

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

**Οικολογική μελέτη των τρηματοφόρων ως βασικής
συνιστώσας του μειοβένθους, στη βαθύαλη και αβυσσική
ζώνη της Α. Μεσογείου**

Ελένη Χατζηγιάννη

Διδακτορική διατριβή

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2003

*την εργασία αυτή την αφιερώνω
στον **Μιχάλη,**
στη **Βάσια** και στην **Εμμανουέλα,**

με αμέριστη ευγνωμοσύνη και αγάπη....*

Επιβλέπων Καθηγητής

Αναστάσιος Ελευθερίου (Καθηγητής Τμήματος Βιολογίας Πανεπιστημίου Κρήτης)

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Αναστάσιος Ελευθερίου (Καθηγητής Τμ. Βιολογίας Πανεπιστημίου Κρήτης)

Μωϋσής Μυλωνάς (Αναπληρωτής Καθηγητής Τμ. Βιολογίας Πανεπιστημίου Κρήτης)

Δρ Αναστάσιος Τσελεπίδης (Α' Ερευνητής ΙΘΑΒΙΚ)

Εξεταστική Επιτροπή

Αναστάσιος Ελευθερίου (Καθηγητής Τμ. Βιολογίας Πανεπιστημίου Κρήτης)

Αριστείδης Οικονομόπουλος (Καθηγητής Τμ. Βιολογίας Πανεπιστημίου Κρήτης)

Ευριπίδης Στεφάνου (Καθηγητής Τμ. Χημείας Πανεπιστημίου Κρήτης)

Μωϋσής Μυλωνάς (Αναπλ. Καθηγητής Τμ. Βιολογίας Πανεπιστημίου Κρήτης)

Κυριάκος Κοτζαμπάσης (Αναπλ. Καθηγητής Τμ. Βιολογίας Πανεπιστημίου Κρήτης)

Βασίλειος Γαλανόπουλος (Επικ. Καθηγητής Τμ. Βιολογίας Πανεπιστημίου Κρήτης)

Μαρία Τριανταφύλλου (Λέκτορας Τμ. Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών)

Δρ Αναστάσιος Τσελεπίδης (Α' Ερευνητής ΙΘΑΒΙΚ)

Περιεχόμενα

| | Σελ. |
|---|------|
| Πρόλογος | 1 |
| Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή | 5 |
| <u>1.1 Γενικά για το μειοβένθος</u> | 5 |
| <u>1.2 Τρηματοφόρα</u> | 7 |
| <u>1.3 Υδρολογία και γεωμορφολογία της λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου</u> | 8 |
| <u>1.4 Οι Βαθιές Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας (Deep Hypersaline Anoxic Basins-DHABs)</u> | 11 |
| <u>1.5 Ιζήματα σαπροπηλών</u> | 13 |
| <u>1.6 Στόχοι της διατριβής</u> | 15 |
| | |
| Κεφάλαιο 2. Υλικά και μεθοδολογία | 19 |
| <u>2.1 Περιοχές δειγματοληψίας</u> | 19 |
| <u>2.2 Στρατηγική δειγματοληψίας</u> | 23 |
| <u>2.3 Μέτρηση παραμέτρων στο πεδίο</u> | 26 |
| <u>2.4 Υποδειγματοληψίες για τη ανάλυση της χημείας, της κοκκομετρίας του ιζήματος και για τη μέτρηση του ρυθμού ανοργανοποίησης της οργανικής ύλης στο ίζημα</u> | 26 |
| <u>2.5 Υποδειγματοληψίες ιζήματος για τις πανιδικές αναλύσεις</u> | 27 |
| <u>2.6 Εργαστηριακές αναλύσεις χημείας και ιζηματολογίας</u> | 29 |
| <u>2.7 Εργαστηριακή επεξεργασία δειγμάτων μειοβένθους</u> | 31 |
| 2.7.1 Διαχωρισμός του βαρύτερου κλάσματος του ιζήματος | 31 |
| Καταμέτρηση των μεταζώων | |
| 2.7.2 Συστηματικοί προσδιορισμοί | 32 |
| <u>2.8 Ανάλυση των δεδομένων – ανάλυση ποικιλότητας πολυμεταβλητές αναλύσεις – σχέσεις αβιοτικών και βιοτικών παραμέτρων</u> | 34 |
| | |
| Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα | 39 |
| <u>3.1 Αιγαίο Πέλαγος</u> | 39 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 3.1.1 | Ιζηματολογία | 39 |
| 3.1.2 | Χημεία ιζήματος | 40 |
| 3.1.3 | Σύνθεση και κατανομή ολικού μειοβένθους | 41 |
| 3.1.4 | Οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των τρηματοφόρων | 43 |
| 3.1.5 | Οριζόντια κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων | 45 |
| 3.1.6 | Κατακόρυφη κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων | 48 |
| 3.1.7 | Δομή και ποικιλότητα της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων | 52 |
| | | |
| 3.2 | <u>Ιόνιο Πέλαγος</u> | 59 |
| 3.2.1 | Ιζηματολογία | 59 |
| 3.2.2 | Χημεία ιζήματος | 60 |
| 3.2.3 | Σύνθεση και κατανομή ολικού μειοβένθους στο Ιόνιο Πέλαγος | 63 |
| 3.2.4 | Οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των τρηματοφόρων | 65 |
| 3.2.5 | Οριζόντια κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων | 67 |
| 3.2.6 | Κατακόρυφη κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων | 70 |
| 3.2.7 | Δομή και ποικιλότητα της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων | 74 |
| | | |
| 3.3 | <u>Επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στη σύνθεση του μειοβένθους και στη δομή της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στη βαθύαλη ζώνη</u> | 82 |
| | | |
| 3.4 | <u>Αβυσσική ζώνη</u> | 85 |
| 3.4.1 | Ιζηματολογία | 85 |
| 3.4.2 | Χημεία ιζήματος | 85 |
| 3.4.3 | Κατανομή και σύνθεση του μειοβένθους στην αβυσσική ζώνη | 91 |
| 3.4.4 | Οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των τρηματοφόρων | 92 |
| 3.4.5 | Οριζόντια κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων | 93 |
| 3.4.6 | Κατακόρυφη κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων | 98 |
| | | |
| 3.5 | <u>Το σύστημα των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας (Deep Hypersaline Anoxic Basins)</u> | 112 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 3.5.1 | Ιζηματολογία | 112 |
| 3.5.2 | Χημεία ιζήματος | 115 |
| 3.5.3 | Σύνθεση και κατανομή του μειοβένθους στη φυσιολογική περιοχή των Λεκανών | 120 |
| 3.5.4 | Οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των τρηματοφόρων στη φυσιολογική περιοχή των Λεκανών | 123 |
| 3.5.5 | Οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων στη φυσιολογική περιοχή των Λεκανών | 125 |
| 3.5.6 | Η βιοκοινωνία του ιζήματος μέσα στην ανοξική, υψηλής αλατότητας ζώνη | 127 |
| 3.5.7 | Παρουσία και κατανομή των τρηματοφόρων μέσα στην ανοξική περιοχή | 134 |
| 3.5.8 | Παρουσία και κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων μέσα στην ανοξική ζώνη | 135 |
| | <u>3.6 Η βιοκοινωνία των τρηματοφόρων στην αβυσσική ζώνη</u> | 137 |
| | <u>3.7 Επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στη σύνθεση του μειοβένθους και στη δομή της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στην αβυσσική ζώνη</u> | 153 |
| | <u>3.8 Μεταβολές στη βιοκοινωνία των τρηματοφόρων ως αποτέλεσμα των περιβαλλοντικών αλλαγών στην Ανατολική Μεσόγειο κατά το Ολόκαινο</u> | 155 |
| 3.8.1 | Λιθολογική περιγραφή των πυρήνων δειγματοληψίας διαδοχή ιζημάτων στη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου | 155 |
| 3.8.2 | Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε οργανική ύλη της ακολουθίας των ιζημάτων προ, εντός και μετά του σαπροπηλού S1 | 156 |
| 3.8.3 | Κατανομή των βενθικών τρηματοφόρων | 157 |
| 3.8.4 | Μεταβολές στη βιοκοινωνία των βενθικών τρηματοφόρων | 159 |
| | Κεφάλαιο 4. Συζήτηση | 164 |
| | <u>4.1 Η συμμετοχή των τρηματοφόρων στη μειοβενθική βιοκοινωνία</u> | 164 |
| | <u>4.2 Η μελέτη του μειοβένθους και η σύνθεση της βιοκοινωνίας των</u> | 166 |

| | |
|--|-----|
| <u>τρηματοφόρων στη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη στην Ανατολική Μεσόγειο</u> | |
| <u>4.3 Ο ρόλος που κατέχουν τα τρηματοφόρα στο βενθικό οικοσύστημα</u> | 171 |
| <u>4.4 Η επίδραση των περιβαλλοντικών παραμέτρων στην αφθονία και στη δομή της σύγχρονης βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων</u> | 174 |
| 4.4.1 Η σύνθεση της βιοκοινωνίας στην περιοχή των Αβυσσικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας στην Ανατολική Μεσόγειο | 184 |
| <u>4.5 Απόκριση των τρηματοφόρων στις μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών κατά το Ολόκαινο</u> | 188 |
| <u>4.6 Σύνθεση – μελλοντικές προοπτικές</u> | 192 |
| Συμπεράσματα | 195 |
| Περίληψη | 200 |
| Abstract | 202 |
| Βιβλιογραφία | 204 |
| | |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (I) - Κατάλογος ειδών | |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (II)- Φωτογραφίες ειδών | |

