.

Γενικότερα, οι νηματώδεις είναι αρκετά ευαίσθητοι σε μικρές αλλαγές στη σύσταση του ιζήματος (Govaere et al. 1980) λόγω της εξειδίκευσής τους όσον αφορά την εκμετάλλευση της τροφής. Από τα αποτελέσματα μας φαίνεται ότι η ποικιλότητα των νηματωδών σχετίζεται θετικά με την αύξηση της διαμέτρου των κόκκων του ιζήματος και αρνητικά με το ποσοστό ιλύος – αργίλου. Ιζήματα με μεγαλύτερη διάμετρο κόκκων παρέχουν και μεγαλύτερη ποικιλία βιοτόπων, ενώ λόγω αυξημένου χώρου μεταξύ των κόκκων, η διείδυση των διαφόρων συστατικών (τροφή, οξυγόνο) μέσα στο ίζημα γίνεται ευκολότερη. Επακόλουθο αυτής της κατάστασης είναι η ποικιλότητα να είναι μεγαλύτερη στους σταθμούς που η μέση διάμετρος των κόκκων είναι μεγαλύτερη, όπως για παράδειγμα στο σταθμό μάρτυρα της περιοχής MD1. Στο αντίστοιχο συμπέρασμα κατέληξε και ο Tietjen (1980) μελετώντας τη δομή της βιοκοινωνίας των νηματωδών σε μια παράκτια περιοχή (New York Bight Apex) η οποία λαμβάνει ένα σημαντικό μέρος των αποβλήτων που παράγονται από την πόλη της Νέας Υόρκης. Παρατήρησε ότι η ποικιλότητα των νηματωδών ήταν πιο αυξημένη στα πιο αμμώδη ιζήματα, τα οποία είχαν χαμηλή συγκέντρωση οργανικού υλικού και βαρέων μετάλλων.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η λειτουργία της ιχθυοκαλλιέργειας στην περιοχή MD1 επηρέασε τα χαρακτηριστικά του ιζήματος στους σταθμούς κοντά στους κλωβούς, αυξάνοντας σχετικά τη συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα και των χλωροφυλλούχων χρωστικών σε σχέση με το σταθμό μάρτυρα, ενώ στη MD3 περιοχή δε φάνηκε κάποια έντονη μεταβολή στα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά.
2. Η αφθονία των νηματωδών της περιοχής MD1 παρουσίασε εποχικότητα στους σταθμούς που βρισκόταν κοντά στους κλωβούς ενώ ο σταθμός μάρτυρας δε φάνηκε να επηρεάζεται με την εναλλαγή των εποχών. Αντιθέτως, η αφθονία στην περιοχή MD3 δεν παρουσίασε εποχικότητα και οι τιμές της βρίσκονταν σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα από αυτά της περιοχής MD1, πιθανότατα λόγω της μικρής παραγωγής της συγκεκριμένης μονάδας.
3. Η σύνθεση της βιοκοινωνίας των νηματωδών επηρεάζεται έντονα από τα ιδιαίτερα ιζηματολογικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής και των επιμέρους σταθμών της. Έτσι βρέθηκε πως σε σταθμούς με διαφορετικά χαρακτηριστικά, κυριαρχούν και διαφορετικά είδη.
4. Στην περιοχή MD1 παρατηρούνται διαφορετικά εποχικά πρότυπα στη βιοκοινωνία των νηματωδών. Κυρίαρχο είδος της περιοχής και τους τρεις μήνες σε όλους τους σταθμούς κοντά στους κλωβούς είναι το *Daptonema sp.1*, το οποίο έχει αναφερθεί ότι είναι ευκαιριακό είδος και πολύ ανεκτικό σε διάφορα είδη διατάραξης. Αντίθετα στην περιοχή MD3 δεν υπάρχουν εποχικές μεταβολές όσον αφορά τα πιο άφθονα είδη. Τα είδη που επικρατούν και τους τρεις μήνες είναι τα *Microlaimus sp.1*, *Desmodora sp.1*, *Prochromadorella sp.1* τα οποία προτιμούν πιο αδρόκοκκα ιζήματα, κάτι που είναι χαρακτηριστικό της περιοχής MD3.
5. Και στις δύο περιοχές η πιο άφθονη τροφική ομάδα ήταν αυτή των epistrate feeders οι οποίοι είναι αυτοί που εκμεταλλεύονται πρώτοι την αύξηση των φυτοθρυμμάτων και των βακτηρίων στην επιφάνεια του ιζήματος.
6. Η ποικιλότητα και στις δύο περιοχές αυξήθηκε με την απόσταση από τους κλωβούς. Ο σταθμός μάρτυρας ήταν αυτός που και στις δύο περιπτώσεις συγκέντρωνε τον μεγαλύτερο αριθμό ειδών. Αποτέλεσμα που δε συμφωνεί τόσο

με τη θεωρία της *Ενδιάμεσης διατάραξης* του Connell (1978), αλλά περισσότερο έχει να κάνει με την κοκκομετρία του ιζήματος της κάθε περιοχής καθώς ιζήματα με μεγαλύτερη διάμετρο κόκκων παρέχουν μεγαλύτερη ποικιλία βιοτόπων.