Πρόλογος

Με τα τρηματοφόρα ήρθα αντιμέτωπη για πρώτη φορά το 1988 στο εργαστήριο της Μικροπαλαιοντολογίας του Γεωλογικού Τμήματος, στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Την επιθυμία μου όμως να ασχοληθώ μ' αυτά την έκανα πράξη αρκετά χρόνια αργότερα, στα πλαίσια των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Τμήμα Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης. Κατά την περίοδο αυτή, μου δημιουργήθηκαν μεν νέα ερωτήματα για τους οργανισμούς αυτούς και την οικολογία τους, εντυπωσιάστηκα δε από το γεγονός ότι αν και άφθονοι μέσα στα θαλάσσια ιζήματα, εντούτοις πάμπολλες από τις εργασίες βένθους δεν τους συμπεριελάμβαναν. Σε συνδυασμό με το ενδιαφέρον μου για την έρευνα στο θαλάσσιο χώρο και κυρίως για τα μεγαλύτερα βάθη της Μεσογείου, αποφάσισα να προχωρήσω και να εμβαθύνω, στα πλαίσια μιας διδακτορικής διατριβής.

Τόσο όμως το ξεκίνημα, όσο και η πορεία αλλά και η προσπάθεια για την ολοκλήρωση της διατριβής μου δεν θα είχαν επιτευχθεί χωρίς τη συμβολή αρκετών ανθρώπων, στους οποίους οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου, τον κ. Α. Ελευθερίου, καταρχήν γιατί δέχθηκε πρόθυμα να αναλάβει την επίβλεψη της διατριβής μου και να με καθοδηγήσει σωστά όλα αυτά τα χρόνια. Τον ευχαριστώ για τις πολύτιμες υποδείξεις του, την αποτελεσματική του καθοδήγηση, τις χρήσιμες συζητήσεις επί του αντικειμένου, επί του προγραμματισμού και επί των αποτελεσμάτων της διατριβής και για τις καθοριστικές παρατηρήσεις του ως προς το κείμενο της διατριβής. Ακόμα, τον ευχαριστώ θερμά για την ηθική του συμπαράσταση αλλά και για την καθημερινή, ευχάριστη επικοινωνία που βοήθησε πραγματικά τα δύσκολα, να φαίνονται ευκολότερα.

Εκτός όμως από τον κ. Ελευθερίου, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ και στον ερευνητή του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης Δρ Α. Τσελεπίδη, που ήταν και μέλος της Συμβουλευτικής μου Επιτροπής. Τον ευχαριστώ καταρχήν γιατί μου έδωσε την ευκαιρία να δουλέψω μαζί του και με την ομάδα Ωκεανογραφίας στη βαθιά θάλασσα, και έτσι να έχω πρόσβαση σ' αυτό το περιβάλλον που υπό άλλες συνθήκες θα έμοιαζε πραγματικά απροσπέλαστο. Μου έδωσε την ευκαιρία να ενταχθώ σε πολλά ερευνητικά προγράμματα, στα πλαίσια των οποίων πραγματοποιήθηκαν οι σχεδόν όλες οι δειγματοληψίες για

τις ανάγκες της διατριβής μου. Τον ευχαριστώ για την κάλυψη όλων των οικονομικών απαιτήσεων της διατριβής και γιατί μου έδωσε τη δυνατότητα να γνωρίσω σημαντικούς επιστήμονες του χώρου και να μεταβώ στο Netherlands Institute of Marine Research (NIOO) στην Ολλανδία, καθώς και στο Southampton Oceanography Center (SOC), εκπαιδευτικά ταξίδια κατά τα οποία απέκτησα σημαντική εμπειρία. Επίσης, τον ευχαριστώ για τη γενικότερη υποστήριξη και ενθάρρυνση και τις σημαντικές υποδείξεις του για τη διόρθωση του κειμένου της διατριβής.

Δεν θα μπορούσα όμως ποτέ να εργαστώ ουσιαστικά και αποτελεσματικά με τα τρηματοφόρα χωρίς τη συμβολή του Leon Moodley στο Netherlands Institute of Marine Research στην Ολλανδία. Τον ευχαριστώ που ανταποκρίθηκε άμεσα στα πρώτα στάδια της διατριβής μου και μου διέθεσε αρκετό χρόνο προκειμένου να καταπιαστώ με τα πρώτα δείγματα και να καταμετρήσω τα πρώτα, πολύτιμα για μένα άτομα τρηματοφόρων. Τον ευχαριστώ για τη φιλοξενία του στο Netherlands Institute of Marine Research, για τη δυνατότητα που μου προσέφερε να εργαστώ μαζί του αλλά και για τη διάθεση των δειγμάτων των σαπροπηλών η ανάλυση των οποίων έδωσε μια άλλη διάσταση στη διατριβή μου.

Η συνεργασία μου με τον A. Gooday στο Southampton Oceanography Center ήταν καθοριστική για τους συστηματικούς προσδιορισμούς των τρηματοφόρων και πραγματικά χωρίς εκείνον θα είχα σημαντικές δυσκολίες στην ολοκλήρωση της δουλειάς μου στο εργαστήριο. Τον ευχαριστώ που μου διέθεσε τον πολύτιμο χρόνο του ανάμεσα σε τόσες υποχρεώσεις και ταξίδια και μοιράστηκε μαζί μου τη σημαντική του εμπειρία επί της συστηματικής των τρηματοφόρων. Τον ευχαριστώ για την ελεύθερη πρόσβαση που μου προσέφερε τόσο στο σύνολο της βιβλιογραφίας του όσο και στο τόσο χρήσιμο σε μένα αρχείο του με τα προσδιορισμένα είδη τρηματοφόρων.

Μία από τις βασικές μου ανάγκες για το σωστό συστηματικό προσδιορισμό των ειδών καλύφθηκε με την εργασία μου στο εργαστήριο Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας στο Τμήμα Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης, υπό την επίβλεψη του Επικ. Καθηγητή κ. Β. Γαλανόπουλου. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά για τη συνεργασία, τη βοήθεια και την δυνατότητα που μου παρείχε να εργαστώ στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω και την κ. Α. Σιάκουλη-Γαλανοπούλου, για τις

ατελείωτες ώρες που μου διέθεσε στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο, για τη βοήθεια που μου προσέφερε, και για την τόσο καλή ποιότητα των παρασκευασμάτων και φωτογραφιών που χωρίς αυτήν δεν θα μπορούσα να επιτύχω.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τον Αναπλ. Καθηγητή Μ. Μυλωνά που ήταν και μέλος της Συμβουλευτικής μου επιτροπής, για τη συμβολή του στην πορεία της εργασίας καθώς και για το ενδιαφέρον του ως προς το αντικείμενο της διατριβής μου. Ευχαριστώ επίσης και τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής, τον Καθηγητή Α. Οικονομόπουλο, τον Καθηγητή Ε. Στεφάνου, τον Αναπλ. Καθηγητή Κ. Κοτζαμπάση, τον Επίκ. Καθηγητή Β. Γαλανόπουλο και τη Λέκτορα Μ. Τριανταφύλλου για την αξιολόγηση της διατριβής μου και τις χρήσιμες παρατηρήσεις και υποδείξεις σχετικά με τη διάρθρωση του τελικού κειμένου της διατριβής.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον C. Heip και τον P. Herman για την κάλυψη τμήματος των εξόδων διαμονής μου στο Netherlands Institute of Marine Research, καθώς και τον J. Middelburg για τη συνεργασία του. Ευχαριστώ τον Καθηγητή C. Corselli για τη σημαντική γνώση που μου μετέφερε κατά τη διάρκεια της αποστολής στις Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας, τον Δρ Β. Λυκούση για το ενδιαφέρον του ως προς το αντικείμενο της διατριβής και τον Δρ. Χ. Αρβανιτίδη για τη βοήθεια στη στατιστική επεξεργασία.

Θα ήταν μεγάλη παράλειψη να μην αναφερθώ στους συναδέλφους στο Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης που μου συμπαραστάθηκαν όλα αυτά τα χρόνια και έζησαν πραγματικά από κοντά την πορεία αυτής της εργασίας. Ευχαριστώ θερμά την Θάλεια Πολυχρονάκη, τον Μανόλη Τσαπάκη, την Wanda Πλαΐτη, τον Δημήτρη Ποδάρα, τη Στέλλα Ψαρρά, τον Φώτη Πανταζόγλου, τη Βούλα Πολυμενάκου, τη Βιβή Πήττα, το Νεκτάριο Σπυριδάκη, την Ελένη Δαφνομήλη. Τους ευχαριστώ γιατί ήταν δίπλα μου, στα εύκολα και στα δύσκολα, στη μπουνάτσα αλλά και στις φουρτούνες στη θάλασσα. Με τη Γιολάντα Κουλούρη μοιραστήκαμε πολλές από τις αγωνίες στο χώρο του Πανεπιστημίου και την ευχαριστώ για τη συμπαράστασή της όλα αυτά τα χρόνια. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Νίκο Λαμπαδαρίου που με βοήθησε σε πολλά στάδια αυτής της διατριβής συζητώντας, εξηγώντας και προσφέροντας την εμπειρία του στο χώρο του μειοβένθους.