7. Η εργασία αυτή έδειξε πως οι νηματώδεις μπορεί να αποτελέσουν ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση υδατοκαλλιεργειών, ωστόσο, για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, απαιτείται περαιτέρω έρευνα και χρήση μαθηματικών τεχνικών καθώς τα διαφορετικά είδη φαίνεται πως αποκρίνονται διαφορετικά στις παρατηρούμενες περιβαλλοντικές μεταβολές.

## 6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- Aguado-Gimenez, F. & Garcia-Garcia, B. 2004. 'Assessment of some chemical parameters in marine sediments exposed to offshore cage fish farming influence: a pilot study.' *Aquaculture*, 242, 283-96.
- Albertelli, G., Covazzi-Harriague, A., Danovaro, R., Fabiano, M., Frascchetti, S. & Pusceddu, A. 1999. 'Differential responses of bacteria, meiofauna and macrofauna in a shelf area (Ligurian Sea, NW Mediterranean): a role of food availability.' *J Sea Research*, 42, 11-26.
- Austen, M. C. & Warwick, R. M. 1989. 'Comparison of Univariate and Multivariate Aspects of Estuarine Meiobenthic Community Structure.' *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 29:1, 23-42.
- Basford, D. J. & Eleftheriou, A. 1988. 'The benthic environment of the North Sea (56° to 61° N).' *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 68, 125-41.
- Basurco, B. & Lovatelli, A. 2003. 'The aquaculture situation in the Mediterranean Sea. Predictions for the future.' *In: Extracted from the International Conference on the Sustainable Development of the Mediterranean and Black Sea Environment*.
- Boyd, S. E., Rees, H. L. & Richardson, C. A. 2000. 'Nematodes as sensitive indicators of change at dredged material disposal sites.' *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 51:6, 805-19.
- Bray, R. J. & Curtis, J. T. 1957. 'An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin.' *Ecological Monographs*, 27, 325-49
- Brown, J. R., Gowen, R. J. & McLusky, D. S. 1987. 'The effect of salmon farming on the benthos of a Scottish sea loch. .' *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 109, 39-51.
- Buchanan, J. B. 1984. 'Sediment analysis. In: Holme NA, McIntyre AD (eds) Methods for the study of Marine Benthos.' *Blackwell Scientific Publications, Oxford*, 41-65
- Byers, S. C., Mills, E. L. & Stewart, P. L. 1978. 'Comparison of Methods of Determining Organic-Carbon in Marine-Sediments, with Suggestions for a Standard Method.' *Hydrobiologia*, 58:1, 43-47.
- Cairns, J. J. & Dickson, K. L. 1971. 'A simple method for the bio-logical assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottom dwelling organisms.' *Journal WPCF*, 43, 755-72.
- Clarke, K. R. 1993. 'Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure.' *Australian Journal of Ecology*, 18, 117- 43
- Clarke, K. R. & Ainsworth, M. 1993. 'A Method of Linking Multivariate Community Structure to Environmental Variables.' *Marine Ecology-Progress Series*, 92:3, 205-19.
- Clarke, K. R. & Green, R. H. 1988. 'Statistical Design and Analysis for a Biological Effects Study.' *Marine Ecology-Progress Series*, 46:1-3, 213-26.
- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 1994. 'Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication.' *Marine Biology*, 118, 167-76
- Connell, J. H. 1978. 'Diversity in tropical rainforests and coral reefs.' *Science*, 199, 1302-10.



- Coull, B. C. & Chandler, G. T. 1992. 'Pollution and meiofauna- field, laboratory, and mesocosm studies.' *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 30, 191-271.
- Coull, B. C. & Vernberg, W. B. 1975. 'Reproductive periodicity of meiobenthic copepods: Seasonal or continuous?' *Marine Biology*, 32, 289-93.
- Cromey, C. J., Thetmeyer, H., Lampadariou, N., Black, K. D., Kögeler, J. & Karakassis, I. 2012. 'MERAMOD: predicting the deposition and benthic impact of aquaculture in the eastern Mediterranean Sea.' *Aquaculture Environmental Interactions*, 2, 157-76.
- Danovaro, R., Fabiano, M. & Vincx, M. 1995. 'Meiofauna Response to the Agip-Abruzzo Oil-Spill in Subtidal Sediments of the Ligurian Sea.' *Marine Pollution Bulletin*, 30:2, 133-45.
- de Jonge, V. N. & Bouwman, L. A. 1977. 'A simple density separation technique for quantitative isolation of meiobenthos using the colloidal silica Ludox-TM.' *Marine Biology*, 42:2, 143-48.
- Duplisea, D. E. & Hargrave, B. T. 1996. 'Response of meiobenthic size-structure, biomass and respiration to sediment organic enrichment.' *Hydrobiologia*, 339:1-3, 161-70.
- FAO 2010. 'The state of the world fisheries and aquaculture Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome '.
- Govaere, J. C. R., Vandamme, D., Heip, C. & Deconinck, L. A. P. 1980. 'Benthic Communities in the Southern Bight of the North-Sea and Their Use in Ecological Monitoring.' *Helgolander Meeresuntersuchungen*, 33:1-4, 507-21.
- Gray, J. S., Wu, R. S. & Or, Y. Y. 2002. 'Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment.' *Marine Ecology Progress Series*, 238, 249-79.
- Grego, M., De Troch, M., Forte, J. & Malej, A. 2009. 'Main meiofauna taxa as an indicator for assessing the spatial and seasonal impact of fish farming.' *Marine Pollution Bulletin*, 58:8, 1178-86.
- Gyedu-Ababio, T. K., Furstenberg, J. P., Baird, D. & Vanreusel, A. 1999. 'Nematodes as indicators of pollution: a case study from the Swartkops River system, South Africa.' *Hydrobiologia*, 397, 155-69.
- Hall, P. O. J., Andereson, L. G., Holby, O., Kollberg, S. & Samuelsson, M.-O. 1990. 'Chemical fluxes and mass balances in marine fish cage farm. I. Carbon.' *Marine Ecology Progress Series*, 61, 61-73.
- Hall, P. O. J., Holby, O., Kollberg, S. & Samuelsson, M.-O. 1992. 'Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen.' *Marine Ecology Progress Series*, 89, 81-91.
- Hargrave, B. T., Phillips, G. A., Doucette, L. I., White, M. J., Milligan, T. G., Wildish, D. J. & Cranston, R. E. 1997. 'Assessing benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture.' *Water Air Soil Pollution*, 99, 641-50.
- Hedges, J. I. & Stern, J. H. 1984. 'Carbon and Nitrogen Determinations of Carbonate-Containing Solids.' *Limnology and Oceanography*, 29:3, 657-63.
- Heip, C., Huys, R., Vincx, M., Vanreusel, A., Smol, N., Herman, R. & Herman, P. M. J. 1990. 'Composition, Distribution, Biomass and Production of North-Sea Meiofauna.' *Netherlands Journal of Sea Research*, 26:2-4, 333-42.

- Heip, C., Vincx, M. & Vranken, G. 1985. 'The Ecology of Marine Nematodes.' *Oceanography and Marine Biology*, 23, 399-489.
- Heip, C., Warwick, R. M., Carr, M. R., Herman, P. M. J., Huys, R., Smol, N. & Van Holsbeke, K. 1988. 'Analysis of community attributes of the benthic meiofauna of Frierfjord/Langesundfjord. .' *Marine Ecology Progress Series*, 46, 171-80.
- Henderson, A. R. & Ross, D. J. 1995. 'Use of macrobenthic infaunal communities in the monitoring and control of the impact of marine cage fish farming. .' *Aquaculture Research*, 26, 659-78.
- Higgins, R. P. & Thiel, H. 1988. 'Introduction to the Study of Meiofauna.' *Smithsonian Institution Press, Washington, DC, p.488*.
- Holby, O. & Hall, P. O. J. 1991. 'Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus.' *Marine Ecology Progress Series*, 70, 263-72.
- Holmer, M., Perez, M. & Duarte, C. M. 2003. 'Benthic primary producers - a neglected environmental problem in Mediterranean maricultures?' *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1372-76.
- Iwama, G. K. 1991. 'Interactions between Aquaculture and the Environment.' *Critical Reviews in Environmental Control*, 21:2, 177-216.
- Karakassis, I. & Hatziyanni, E. 2000. 'Benthic disturbance due to fish farming analyzed under different levels of taxonomic resolution.' *Marine Ecology Progress Series*, 203, 247-53.
- Karakassis, I., Hatziyanni, E., Tsapakis, M. & Plaiti, W. 1999. 'Benthic recovery following cessation of fish farming: a series of successes and catastrophes.' *Marine Ecology Progress Series*, 184, 205-18.
- Karakassis, I., Pitta, P. & Krom, M. D. 2005. 'Contribution of fish farming to the nutrient loading of the Mediterranean.' *Scientia Marina*, 62:2, 313-21.
- Karakassis, I., Tsapakis, M. & Hatziyanni, E. 1998. 'Seasonal variability in sediment profiles beneath fish farm cages in the Mediterranean.' *Marine Ecology Progress Series*, 162, 243-52.
- Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K.-N. & Plaiti, W. 2000. 'Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas.' *ICES Journal of Marine Science*, 57:5, 1462-71.
- King, C. A. M. 1972. 'Beaches and Coasts. Edward Arnod Ltd, London ', 450p.
- La Rosa, T., Mirto, S., Favalaro, E., Savona, B., Sara, G., Danovaro, R. & Mazzola, A. 2002. 'Impact of the water column biogeochemistry of a Mediterranean mussel and fish farm.' *Water Research*, 36, 713-21.
- La Rosa, T., Mirto, S., Mazzola, A. & Danovaro, R. 2001. 'Differential responses of benthic microbes and meiofauna to fish-farm disturbance in coastal sediments.' *Environmental Pollution*, 112:3, 427-34.
- Lampadariou, N., Austen, M. C., Robertson, N. & Vlachonis, G. 1997. 'Analysis of meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Iraklion Harbour, Greece.' *Vie et Milieu*, 47:1, 9-24.
- Lampadariou, N., Karakassis, I., Teraschke, S. & Arlt, G. 2005. 'Changes in benthic meiofaunal assemblages in the vicinity of fish farms in the Eastern Mediterranean.' *Vie et Milieu*, 55:2, 61-69.
- Legendre, L. & Legendre, P. 1983. 'Numerical ecology ' Elsevier Scientific Publishing Co Amsterdam.