Η συμπαράσταση των φίλων μου ήταν καθοριστική για την εξέλιξη και την ολοκλήρωση της διατριβής. Ευχαριστώ θερμά τη Ρένα Σκουραδάκη, το Δημήτρη Κουβίδη και το μικρό Κωνσταντίνο, τη Μαρία και το Μιχάλη Φουκαράκη, τη Τζένη Αμπαρτζάκη, το Στράτο Τσολίσο, τη Στέλλα Δακανάλη. Ευχαριστώ ακόμα την Εύη, το Βασίλη και τη Μαρία Φοινικιανάκη, τη Μαρίνα Αλεξάκη, τους μικρούς Αλέξανδρο και Μανόλη και τη μικρούλα Κατερίνα.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω και να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου Βασίλη και Στέλλα Χατζηγιάννη για τη συμπαράστασή τους και την ηθική τους υποστήριξη, καθώς και στην αδελφή μου Μαρία.

Ένα μεγάλο, πολύ μεγάλο ευχαριστώ, θα ήθελα να πω στον αγαπημένο μου Μιχάλη Φοινικιανάκη, και στις μικρές μου Βάσια και Εμμανουέλα. Σας ευχαριστώ που μου συμπαρασταθήκατε όλα αυτά τα χρόνια, που με στηρίξατε ο καθένας με τον τρόπο του, που ανεχθήκατε την απουσία μου, τη ρουτίνα και την πίεση της δουλειάς, και με βοηθήσατε να φτάσω ως εδώ.

Μιχάλη, Βάσια και Εμμανουέλα, ό,τι κι αν πω..., πραγματικά ό,τι κι αν πω θα είναι λίγο...σας ευχαριστώ για όλα.....

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά για το μειοβένθος

Η μελέτη του μειοβένθους ξεκίνησε το 1942 από την M. F. Mare προκειμένου να προσδιοριστεί ένα σύνολο βενθικών ασπόνδυλων οργανισμών, διαχωρίζοντάς τους από αυτούς του μακροβένθους με βάση το μικρό τους μέγεθος. Προηγούμενες μελέτες είχαν ήδη αναφερθεί στους τυπικούς μειοβενθικούς οργανισμούς με τον όρο "μικροπανίδα", ενώ κατά το μέσο του 19ου αιώνα, δημοσιεύτηκαν διάφορες ζωολογικές και ταξινομικές περιγραφές μειοβενθικών ασπονδύλων.

Ανάμεσα στους πρώτους που ασχολήθηκαν με τη μελέτη των μειοπανιδικών οργανισμών (με βάση στοιχεία που αναφέρονται από τον Giere 1993) περιλαμβάνεται ο Dujardin που το 1851 ασχολήθηκε για πρώτη φορά με τα κινόρυγα και ο Kowalevsky ο οποίος το 1901 μελέτησε την οικογένεια Microhedylidae των γαστεροπόδων στην Ανατολική Μεσόγειο. Ο Giard το 1904 ασχολήθηκε με τη συστηματική των δακτυλιοσκωλήκων περιγράφοντας για πρώτη φορά το *Protodrilus sp.* στις ακτές της Νορμανδίας. Στην εργασία του Petersen (1913) περιγράφονται για πρώτη φορά κατάλληλοι δειγματολήπτες για τη δειγματοληψία υποπαλιρροιακών περιοχών. Με τον τρόπο αυτό τόσο η αφθονία όσο και η ποικιλότητα των μικρών βενθικών οργανισμών αρχίζει να προσεγγίζεται περισσότερο.

Ο Remane το 1933 περιέγραψε την μειοπανίδα ως μία βιοκοινωνία που χαρακτηρίζεται από μία συγκεκριμένη οικοθέση σε σχέση και με τις ξεχωριστές προσαρμογές που αναπτύσσει. Παράλληλα περιέγραψε διάφορες μειοπανιδικές ομάδες όπως τα γαστροτρίχα, τα τροχόζωα, τους δακτυλιοσκώληκες και τα κινόρυγα στις βόρειες ακτές της Γερμανίας. Ο Nicholls το 1935 προσδιόρισε είδη κωπηπόδων στις ακτές της Σκωτίας, ενώ ο Swedmark το 1964 περιέγραψε πολλά άγνωστα ως τότε είδη διαφόρων ομάδων μειοβενθικών οργανισμών στις ακτές της Νορμανδίας. Ο ίδιος ανασκόπησε πολλές μειοπανιδικές μελέτες, δημοσιεύοντας την εργασία «The Intersitial Fauna of Marine Sand» η οποία έχει θεωρηθεί ως μία από τις κλασσικές του είδους στη σχετική βιβλιογραφία.

Τα περισσότερα από τα φύλα των μεταζώων διαθέτουν αντιπροσώπους. Μειοβενθικού μεγέθους. Επίσης, κάποιες ομάδες πρωτοζώων (όπως τα

τρηματοφόρα, οι αμοιβάδες) ανήκουν στην κατηγορία των μειοβενθικών οργανισμών. Οι νηματώδεις αποτελούν κατά κανόνα την αφθονότερη ομάδα, ενώ τα κωπήποδα ή τα τρηματοφόρα βρίσκονται στη δεύτερη θέση από άποψη αφθονίας. Σε πολλές από τις παλαιότερες εργασίες, τα τρηματοφόρα συχνά δεν περιλαμβάνονταν στις αναλύσεις του μειοβένθου. Το γεγονός αυτό οφείλεται είτε στο ότι αρκετές από τις εργασίες αναφέρονται στην κατανομή μόνο των μεταζώων, αλλά και στη χρονοβόρα διαλογή (sorting) των τρηματοφόρων από το ίζημα συγκριτικά με τις απλούστερες μεθόδους εξαγωγής των μειοβενθικών μεταζώων.

Οι μειοβενθικοί οργανισμοί χαρακτηρίζονται από μια σχετικά ευρεία κατανομή. Τα επίπεδα αφθονίας και βιομάζας τους ρυθμίζονται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η κοκκομετρία του ιζήματος και ο τύπος του υποστρώματος, η θερμοκρασία, η αλατότητα, το pH το δυναμικό οξειδοαναγωγής του ιζήματος (Eh), το διαθέσιμο οξυγόνο, η διαθεσιμότητα σε τροφή στο ίζημα (Coul 1988, Giere 1993). Ειδικότερα, ο τύπος του υποστρώματος αλλά και η διαθέσιμη τροφή στο ίζημα αποτελούν ισχυρούς περιοριστικούς παράγοντες για την ανάπτυξη του μειοβένθου (Hulings & Gray 1971, Thiel 1983, Heip *et al.* 1985, Giere *et al.* 1988). Έτσι, οι διάφορες μεταβολές στη διάρθρωση των μειοβενθικών βιοκοινωνιών σχετίζονται άμεσα με τη διαθεσιμότητα σε τροφή όπως τα φυτοθρύμματα, το περιεχόμενο στο ίζημα οργανικό υλικό αλλά και οι διάφορες ασταθείς οργανικές ενώσεις.

Τις τελευταίες δεκαετίες γίνεται όλο και πιο έντονη προσπάθεια μελέτης των μειοβενθικών ομάδων τόσο από άποψη συστηματικής όσο οικολογίας. Δίδεται μάλιστα έμφαση και σε ομάδες που δεν έχουν μελετηθεί ιδιαίτερα κατά το παρελθόν. Σημαντική προσπάθεια διενεργείται για την περιγραφή νέων ειδών και την προσέγγιση δυσπρόσιτων περιβαλλόντων με τη χρήση νέων, αποτελεσματικότερων εργαλείων και κατάλληλων δειγματοληπτικών μεθόδων. Κύριο στόχο της μειοβενθικής έρευνας σήμερα αποτελεί και η μελέτη του ρόλου του μειοβένθου σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες. Σημαντικό κομμάτι της έρευνας αποτελούν και τα πειράματα που διενεργούνται σε μεσοκόσμους, με στόχο τη μελέτη του ρόλου των μειοβενθικών οργανισμών στο οικοσύστημα, τις αλληλεπιδράσεις αυτών με τη μακροπανίδα και τη θέση τους στην τροφική αλυσίδα. Συγχρόνως μελετάται και ο τρόπος απόκρισης των διαφόρων ομάδων αλλά και των διαφορετικών ειδών σε ελεγχόμενα μεταβαλλόμενες συνθήκες.

Πρόσφατες μελέτες εστιάζονται στον οικολογικό ρόλο που έχουν οι μειοβενθικοί οργανισμοί αναφορικά και με αυτόν των βακτηρίων και της μακροπανίδας ως οι τρεις κύριες παράμετροι του βένθους. Οι Higgins & Thiel (1988) έδειξαν τη σημαντική υπεροχή που παρουσιάζουν οι μειοβενθικοί οργανισμοί και τα βακτήρια, εντούτοις, οι ακριβείς παράγοντες που την καθορίζουν δεν είναι πλήρως γνωστοί ακόμα. Εξάλλου στη Μεσόγειο, δεν υπάρχει διαθέσιμη σχετική πληροφορία που να αναφέρεται σε παράλληλη μελέτη της μειοβενθικής βιοκοινωνίας συγχρόνως με αυτή των βακτηρίων και της μακροπανίδας.