- Li, J., Vincx, M. & Herman, P. M. J. 1997. 'Carbon flows through meiobenthic nematodes in the Westerschelde Estuary.' *Fundamental and Applied Nematology*, 20:5, 487-94.
- Mahmoudi, E., Essid, N., Beyrem, H., Hedfi, A., Boufahja, F., Aissa, P. & Vitiello, P. 2008. 'Mussel-farming effects on Mediterranean benthic nematode communities' *Nematology*, 10, 323-33.
- Mahmoudi, E., Essid, N., Beyrem, H., Hedfi, A., Boufahja, F., Vitiello, P. & Aissa, P. 2005. 'Effects of hydrocarbon contamination on a free living marine nematode community: Results from microcosm experiments.' *Marine Pollution Bulletin*, 50:11, 1197-204.
- Maldonado, M., Carmona, M. C., Echeverria, Y. & Riesgo, A. 2005. 'The environmental impact of Mediterranean cage fish farms at semi-exposed locations: does it need a re-assessment?' *Helgoland Marine Research*, 59, 121-35.
- Mazzola, A., Mirto, S. & Danovaro, R. 1999. 'Initial fish-farm impact on meiofaunal assemblages in coastal sediments of the Western Mediterranean.' *Marine Pollution Bulletin*, 38:12, 1126-33.
- Mazzola, A., Mirto, S., La Rosa, T., Fabiano, M. & Danovaro, R. 2000. 'Fish-farming effects on benthic community structure in coastal sediments: analysis of meiofaunal recovery.' *ICES Journal of Marine Science*, 57:5, 1454-61.
- Mirto, S., Bianchelli, S., Gambi, C., Krzelj, M., Pusceddu, A., Scopa, M., Holmer, M. & Danovaro, R. 2010. 'Fish-farm impact on metazoan meiofauna in the Mediterranean Sea: Analysis of regional vs. habitat effects.' *Marine Environmental Research*, 69:1, 38-47.
- Mirto, S., Gristina, M., Sinopoli, M., Maricchiolo, G., Genovese, L., Vizzini, S. & Mazzola, A. 2012. 'Meiofauna as an indicator for assessing the impact of fish farming at an exposed marine site.' *Ecological Indicators*, 18:3, 468-76.
- Mirto, S., La Rosa, T., Gambi, C., Danovaro, R. & Mazzola, A. 2002. 'Nematode community response to fish-farm impact in the western Mediterranean.' *Environmental Pollution*, 116, 203-14.
- Naylor, R. & Burke, M. 2005. 'Aquaculture and ocean resources: raising tigers of the sea.' *Annual Review Environmental Resources*, 30, 185-218.
- Nozais, C., Perissinotto, R. & Tita, G. 2005. 'Seasonal dynamics of meiofauna in a South African temporarily open/closed estuary (Mdloti Estuary, Indian Ocean).' *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 62:1-2, 325-38.
- Perez, M., Garcia, T., Invers, O. & Ruiz, J. M. 2008. 'Physiological responses of the seagrass *Posidonia oceanica* as indicators of fish farm impact.' *Marine Pollution Bulletin*, 56, 869-79.
- Pitta, P., Apostolaki, E. T., Tsagaraki, T., Tsapakis, M. & Karakassis, I. 2006. 'Fish farming effects on chemical and microbial variables of the water column: a spatio-temporal study along the Mediterranean Sea.' *Hydrobiologia*, 563, 99-108.
- Pitta, P., Tsapakis, M., Apostolaki, E. T., Tsagaraki, T., Holmer, M. & Karakassis, I. 2009. 'Ghost nutrients' from fish farms are transferred up the food web by phytoplankton grazers. ' *Marine Ecology Progress Series*, 374, 1-6.