Για την Ανατολική Μεσόγειο και ιδιαίτερα σε βάθη μεγαλύτερα από 200m, δεν υπάρχουν αρκετές εργασίες σχετικά με την κατανομή και τη συστηματική των μειοβενθικών οργανισμών. Παλαιότερες εργασίες αποτελούν αυτές των Dinet (1976) στο Βόρειο Αιγαίο, των Roidou & Eleftheriou (1989) στο Βόρειο και Νότιο Αιγαίο. Πρόσφατα αποκτήθηκε περισσότερη πληροφορία με τις εργασίες των Danovaro *et al.* (1995) και των Danovaro *et al.* (2000) στο Κρητικό Πέλαγος, καθώς και από τον Lampadariou (2001) ο οποίος μελέτησε την κατανομή του μειοβένθους και τη βιοκοινωνία των νηματωδών σε ένα εύρος σταθμών στην υφαλοκρηπίδα της Κρήτης καθώς και στη βαθύαλη ζώνη του Κρητικού Πελάγους και στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος.

1.2 Τρηματοφόρα

Τα τρηματοφόρα είναι μονοκύτταροι οργανισμοί και αποτελούν τάξη της κλάσης των Ριζοπόδων του φύλου των Πρωτοζώων. Η οργάνωση του κυτταροπλάσματος και τα χαρακτηριστικά των ψευδοποδίων τους μοιάζουν με τα αντίστοιχα των αμοιβάδων, όμως τα τρηματοφόρα αναπτύσσουν επιπλέον ένα προεξέχον δίκτυο ψευδοποδίων με λεπτά, κοκκώδη ριζοπόδια και φιλοπόδια τα οποία εξέρχονται από το κυτταρικό σώμα και εξυπηρετούν στην κίνηση των οργανισμών και τη σύλληψη της τροφής (Murray 1991, Travis & Bowser 1991)

Τα σύνθετα κελύφη σε συνδυασμό με το διαμερισματοποιημένο κυτταρόπλασμα αναδεικνύουν τα τρηματοφόρα ως περισσότερο "εξελιγμένους" οργανισμούς αν και ιεραρχικά και φυλογενετικά έχουν ταξινομηθεί ως πρωτόγονοι (Sleigh 1989, Anderson & Lee 1991).

Η σύνθεση και η δομή του κελύφους διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ειδών. Τα περισσότερα τρηματοφόρα αναπτύσσουν κελύφη (tests) με έναν ή περισσότερους θαλάμους στους οποίους εγκλείεται το κυτταρόπλασμα. Διάφορες μορφές χαρακτηρίζουν τα κελύφη (Anderson & Lee 1991):

- ασβεστολιθικά, αποτελούμενα από κρυστάλλους ανθρακικού ασβεστίου το οποίο παράγεται σε εσωτερικές κοιλότητες του κυττάρου και αποτίθεται στην επιφάνεια ή σχηματίζεται εξωκυτταρικά

- κελύφη αποτελούμενα από αραγωνίτη

- «συμφυρματοπαγή» κελύφη, στα οποία διάφορα τεμάχια ξένου υλικού όπως κόκκοι άμμου, θραύσματα κελυφών άλλων τρηματοφόρων ή βελόνων σπόγγων κ.τ.λ. συγκολλούνται σχηματίζοντας το κυτταρικό περίβλημα.

Τα τρηματοφόρα που αναπτύσσουν τις παραπάνω μορφές κελυφών χαρακτηρίζονται ως «τρηματοφόρα σκληρού κελύφους» (hard-shelled foraminifera)

- χιτινώδη κελύφη με ένα ή περισσότερα στοματικά ανοίγματα. Αυτά τα τρηματοφόρα χαρακτηρίζονται ως «τρηματοφόρα μαλακού κελύφους». Τα κελύφη αυτού του είδους αποτελούνται είτε από πρωτεϊνούχο υλικό είτε από μια εσωτερική οργανική στρώση με προσκολλημένα ξένα τεμαχίδια (άμμου, θραυσμάτων κελυφών κ.τ.λ.), μικρά και ασθενώς συγκολλημένα ώστε να διατηρείται η ευκαμψία του κελύφους (Nyholm 1954, 1955, 1974, Loeblich & Tappan 1987, Gooday 1986, Gooday 1990).

Μέχρι και τέλη της δεκαετίας του 1980, η διαθέσιμη πληροφορία για τη δυναμική των βιοκοινωνιών σύγχρονων, ζωντανών τρηματοφόρων και την κατανομή τους στα θαλάσσια ιζήματα προερχόταν κυρίως από τις περιοχές του Ατλαντικού ή του Ειρηνικού Ωκεανού. Αντίθετα, μόνο λίγες διαθέσιμες βιβλιογραφικές αναφορές έβρισκε κανείς για τη Μεσόγειο, και αυτές κυρίως για το δυτικό της τμήμα. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει αυξανόμενη πληροφορία και για άλλες περιοχές της Μεσογείου, κυρίως σε βάθη <200m και σταδιακά στη βαθύαλη ζώνη.

1.3 Υδρολογία και γεωμορφολογία της λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου

Η έκταση της Μεσογείου στη σύγχρονή της μορφή ανέρχεται σε 2.542.000 km². Το μέσο βάθος της είναι 1650m και το μέγιστο είναι 5093m (νοτιοδυτικά

της Πελοποννήσου). Η Μεσόγειος χωρίστηκε τυπικά το 1932 από τον Schmidt (στοιχεία από Por 1989) στην Ανατολική και Δυτική Λεκάνη εκατέρωθεν της υποθαλάσσιας ράχης μεταξύ Σικελίας και Τυνησίας. Οι δύο υπολεκάνες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ως προς τα υδρολογικά και φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά. Οι διαφορές αυτές προκύπτουν σε μεγάλο βαθμό από την κυκλοφορία των νερών στη Μεσόγειο και τις διαδικασίες εισροής και εκροής υδάτων από και προς τον Ατλαντικό ωκεανό μέσω των στενών του Γιβραλτάρ (Por 1989).

Χαμηλής αλατότητας υδάτινες μάζες από τον Ατλαντικό (AW) εισέρχονται επιφανειακά από το στενό του Γιβραλτάρ και μεταφέρονται στα αλμυρότερα νερά της Μεσογείου. Η εκροή τους και πάλι προς τον Ατλαντικό γίνεται δια μέσω χαμηλότερων υδάτινων μαζών και κυρίως μέσω των ενδιάμεσων νερών της Λεβαντίνης (LIW) που είναι ο κύριος συντελεστής στην εκροή υδάτων προς τον Ατλαντικό ωκεανό. Δευτερεύουσες συνιστώσες κυκλοφορίας νερών στη Μεσόγειο ορίζονται από υφάλους στα στενά του Γιβραλτάρ και της Σικελίας, και σχετίζονται με τη δημιουργία βαθιών νερών στη Δυτική (WMDW) και στην Ανατολική Μεσόγειο (EMDW).

Τα νερά του Ατλαντικού χάνουν βαθμιαία τα χαρακτηριστικά τους καθώς αναμειγνύονται με τις υδάτινες μάζες της Μεσογείου προς τα ανατολικά σε συνάρτηση πάντα και με την εξάτμιση που λαμβάνει χώρα. Εντούτοις, σε συγκεκριμένες περιοχές της λεκάνης (Κόλπος Λεόντων, Αδριατική θάλασσα, Κρητικό Πέλαγος, Λεκάνη Λεβαντίνης) πραγματοποιείται σχηματισμός νέων υδάτινων μαζών και μεταφορά προς ενδιάμεσα και βαθιά νερά. Γενικότερα, η διαδικασία σχηματισμού ενδιάμεσων και βαθιών νερών βοηθά στην κατακόρυφη ανάμειξη της υδάτινης στήλης, επιτρέποντας την ανταλλαγή φυσικών και βιοχημικών ιδιοτήτων (οξυγόνο, θρεπτικά) μεταξύ επιφανειακών και ενδιάμεσων-βαθιών μαζών.

Στην Αδριατική Θάλασσα ο σχηματισμός βαθιών νερών πραγματοποιείται κυρίως στο νότιο τμήμα της και σε πολύ μικρότερο βαθμό στο βόρειο (Pollak 1951, από Lascaratos *et al* 1999). Τα νερά της υφαλοκρηπίδας στο βορειότερο τμήμα γίνονται πυκνότερα κατά τη χειμερινή περίοδο εξαιτίας της πτώσης της θερμοκρασίας και της εξάτμισης που προκαλούν τα φαινόμενα Boga. Τα πυκνότερα αυτά νερά κατευθύνονται προς το νότο υπό την επίδραση ενός

μόνιμου κυκλώνα και σε συνδυασμό με τα ενδιάμεσα νερά της Λεβαντίνης οδηγούν στο σχηματισμό πυκνών υδάτινων μαζών στη Νότια Αδριατική.

Υπό την επίδραση του κυκλώνα της Ρόδου, οι ενδιάμεσες μάζες της Λεκάνης της Λεβαντίνης σχηματίζονται στο βορειοδυτικό τμήμα της (Lascaratos *et al.* 1999). Η πυκνότητα των επιφανειακών νερών της Λεβαντίνης (LSW) αυξάνει κατά την περίοδο του χειμώνα με αποτέλεσμα αυτά να καταβυθίζονται και να ενσωματώνονται με τα υποκείμενα υδάτινα στρώματα μέσα στην περιοχή του κυκλώνα της Ρόδου.

Παλαιότερες μελέτες αναφέρουν και το Αιγαίο Πέλαγος ως περιοχή σχηματισμού βαθιών υδάτινων μαζών (Lascaratos *et al.* 1999 και περιεχόμενες αναφορές). Αποτελέσματα των παραπάνω έδειξαν το σχηματισμό υδάτινων μαζών σε ενδιάμεσα βάθη νότια της Κρήτης, και στις οποίες έδωσαν το όνομα Κρητικά Ενδιάμεσα Νερά (CIW). Κατά τους Malanotte-Rizzoli *et al.* (1998), οι υδάτινες αυτές μάζες προέρχονται από την εκροή νερών από το Αιγαίο Πέλαγος και οριοθετούνται χαμηλότερα από τα ενδιάμεσα νερά της Λεβαντίνης, νότια και κατά μήκος των δυτικών ακτών της Κρήτης.

Με την πάροδο των ετών διαπιστώθηκε ότι επήλθε σχετική ισορροπία μεταξύ των προαναφερόμενων υδάτινων μαζών. Υψηλότερης θερμοκρασίας και αλατότητας νερά από το Αιγαίο Πέλαγος αντικατέστησαν τα προηγούμενα βαθιά νερά στη Λεκάνη της Λεβαντίνης, η οποία παρουσίασε συγκριτικά με το Ιόνιο Πέλαγος αντίστροφες τάσεις ως προς τη θερμοκρασία και την αλατότητα. Κατά την περίοδο 1987-1995 οπότε και παρουσιάστηκε η αύξηση της αλατότητας στη Λεκάνη της Λεβαντίνης, το Ιόνιο Πέλαγος χαρακτηρίστηκε από μείωση της αλατότητας στα ενδιάμεσα νερά, και καμία μεταβολή στα βαθύτερα. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι ο ρόλος του Αιγαίου Πελάγους επεκτάθηκε από την απλή παραγωγή ενδιάμεσων νερών και στο σχηματισμό βαθιών νερών σε μεγάλες ποσότητες. Έτσι η Ανατολική Μεσόγειος φαίνεται να είναι πλέον περισσότερο ένα περισσότερο μεταβατικό παρά σταθερό σύστημα.

Το Αιγαίο Πέλαγος παρουσιάζει σημαντικές ιδιομορφίες τόσο από άποψη γεωμορφολογίας στο βυθό, μια και απαρτίζεται από έναν αριθμό υπολεκανών και χαρακτηρίζεται από ποικιλία βαθυμετρίας, όσο και ως προς τα επίπεδα παραγωγικότητας στις διάφορες υπολεκάνες. Στο Βόρειο Αιγαίο πραγματοποιείται είσοδος επιφανειακών νερών αυξημένης περιεκτικότητας σε θρεπτικά άλατα από τη Μαύρη Θάλασσα μέσω των Στενών των Δαρδανελίων

και από ποτάμια που εκβάλλουν στις βόρειες ακτές (Roulos *et al.* 1997, 2000), γεγονός που κατ' επέκταση έχει ως αποτέλεσμα αυξημένες τιμές οργανικής ύλης στα επιφανειακά ιζήματα συγκριτικά με τα νοτιότερα τμήματα.

Το Κρητικό Πέλαγος αντίθετα είναι μία από τις πιο ολιγοτροφικές περιοχές της Μεσογείου, και χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλές τιμές πρωτογενούς παραγωγικότητας. Αυτό σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες και την έντονη στρωμάτωση ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, έχει ως αποτέλεσμα χαμηλές τιμές ροής σωματιδιακής ύλης και συνεπώς χαμηλές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης στα επιφανειακά ιζήματα της βαθύαλης ζώνης (Dugdale & Wilkerson 1988, Ignatiades 1998, Psarra *et al.* 2000, Tselepides *et al.* 2000a).

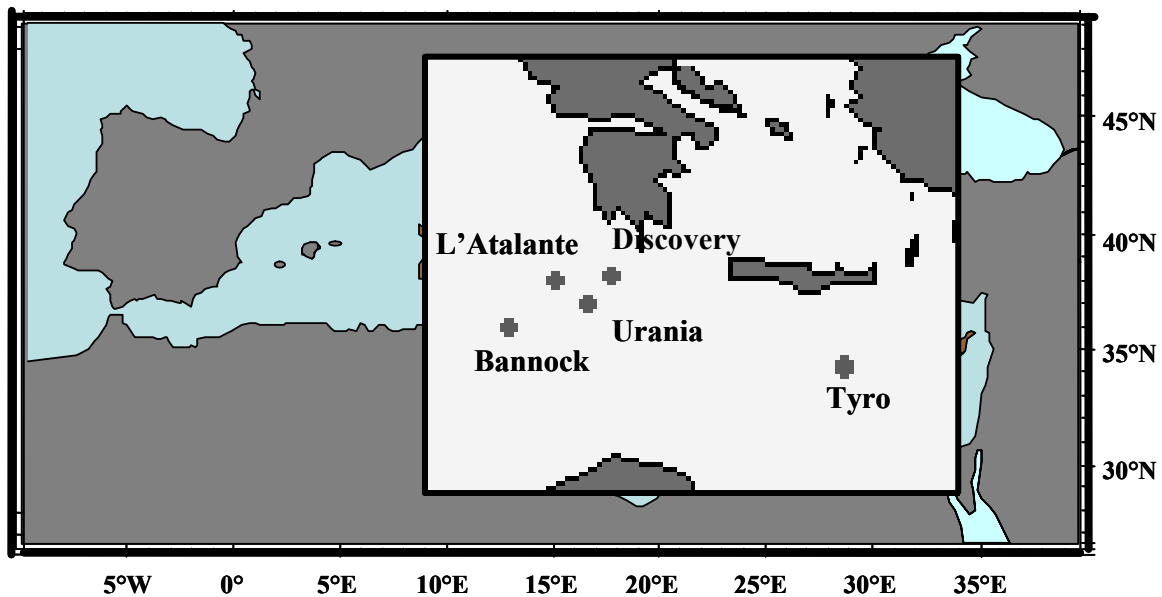
Η περιεκτικότητα του ιζήματος σε οργανική ύλη και επομένως σε διαθεσιμότητα τροφής μειώνεται εκθετικά σε συνάρτηση με το βάθος, με αποτέλεσμα την επικράτηση ελάχιστων συγκεντρώσεων οργανικής ύλης στην αβυσσική ζώνη της Ανατολικής Μεσογείου. Εντούτοις, σε αρκετές περιπτώσεις έχουν αναφερθεί αυξημένοι ρυθμοί ιζηματοπόθεσης και καταβύθισης οργανικού υλικού από τα επιφανειακά υδάτινα στρώματα της εύφωτης ζώνης προς τα βαθύτερα με αποτέλεσμα ορισμένες να λειτουργούν ως παγίδες οργανικού υλικού. Τέτοιες είναι οι περιπτώσεις της Λεκάνης της Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m, Boetius *et al.* 1996).

1.4 Οι Βαθιές Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας (*Deep Hypersaline Anoxic Basins-DHABs*)

Κατά τη διάρκεια ερευνητικών αποστολών στην αβυσσική ζώνη της Ανατολικής Μεσογείου, ανακαλύφθηκαν οι Βαθιές Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας (*Deep Hypersaline Anoxic Basins*), ονομαζόμενες *Discovery*, *Atalante*, *Urania*, *Bannock* και *Tyro* (σχ. 1.1).