- Platt, H. M. & Warwick, R. M. 1983. 'Freeliving marine nematodes. Part I. British Enoplids. Synopses of the British Fauna (New Series) ' *Cambridge University Press*, 28.
- Platt, H. M. & Warwick, R. M. 1988. 'Freeliving marine nematodes. Part II. British Chromadorids. Synopses of the British Fauna (New Series).' *The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association*, 38.
- Quang, N. X., Vanreusel, A., Smol, N. & Chau, N. N. 2010. 'Meiobenthos Assemblages in the Mekong Estuarine System with Special Focus on Free-living Marine Nematodes.' *Ocean Science Journal*, 45:4, 213-24.
- Riera, R., Monterroso, O., Rodriguez, M., Ramos, E. & Sacramento, A. 2011. 'Six-year study of meiofaunal dynamics in fish farms in Tenerife (Canary Islands, NE Atlantic Ocean).' *Aquatic Ecology*, 45:2, 221-29.
- Rzeznik-Orignac, J., Fichet, D. & Boucher, G. 2003. 'Spatio-temporal structure of the nematode assemblages of the Brouage mudflat (Marennes Oleron, France).' *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 58:1, 77-88.
- Saila, S. B. 1976. 'Sedimentation and food resources: Animal- sediment relationships. In: Stanley DJ, Swift DJP (eds).' *Marine sediment transport and environmental management*.
- Sakami, T., Abo, K., Takayanagi, K. & Toda, S. 2003. 'Effects of water mass exchange on bacterial communities in an aquaculture area during summer.' *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56, 111-18.
- Sandulli, R. & de Nicola, M. 1991. 'Responses of meiobenthic communities along a gradient of sewage pollution.' *Marine Pollution Bulletin*, 22, 463-67.
- Sara, G., Scilipoti, D., Mazzola, A. & Modica, A. 2004. 'Effects of fish farming waste to sedimentary and particulate organic matter in a southern Mediterranean area (Gulf of Castellammare, Sicily): a multiple stable isotope study ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ).' *Aquaculture*, 234, 199-213.
- Schiermeier, Q. 2002. 'Fisheries science: How many more fish in the sea?' *Nature*, 419:6908, 662-65.
- Sibert, J. R. 1979. 'Detritus and juvenile salmon production in the Nanaimo Estuary: 2. Meiofauna available as food to juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta* ).' *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36, 497-503.
- Singh, R. & Ingole, B. 2011. 'Life history of a free-living marine nematode *Daptonema normandicum* reared in laboratory.' *Journal of Environmental Biology*, 32, 147-52.
- Soetaert, K., Heip, C. & Vincx, M. 1991. 'The Meiobenthos Along a Mediterranean Deep-Sea Transect Off Calvi (Corsica) and in an Adjacent Canyon.' *Marine Ecology-Pubblicazioni Della Stazione Zoologica Di Napoli I*, 12:3, 227-42.
- Soetaert, K., Vincx, M., Wittoeck, J. & Tulkens, M. 1995. 'Meiobenthic distribution and nematode community structure in five European estuaries.' *Hydrobiologia*, 311:1-3, 185-206.
- Sutherland, T. F., Levings, C. D., Petersen, S. A., Poon, P. & Piercey, B. 2007. 'The use of meiofauna as an indicator of benthic organic enrichment associated with salmonid aquaculture.' *Marine Pollution Bulletin*, 54:8, 1249-61.
- Thiel, H., Pfannkuche, O., Theeg, R. & Schriever, G. 1987. 'Benthic Metabolism and Standing Stock in the Central and Northern Deep Red-Sea.' *Marine Ecology-Pubblicazioni Della Stazione Zoologica Di Napoli I*, 8:1, 1-20.

- Tietjen, J. H. 1980. 'Population-Structure and Species Composition of the Free-Living Nematodes Inhabiting Sands of the New-York Bight Apex.' *Estuarine and Coastal Marine Science*, 10:1, 61-73.
- Vanreusel, A. 1991. 'Ecology of Free-Living Marine Nematodes in the Voordelta (Southern Bight of the North-Sea) .2. Habitat Preferences of the Dominant Species.' *Nematologica*, 37:3, 343-59.
- Vergara, J. M., Haroun, R., Gonzalez-Henriquez, M. N., Molina, L., Briz, M. O., Boyra, A., Gutierrez, L. & Ballesta, A. 2005. 'Evaluacion de Impacto Ambiental de Acuicultura en Jaulas en Canarias.' In: Vergara JM, Haroun R, Gonzalez-Henriquez MN (eds) *Oceanografica, Telde*.
- Vezzulli, L., Marrale, D., Moreno, M. & Fabiano, M. 2003. 'Sediment organic matter and meiofauna community response to long-term fish-farm impact in the Ligurian Sea (Western Mediterranean).' *Chemistry and Ecology*, 19:6, 431-40.
- Vezzulli, L., Moreno, M., Marin, V., Pezzati, E., Bartoli, M. & Fabiano, M. 2008a. 'Organic waste impact of capture- based Atlantic bluefin tuna aquaculture at an exposed site in the Mediterranean Sea. .' *Estuarine Coastal Shelf Science*, 78, 369-84.
- Vezzulli, L., Moreno, M., Marin, V., Pezzati, E., Bartoli, M. & Fabiano, M. 2008b. 'Organic waste impact of capture-based Atlantic bluefin tuna aquaculture at an exposed site in the Mediterranean Sea.' *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78, 369-84.
- Warwick, R. M., Platt, H. M. & Somerfield, P. J. 1998. 'Freeliving marine nematodes. Part III. Monhysterids. Synopses of the British Fauna (New Series).' *The Estuarine and Coastal Sciences Association*, 58.
- Wieser, W. 1953. 'Die Beziehung zwischen Mundhohlengestald, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden. .' *Arkiv fur Zoologi*, 4, 439-84.
- Wieser, W. 1960. 'Benthic studies in Buzzards bay. II. The meiofauna.' *Limnology Oceanography*, 5, 121-37.
- Wu, R. S. S. 1995. 'The environmental impact of marine fish culture:toward a sustainable future.' *Marine Pollution Bulletin*, 31:4-12, 159-66.
- Yentsch, C. S. & Menzel, D. W. 1963. 'A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence.' *Deep-Sea Research*, 10, 221-31.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:**