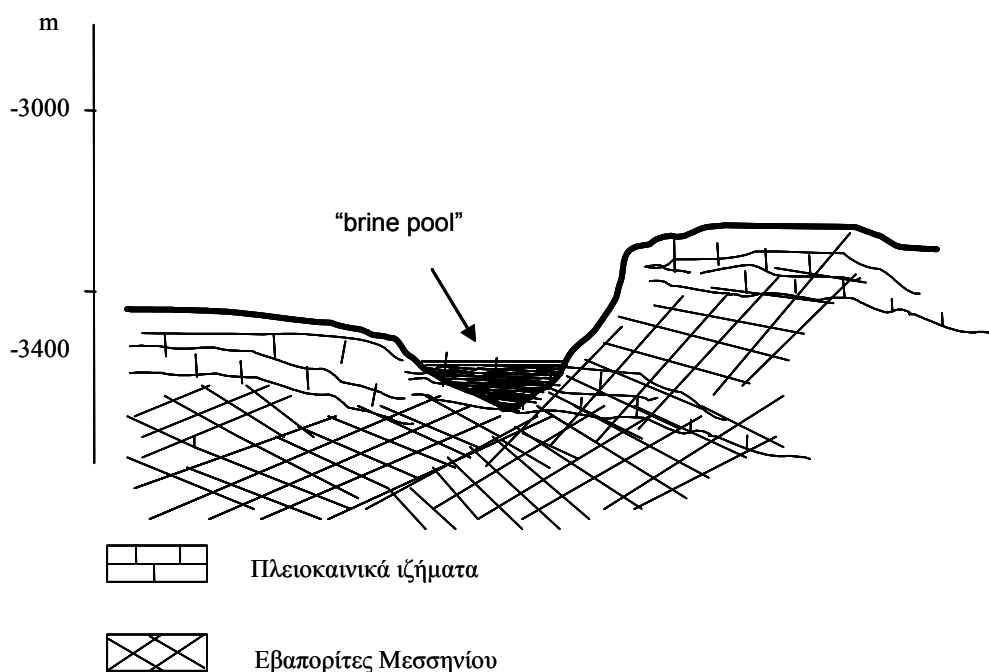
Οι λεκάνες αυτές σχηματίστηκαν μετά την Κρίση Αλμυρότητας του Μεσσηνίου (πριν 5,96 – 5,33 εκατ. χρ.), κατά την οποία διακόπηκε προσωρινά η επικοινωνία Μεσογείου Ατλαντικού Ωκεανού, οπότε αυξήθηκε απότομα η αλατότητα των νερών της Μεσογείου με αποτέλεσμα το σχηματισμό και την απόθεση των εβαποριτών.

Κατά το Πλειόκαινο αποκαταστάθηκε και πάλι η επικοινωνία Ατλαντικού Ωκεανού-Μεσογείου Θάλασσας και συνεχίστηκε η ιζηματογένεση με την απόθεση νέων, υπερκείμενων στους εβαπορίτες ιζημάτων. Στη συνέχεια, και με τη δράση εκτεταμένων τεκτονικών διεργασιών, το ανάγλυφο του πυθμένα μεταβλήθηκε έντονα, σχηματίστηκαν βαθιές λεκάνες, και οι τεκτονικά διαταραγμένοι πλέον οριζόντες των εβαποριτών ήρθαν σε επαφή με το θαλασσινό νερό, οπότε προκλήθηκε διάλυση αυτών στα βαθύτερα τμήματα των λεκανών (σχ. 1.2).



Σχήμα 1.1: Βαθιές Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας στην Ανατολική Μεσόγειο

Οι παραπάνω διεργασίες είχαν ως αποτέλεσμα τα βαθύτερα υδάτινα στρώματα των λεκανών να αποκτήσουν πολύ υψηλές τιμές αλατότητας και πυκνότητας και να απομονωθούν από τα υπερκείμενα, με άμεση συνέπεια την επικράτηση ανοξικών συνθηκών (Bregant *et al.* 1986, Camerlenghi & McCoy 1990, Camerlenghi 1990). Οι Βαθιές Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας αποτελούν ακραία περιβάλλοντα, που πέραν των παραπάνω ιδιοτήτων έχουν και άλλα ιδιόζοντα χαρακτηριστικά όπως πλήρη απουσία φωτός, υψηλή υδροστατική πίεση, υψηλή θερμοκρασία στα εσωτερικά τμήματα, υψηλές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης, ιδιόμορφες τιμές pH και συγκεντρώσεων μετάλλων στα ιζήματα (de Lange *et al.* 1990, Schuf *et al.* 1995, Catalano *et al.* 1996). Τα βαθύτερα αυτά ανοξικά, υψηλής αλατότητας υδάτινα τμήματα των Λεκανών είναι γνωστά στη βιβλιογραφία ως «brine pools».



Σχήμα 1.2: Σχηματισμός Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας και “brine pool” στην Ανατολική Μεσόγειο.

1.5 Ιζήματα σαπροπηλών

Στον πυθμένα της Λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου και κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου υπάρχει εναλλαγή στρωμάτων με περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα 0,2-2% (που αποτελεί και συνήθη τιμή για τα θαλάσσια ιζήματα), και άλλων, που χαρακτηρίζονται από ασυνήθιστα υψηλή συγκέντρωση οργανικού άνθρακα (4-5%). Τα ιζήματα αυτά στη βιβλιογραφία είναι γνωστά ως σαπροπηλοί (sapropels). Οι εναλλαγές αυτές έχουν προέλθει είτε από μεταβολές της ροής του οργανικού άνθρακα από τα επιφανειακά στρώματα της υδάτινης στήλης προς το βυθό, είτε στις μεταβολές στη συγκέντρωση του οξυγόνου στα βαθύτερα υδάτινα τμήματα. Η εναλλαγή των ιζηματογενών στρωμάτων είναι χαρακτηριστική στην εμφάνιση, με τη μετάβαση από καστανού χρώματος ημιπελαγικά ιζήματα φτωχά σε οργανική ύλη προς σκουρόχρωμα ιζήματα υψηλής περιεκτικότητας σε οργανικό άνθρακα (εικ. 1.1).

Η ύπαρξη των σαπροπηλικών στρωμάτων έχει συνδεθεί με κλιματικές αλλαγές στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου (Rosignol-Strick 1983,

Bouloubassi *et al.* 1999, de Rijk *et al.* 1999, Murat & Got 2000). Ο σχηματισμός τους σχετίζεται άμεσα με το συνδυασμό δύο διεργασιών:

- την αύξηση της πρωτογενούς παραγωγικότητας στην εύφοτη ζώνη που οδηγεί στην αυξημένη ροή οργανικής ύλης προς τα βαθύτερα στρώματα, και
- την επικράτηση ανοξικών συνθηκών στα βαθύτερα στρώματα της υδάτινης στήλης, συνθήκες που είναι ακατάλληλες για την επιβίωση των βενθικών οργανισμών.

Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι η ακολουθία φυσιολογικών, βαθιάς θάλασσας ιζημάτων και σαπροπηλών αντικατοπτρίζει μια διαδοχική μετάβαση από κανονικές συνθήκες ιζηματοπόθεσης βαθιάς θάλασσας προς συνθήκες ανοξίας, με επόμενη μετάβαση και πάλι προς τις φυσιολογικές συνθήκες βαθιάς θάλασσας (McCoy & Stanley 1984, Anastasakis & Stanley 1986, Nolet & Corliss 1990, Cramp & O' Sullivan 1999).



Εικ. 1.1: Δείγμα ιζήματος (με δειγματολήπτη τύπου Box corer) με περιεχόμενα ιζήματα σαπροπηλού.

Η άριστη ικανότητα απολίθωσης που διαθέτουν τα τρηματοφόρα σκληρού κελύφους καθιστά τη μελέτη των θανατοκοινωνιών των πλαγκτονικών και βενθικών τρηματοφόρων στα ιζήματα των σαπροπηλικών ακολουθιών ιδιαίτερα χρήσιμη για τη μελέτη των οικολογικών μεταβολών κατά το γεωλογικό παρελθόν. Η μελέτη των μεταβολών στις τιμές ισοτόπων όπως Cd, Ba, Ng, Sr,

Li και άλλων στα κελύφη των πλαγκτονικών τρηματοφόρων που βρίσκονται διατηρημένα μέσα στα ιζήματα δίδει σημαντικές πληροφορίες κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου σχετικά με τις μεταβολές στην αλατότητα, τη θερμοκρασία, την υδροστατική πίεση και τη συγκέντρωση σε θρεπτικά άλατα στην υδάτινη στήλη.

Επιπλέον, η μελέτη των βενθικών θανατοκοινωνιών και η μεταβολή της αφθονίας, της σύνθεσης και της ποικιλότητάς τους κατά την εναλλαγή των διαφόρων στρωμάτων ιζήματος πριν, μετά και κατά τη διάρκεια απόθεσης των σαπροπηλών, οδηγεί σε συμπεράσματα σχετικά με τις συνθήκες ιζηματογένεσης. Οι συγκεκριμένες συνευρέσεις ειδών συνδέονται άμεσα με τα στρώματα υψηλής συγκέντρωσης σε οργανικό υλικό, ενώ κάποια είδη διαθέτουν πλεονεκτήματα έναντι άλλων ως προς την επιβίωσή τους σε συνθήκες χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου (Nolet & Corliss 1990, Vismara-Schilling & Coulbourn 1991, Capotondi & Borsetti 1999, Jorissen 1999).

1.6 Στόχοι της διατριβής

Βασικός στόχος της διατριβής είναι η διερεύνηση των μεταβολών στη διάρθρωση της μειοβενθικής βιοκοινωνίας και ειδικότερα των τρηματοφόρων σε σχέση με διάφορες παραμέτρους όπως η γεωγραφική θέση, το βάθος και η διαθεσιμότητα σε τροφή. Μελετάται επίσης η απόκριση του μειοβένθους στις ιδιάζουσες αβιοτικές παραμέτρους που χαρακτηρίζουν την περιοχή έρευνας (μεγάλα βάθη αλλά και ποικιλία στη βαθυμετρία, ολιγοτροφισμός Ανατολικής λεκάνης, ακραίες φυσικοχημικές συνθήκες όπως ανοξία, υψηλή υδροστατική πίεση, υψηλή αλατότητα κ.τ.λ. στις βαθιές ανοξικές λεκάνες υψηλής αλατότητας).