Όλα τα είδη και η αφθονία τους, που βρέθηκαν και στις δύο περιοχές

Είδη νηματωδών	Τροφικοί		
	τύποι	MD1	MD3
<i>Acantholaimus sp.1</i>	2A	0.0	0.9
<i>Acanthopharynx sp.1</i>	2A	14.8	30.6
<i>Acantonchus sp.1</i>	2A	33.8	0.0
<i>Actinonema sp.1</i>	2A	144.0	102.9
<i>Actinonema sp.2</i>	2A	9.2	0.0
<i>Adoncholaimus sp.1</i>	2B	0.0	1.3
<i>Aegialolaimus sp.1</i>	1A	65.5	31.8
<i>Amphimonhystera sp.1</i>	1B	20.1	0.0
<i>Anticoma sp.1</i>	1A	1204.8	24.9
<i>Anticoma sp.2</i>	1A	0.0	0.0
<i>Antomicron sp.1</i>	1A	0.0	1.8
<i>Aponema sp.1</i>	2A	100.3	10.4
<i>Araeolaimus sp.1</i>	1A	0.0	1.8
<i>Ascolaimus sp.1</i>	1B	58.5	14.5
<i>Axonolaimus sp.1</i>	1B	146.1	5.6
<i>Axonolaimus sp.2</i>	1B	0.0	4.4
<i>Bathyeurystomina sp.1</i>	2B	0.0	1.4
<i>Belbola sp.1</i>	2B	3.5	0.0
<i>Bolbolaimus sp.1</i>	2B	0.0	14.9
<i>Bolbolaimus sp.2</i>	2B	0.0	0.0
<i>Camacolaimus sp.1</i>	2A	64.2	10.1
<i>Campylaimus sp.1</i>	1B	2.3	7.0
<i>Catanema sp.1</i>	1A	0.0	26.4
<i>Ceramonema sp.1</i>	1A	0.0	4.5
<i>Ceramonema sp.2</i>	1A	0.0	2.0
<i>Cheironchus sp.1</i>	2B	49.7	13.6
<i>Chitwoodia sp.1</i>	1A	0.0	2.0
<i>Chromadora sp.1</i>	2A	18.4	4.4
<i>Chromadorella sp.1</i>	2A	7.4	12.4
<i>Chromadorella sp.2</i>	2A	0.0	2.6
<i>Chromadorita sp.1</i>	2A	334.0	46.9
<i>Chromaspirina sp.1</i>	2A	269.4	16.2
<i>Cobbia sp.1</i>	2B	0.0	7.4
<i>Comesa sp.1</i>	1B	18.4	21.6
<i>Comesa sp.2</i>	1B	0.0	4.3
<i>Comesoma sp.1</i>	1B	484.8	184.7
<i>Crenopharynx sp.1</i>	2A	0.0	9.2
<i>Cricolaimus sp.1</i>	2A	0.0	0.4
<i>Croconema sp.1</i>	2A	118.2	8.5
<i>Cyartonema sp.1</i>	1A	180.1	29.3

Παράρτημα (συνέχεια)

Είδη νηματωδών	Τροφικοί τύποι	MD1	MD3
<i>Cyartonema sp.2</i>	1A	9.2	11.4
<i>Cyartonema sp.3</i>	1A	0.0	1.4
<i>Cyatholaimus sp.1</i>	2A	28.6	0.0
<i>Dagda sp.1</i>	2A	0.0	0.5
<i>Daptonema sp.1</i>	1B	13731.8	97.5
<i>Daptonema sp.2</i>	1B	0.0	0.9
<i>Daptonema sp.3</i>	1B	0.0	0.0
<i>Daptonema sp.4</i>	1B	92.7	0.0
<i>Desmodora sp.1</i>	2A	334.0	425.8
<i>Desmodora sp.3</i>	2A	18.0	49.7
<i>Desmodora sp.4</i>	2A	78.8	2.5
<i>Desmodora sp.5</i>	2A	42.7	2.3
<i>Desmolaimus sp.1</i>	1B	88.3	27.0
<i>Desmolaimus sp.2</i>	1B	0.0	4.3
<i>Desmoscolex sp.1</i>	1A	52.7	0.9
<i>Dichromadora sp.1</i>	2A	7.4	0.0
<i>Diodontolaimus sp.1</i>	2A	27.0	19.2
<i>Diplopetooides sp.1</i>	1A	0.0	1.4
<i>Dorylaimopsis sp.1</i>	2A	6.0	11.4
<i>Draconema sp.1</i>	1A	8.8	14.3
<i>Eleutherolaimus sp.1</i>	1B	16.6	0.0
<i>Elzalia sp.1</i>	1B	207.0	68.3
<i>Endelophos sp.1</i>	2A	0.0	11.8
<i>Enoploides sp.1</i>	2B	0.0	0.6
<i>Enoplolaimus sp.1</i>	2B	10.0	0.0
<i>Enoplolaimus sp.2</i>	2B	0.0	0.6
<i>Enoplus sp.1</i>	2B	0.0	1.7
<i>Epsilonema sp.1</i>	1A	522.3	18.3
<i>Epsilonema sp.2</i>	1A	8.8	0.0
<i>Epsilonema sp.3</i>	1A	0.0	0.5
<i>Eubostrichus sp.1</i>	1A	0.0	0.7
<i>Euchromadora sp.1</i>	2A	12.3	0.0
<i>Eurystomina sp.1</i>	2B	0.0	44.4
<i>Gammarinema sp.1</i>	1B	0.0	2.4
<i>Graphonema sp.1</i>	2A	13.5	1.8
<i>Halalaimus lutanus</i>	1A	13.5	0.0
<i>Halalaimus sp.1</i>	1A	110.3	43.6
<i>Halanonchus sp.1</i>	1B	0.0	6.9
<i>Halaphanolaimus sp.1</i>	1A	17.6	0.0
<i>Halichoanolaimus sp.1</i>	2B	8.4	5.2
<i>Innocuonema sp.1</i>	2A	0.0	12.7