Δεδομένου ότι το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα βενθικά τρηματοφόρα, η ομάδα αυτή μελετάται επιπλέον ως προς τη συστηματική της ταξινόμηση και ως προς τα χαρακτηριστικά της βιοκοινωνίας και την κατανομή των ειδών σε σχέση και με τις μεταβολές που χαρακτηρίζουν τις αβιοτικές παραμέτρους. Στόχο της διατριβής αποτελεί επίσης και η παλαιοοικολογική προσέγγιση των τρηματοφόρων, με τη μελέτη των θανατοκοινωνιών των βενθικών μορφών σκληρού κελύφους στα ιζήματα της σαπροπηλικής ακολουθίας του νεότερου

σαπροπηλού S1 στην Ανατολική Μεσόγειο. Σκοπός είναι η αναζήτηση των μεταβολών στη σύνθεση της βιοκοινωνίας με βάση τις μεταβολές στις επικρατούσες αβιοτικές παραμέτρους κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου, όπως αυτές έχουν αποτυπωθεί στα ιζήματα πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την απόθεση του σαπροπηλού S1.

Για τις ανάγκες της διατριβής έχει καθοριστεί ένα ευρύ πλέγμα σταθμών δειγματοληψίας οι οποίοι επιλέχθηκαν με τρόπο ώστε:

- να εμφανίζουν ποικιλία ως προς τη γεωγραφική θέση και τη βαθυμετρία και να εκφράζουν τις μεταβολές στην περιοχή έρευνας ως προς τη διαθεσιμότητα σε τροφή για το μειοβένθος,
- να αντικατοπτρίζουν τις ιδιόζουσες αβιοτικές παραμέτρους που χαρακτηρίζουν την περιοχή έρευνας όπως είναι ο ιδιαίτερα ολιγοτροφικός χαρακτήρας της Ανατολικής Λεκάνης, τα μεγάλα βάθη της αβυσσικής ζώνης, οι αβυσσικές ανοξικές λεκάνες υψηλής αλατότητας που εμφανίζουν ακραίες φυσικοχημικές και γεωχημικές συνθήκες, τα ιζήματα του νεότερου σαπροπηλού S1.

Ως προς τα τρηματοφόρα, αναζητώνται οι διαφοροποιήσεις στη σύνθεση των ειδών και στα επίπεδα της αφθονίας σε σχέση με το βάθος, τα επίπεδα του ολιγοτροφισμού και τις μεταβολές των αβιοτικών παραμέτρων. Επιπλέον στόχο αποτελεί και η καταγραφή ειδών τρηματοφόρων όπως αυτά του μαλακού κελύφους (soft-shelled) για τα οποία δεν υπάρχουν ακόμη αρκετές αναφορές στη Μεσόγειο. Οι μέχρι σήμερα αναφορές σε τέτοια είδη προέρχονται κυρίως από περιγραφές σε περιοχές του Ατλαντικού ή του Ειρηνικού Ωκεανού. Επιπλέον, η βιοκοινωνία των τρηματοφόρων μελετάται σε σχέση και με όλες τις ομάδες των μειοβενθικών μεταζώων, με στόχο να μελετηθούν τόσο οι μεταβολές στη διάρθρωση και την κατανομή του συνόλου του μειοβένθους σε σχέση με τις μεταβολές των αβιοτικών παραγόντων, καθώς και η θέση των τρηματοφόρων στο μειοβενθικό κομμάτι του οικοσυστήματος.

Η περιοχή έρευνας, σε συνδυασμό με την επιλογή των συγκεκριμένων σταθμών δειγματοληψίας, διαθέτει τα ανάλογα πλεονεκτήματα για την επίτευξη

των παραπάνω στόχων - ποικιλία βαθυμετρίας στη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη, σε συνδυασμό με τη διαφορετική διαθεσιμότητα σε τροφή μεταξύ των περιοχών.

Αναφορικά με τις ακραίες τιμές των αβιοτικών παραγόντων που χαρακτηρίζουν τις αβυσσικές ανοξικές λεκάνες, στόχος είναι η μελέτη της μειοβενθικής βιοκοινωνίας (μετάζωα και τρηματοφόρα) που ενδεχομένως μπορεί και αναπτύσσεται σε τέτοια ακραία περιβάλλοντα. Σχετικά με την ανάπτυξη μειοβενθικών οργανισμών σε ακραίες τιμές περιβαλλοντικών παραμέτρων και τη μεγαλύτερη αντοχή αυτών σε σχέση με τη μακροπανίδα, υπάρχει ήδη αρκετή διαθέσιμη πληροφορία (Giere 1993, Turley *et al.* 1993, Moodley *et al.* 1997, Bernhard & Bowser 1999, Gooday & Rathburn 1999, Bernhard *et al.* 2000, 2001, Gooday *et al.* 2000, Rathburn *et al.* 2000).

Η παρούσα διατριβή διακρίνεται σε υποενότητες ανάλογα με τους επιμέρους στόχους. Πιο συγκεκριμένα το μειοβένθος και ειδικότερα η βιοκοινωνία των τρηματοφόρων μελετώνται:

1. σε σχέση με τον ολιγοτροφικό χαρακτήρα της βαθύαλης ζώνης στην Ανατολική Μεσόγειο, μελετώντας (Κεφ. 3.1, 3.2, 3.3):

α) δύο ομάδες σταθμών, στο Κρητικό Πέλαγος (1840m) και στη Λεκάνη των Σποράδων (1221-1250m), οι οποίες εκφράζουν τα διαφορετικά επίπεδα ολιγοτροφισμού μεταξύ βορείου και νοτίου Αιγαίου Πελάγους

β) δύο διατομές σταθμών από 582 ως 1735 m βάθος, που εκφράζουν τις διαφορές στη διαθέσιμη προς κατανάλωση από τους μειοβενθικούς οργανισμούς τροφή στο ίζημα, ανάμεσα στο δυτικό και ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος

2. σε εύρος σταθμών στα βαθύτερα σημεία της αβυσσικής ζώνης και σε διαφορετικές γεωγραφικές θέσεις (2714-2837m) και κατά μήκος μιας διατομής από την κεντρική προς την ανατολική περιοχή της Λεκάνης σε βάθη 2950-4000m (Κεφ. 3.4, 3.6, 3.7)

3. ως προς τη δυνατότητα απόκρισης των διαφορετικών ειδών τρηματοφόρων αλλά και του συνόλου του μειοβένθους σε εποχιακές καταβυθίσεις οργανικής ύλης από τα επιφανειακά στρώματα προς την

αβυσσική ζώνη μελετώντας τρεις σταθμούς στη Λεκάνη της Ιεράπετρας (4157-4261m) και έναν ακόμα σταθμό στη Λεκάνη της Πελοποννήσου σε βάθος 4617m (Κεφ. 3.4, 3.6, 3.7)

4. ως προς τη δυνατότητα ανάπτυξης και επιβίωσης τρηματοφόρων ή ομάδων μεταζώων στο ακραίο περιβάλλον των ανοξικών λεκανών στην αβυσσική ζώνη, μελετώντας σταθμούς στη φυσιολογική περιοχή και εντός της ανοξικής ζώνης στις Βαθιές Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας Discovery, Atalante, Urania και Bannock σε βάθη 3080-3522m (Κεφ. 3.5)

5. ως προς τις αλλαγές στη σύνθεση της βιοκοινωνίας και τα επίπεδα αφθονίας των επικρατούντων ειδών κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου και σε διαφορετικά στρώματα ιζηματοπόθεσης που περιλαμβάνουν και σαπροπηλικά ιζήματα. Για το σκοπό αυτό μελετώνται τρεις σταθμοί στην Ανατολική Μεσόγειο (1560-2765m) τα ιζήματα των οποίων περιέχουν το νεότερο σαπροπηλό S1 και τα ιζήματα σε εναλλαγή πριν και μετά την απόθεσή του (Κεφ. 3.8).

Κεφάλαιο 2. Υλικά και μεθοδολογία

2.1 Περιοχές δειγματοληψίας

Για την κάλυψη των αναγκών της διατριβής, αξιοποιήθηκαν δείγματα από ένα σημαντικό αριθμό σταθμών δειγματοληψίας στη βαθύαλη και στην αβυσσική ζώνη στην Ανατολική Μεσόγειο. Το υλικό αυτό συλλέχθηκε στα πλαίσια διαφόρων ερευνητικών προγραμμάτων του τμήματος Ωκεανογραφίας του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης, ενώ ένα τμήμα των δειγμάτων που αναλύθηκαν προσφέρθηκε από το Netherlands Institute of Ecology (NIOO). Από τους σταθμούς αυτούς έχει συλλεχθεί ικανοποιητικός αριθμός αντιγράφων δειγμάτων ιζήματος για:

- την ανάλυση του μειοβένθους και την κατανομή των κυρίων μειοβενθικών ομάδων
- τη μελέτη της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων
- τη μέτρηση των αβιοτικών παραμέτρων για την ολοκληρωμένη οικολογική προσέγγιση.