Παράρτημα (συνέχεια)

Είδη νηματωδών	Τροφικοί τύποι	MD1	MD3
<i>Innocuonema sp.2</i>	2A	39.6	2.0
<i>Laimella sp.1</i>	2A	0.0	0.9
<i>Leptolaimoides sp.1</i>	1A	6.6	0.0
<i>Leptolaimus sp.1</i>	1A	110.8	21.6
<i>Leptolaimus sp.2</i>	1A	51.3	3.0
<i>Leptonemella sp.1</i>	1A	26.4	12.3
<i>Linhomoeus sp.1</i>	2A	3.3	0.9
<i>Linhystera sp.1</i>	1A	3.3	27.5
<i>Longicyatholaimus sp.1</i>	2A	298.5	34.8
<i>Marylynnia sp.1</i>	2A	2204.4	53.0
<i>Mesacanthion sp.1</i>	2B	34.2	4.7
<i>Metachromadora sp.1</i>	2A	0.0	1.7
<i>Metachromadora sp.2</i>	2A	0.0	4.8
<i>Metacyatholaimus sp.1</i>	2A	248.6	41.7
<i>Metacyatholaimus sp.2</i>	2A	0.0	13.9
<i>Metacyatholaimus sp.3</i>	2A	0.0	1.0
<i>Metadesmolaimus sp.1</i>	1B	248.5	60.4
<i>Metalinhomoeus sp.1</i>	1B	984.6	54.5
<i>Metalinhomoeus sp.2</i>	1B	128.4	10.1
<i>Metalinhomoeus sp.3</i>	1B	0.0	37.2
<i>Metasphaerolaimus sp.1</i>	2B	0.0	1.8
<i>Metoncholaimus sp.1</i>	2B	38.2	0.0
<i>Microlaimus sp.1</i>	2A	2795.0	1138.0
<i>Microlaimus sp.2</i>	2A	38.9	23.9
<i>Minolaimus sp.1</i>	1A	0.0	1.8
<i>Molgolaimus sp.1</i>	2A	75.1	76.2
<i>Monoposthia sp.1</i>	2A	7.4	4.5
<i>Nannolaimoides sp.1</i>	2A	27.0	17.7
<i>Nannolaimoides sp.2</i>	2A	0.0	0.0
<i>Nannolaimus sp.1</i>	1A	9.2	7.1
<i>Nannolaimus sp.2</i>	1A	0.0	10.5
<i>Neochromadora sp.1</i>	2A	638.2	37.0
<i>Neochromadora sp.2</i>	2A	24.7	0.0
<i>Notochaetosoma sp.1</i>	1A	50.6	0.0
<i>Odontophora sp.1</i>	2A	2977.3	5.0
<i>Odontophora sp.2</i>	2A	9.2	1.3
<i>Oncholaimus sp.1</i>	2B	55.7	0.0
<i>Oxystomina sp.1</i>	1A	18.4	1.8
<i>Oxystomina sp.2</i>	1A	0.0	0.9
<i>Paracanthonchus sp.1</i>	2A	1836.1	28.1
<i>Paracomesoma sp.1</i>	2A	0.0	0.9



Παράτημα (συνέχεια)

Είδη νηματωδών	Τροφικοί τύποι	MD1	MD3
<i>Paracyatholaimoides sp.1</i>	2A	452.0	0.0
<i>Paracyatholaimus sp.1</i>	2A	39.9	10.1
<i>Paradesmodora sp.1</i>	2A	35.2	0.0
<i>Paralinhomoeus sp.1</i>	1B	13.5	0.0
<i>Paralinhomoeus sp.2</i>	1B	0.0	13.5
<i>Paralongicyantholaimus sp.1</i>	2A	0.0	0.0
<i>Paramensonchium sp.1</i>	2A	0.0	10.5
<i>Paramonhystera sp.1</i>	1B	12.5	1.5
<i>Parapinnanema sp.1</i>	2A	0.0	7.3
<i>Pareurystomina sp.1</i>	2B	0.0	2.9
<i>Perepsilon sp.1</i>	1A	7.4	0.0
<i>Phanodermopsis sp.1</i>	1B	0.0	0.0
<i>Pomponema sp.1</i>	2B	77.5	15.1
<i>Praeacanthonchus sp.1</i>	2A	0.0	36.2
<i>Procamacolaimus sp.1</i>	2A	42.0	4.8
<i>Prochromadorella sp.1</i>	2A	3477.4	501.8
<i>Prochromadorella sp.2</i>	2A	125.7	7.9
<i>Promonhystera sp.1</i>	1B	92.7	54.7
<i>Pselionema sp.1</i>	1A	0.0	27.4
<i>Pselionema sp.2</i>	1A	71.4	24.4
<i>Pselionema sp.3</i>	1A	0.0	11.4
<i>Pselionema sp.4</i>	1A	7.4	4.7
<i>Pselionema sp.5</i>	1A	88.3	0.0
<i>Pselionema sp.6</i>	1A	0.0	5.1
<i>Pselionema sp.7</i>	1A	0.0	1.0
<i>Pseudochromadora sp.1</i>	2A	0.0	1.3
<i>Pseudonchus sp.1</i>	2B	9.2	0.0
<i>Pseudosteineria sp.1</i>	1B	0.0	0.0
<i>Ptycholaimellus sp.1</i>	2A	164.4	112.6
<i>Rhabdocoma sp.1</i>	1A	0.0	12.2
<i>Rhabdodemia sp.1</i>	2B	30.1	10.5
<i>Rhips sp.1</i>	2A	53.9	0.0
<i>Rhynchonema sp.1</i>	1B	0.0	1.2
<i>Richtersia sp.1</i>	1B	28.5	43.8
<i>Richtersia sp.2</i>	1B	108.3	42.7
<i>Sabatieria sp.1</i>	1B	13.5	24.7
<i>Sabatieria sp.2</i>	1B	8.4	22.4
<i>Sabatieria sp.3</i>	1B	144.3	16.6
<i>Sabatieria sp.4</i>	1B	0.0	8.1
<i>Sabatieria sp.6</i>	1B	0.0	1.3
<i>Sabatieria sp.5</i>	1B	0.0	5.0

Παράρτημα (συνέχεια)

Είδη νηματωδών	Τροφικοί τύποι	MD1	MD3
<i>Setosabatieria sp.1</i>	1B	27.0	6.1
<i>Siphonolaimus sp.1</i>	1A	0.0	4.4
<i>Siphonolaimus sp.2</i>	1A	0.0	5.2
<i>Siphonolaimus sp.3</i>	1A	0.0	11.8
<i>Southerniella sp.1</i>	1B	27.0	47.8
<i>Southerniella sp.2</i>	1B	0.0	12.3
<i>Spilophorella sp.1</i>	2A	0.0	13.9
<i>Spirinia schneideri</i>	2A	271.7	0.0
<i>Spirinia sp.1</i>	2A	11.6	11.0
<i>Spirinia sp.2</i>	2A	176.6	0.0
<i>Spirinia sp.3</i>	2A	13.5	10.7
<i>Steineria sp.1</i>	1B	0.0	0.0
<i>Stylotheristus sp.1</i>	1B	30.3	9.5
<i>Synodontium sp.1</i>	1B	24.8	0.0
<i>Synonchiella sp.1</i>	2B	1933.9	45.8
<i>Synonema sp.1</i>	1A	259.0	0.9
<i>Syringolaimus sp.1</i>	2B	932.5	61.8
<i>Tarvaia sp.1</i>	1A	13.5	0.0
<i>Terschellingia (aff.) gorbaultae</i>	1A	0.0	1.2
<i>Terschellingia sp.2</i>	1A	393.7	42.0
<i>Terschellingia sp.3</i>	1A	56.3	32.6
<i>Thalassironus sp.1</i>	2B	179.9	19.2
<i>Thalassolaimus sp.1</i>	1A	0.0	19.5
<i>Thalassomonhystera sp.1</i>	1B	9.2	26.3
<i>Thalassomonhystera sp.2</i>	1B	0.0	21.1
<i>Theristus sp.1</i>	1B	0.0	16.4
<i>Theristus sp.3</i>	1B	0.0	0.0
<i>Trefusia sp.1</i>	1A	1664.6	126.8
<i>Tricoma sp.1</i>	1A	305.1	28.7
<i>Tricoma sp.2</i>	1A	0.0	0.0
<i>Tricoma sp.3</i>	1A	0.0	0.9
<i>Trissonchulus sp.1</i>	2B	10.0	0.0
<i>Viscosia sp.1</i>	2B	0.0	0.5
<i>Viscosia sp.2</i>	2B	0.0	5.5
<i>Oxystominidae sp.1</i>	1A	83.7	0.0
<i>Phanodermatidae sp.1</i>	1A	33.5	0.0