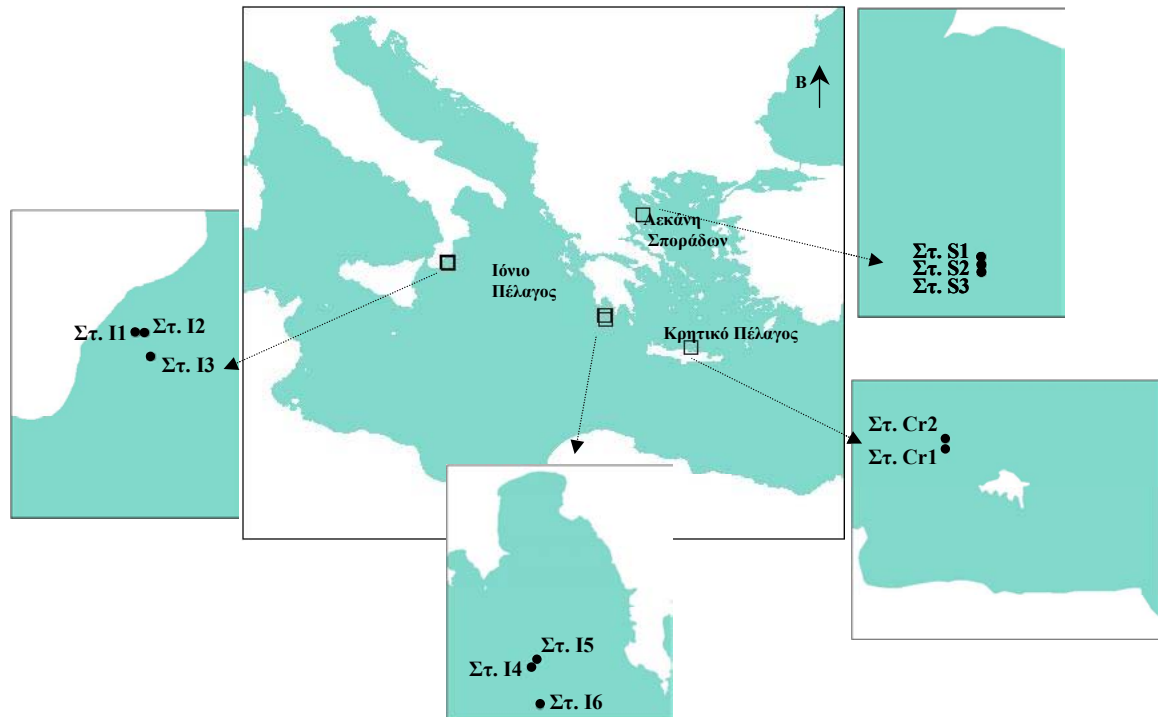
Στη βαθύαλη ζώνη (Σχ.2.1, Πίν.2.1), τα δείγματα που αναλύθηκαν προέρχονται από:

- α) τρεις σταθμούς δειγματοληψίας στη Λεκάνη των Σποράδων βάθους 1221-1250m (S1,S2,S3) και δύο σταθμούς στο Κρητικό Πέλαγος βάθους 1840m (Cr1, Cr2),
- β) τρεις σταθμούς στο Δυτικό Ιόνιο Πέλαγος βάθους 582-1512m (I1, I2, I3) και τρεις στο Ανατολικό Ιόνιο βάθους 600-1735m (I4, I5, I6).

Τα δείγματα από τη Λεκάνη των Σποράδων και το Κρητικό Πέλαγος ήταν ήδη διαθέσιμα από την αποστολή 40/3 του ερευνητικού σκάφους «METEOR» που πραγματοποιήθηκε τους μήνες Δεκέμβριο-Ιανουάριο 1997-1998, η δε δειγματοληψία στο Ιόνιο Πέλαγος πραγματοποιήθηκε με το ερευνητικό σκάφος «Garcia del Sid» (CMIMA-CSIC, Instituto de Ciencias del Mar) τους μήνες Ιούνιο – Ιούλιο 2001, στα πλαίσια του προγράμματος DESEAS.

Στην αβυσσική ζώνη (Σχ. 2.2 & 2.3, Πίν.2.2), αναλύθηκαν δείγματα από τους παρακάτω σταθμούς δειγματοληψίας:

- α) τρεις σταθμοί βάθους 2714-2837m (A,B,C),
- β) έξι σταθμοί κατά μήκος μιας διατομής από την Ανατολική προς την Κεντρική Μεσόγειο βάθους 2950-4000m (T1-T6),
- γ) τρεις σταθμοί (Ier1, Ier2, Ier3) στη Λεκάνη της Ιεράπετρας (βάθους 4157-4261m) και ένας σταθμός (Pel) στη Λεκάνη της Πελοποννήσου (4617m)
- δ) δέκα συνολικά σταθμοί στη φυσιολογική περιοχή και εντός της ανοξικής ζώνης των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας σε βάθη 3080-3522m. Συγκεκριμένα συλλέχθησαν δείγματα από τις Λεκάνες Discovery (Disc, Disc An), Atalante (Atal1, Atal2, Atal An), Urania (Ur, Ur An) και Bannock (Bann, Bann An1, Bann An2).

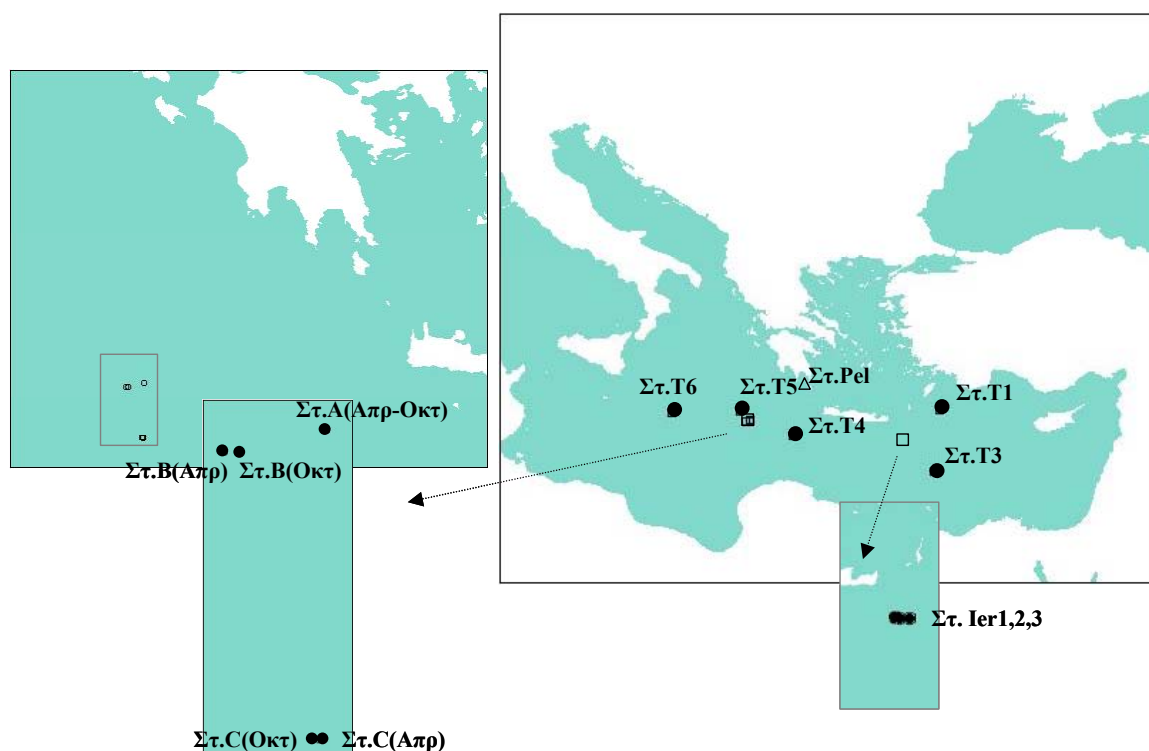


Σχήμα 2.1: Χάρτης σταθμών δειγματοληψίας στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων, Κρητικό Πέλαγος, Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος).

Η συλλογή των δειγμάτων από τους σταθμούς A,B,C (2714-2837m) πραγματοποιήθηκε με το ερευνητικό σκάφος «Αιγαίο» (ΕΚΘΕ, Εθνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών) τον Απρίλιο και τον Οκτώβριο 2001, στα πλαίσια του

ερευνητικού προγράμματος ADIOS (Atmospheric Deposition and Impact of pollutants, key elements and nutrients on the Open Mediterranean Sea), τα δε δείγματα της διατομής σταθμών T1-T6 συλλέχθηκαν επίσης με το ερευνητικό σκάφος «Αιγαίο» στα πλαίσια του προγράμματος MATER (Mass Transfer and Ecosystem Response, TransMed Cruise) τον Ιούνιο 1999.

Τα δείγματα από τη Λεκάνη της Ιεράπετρας και της Πελοποννήσου ήταν ήδη διαθέσιμα από τις αποστολές 40/3 και 25/1 του ερευνητικού σκάφους «METEOR» τους μήνες Δεκέμβριο-Ιανουάριο 1997-1998 και Ιούνιο 1993 αντίστοιχα. Η δειγματοληψία στις Βαθιές Ανοξικές Λεκάνες Discovery, L' Atalante, Urania και Bannock πραγματοποιήθηκε με το ερευνητικό σκάφος «Urania» τον Αύγουστο 2001 στα πλαίσια του προγράμματος BIODEEP (Biotechnologies from the deep).



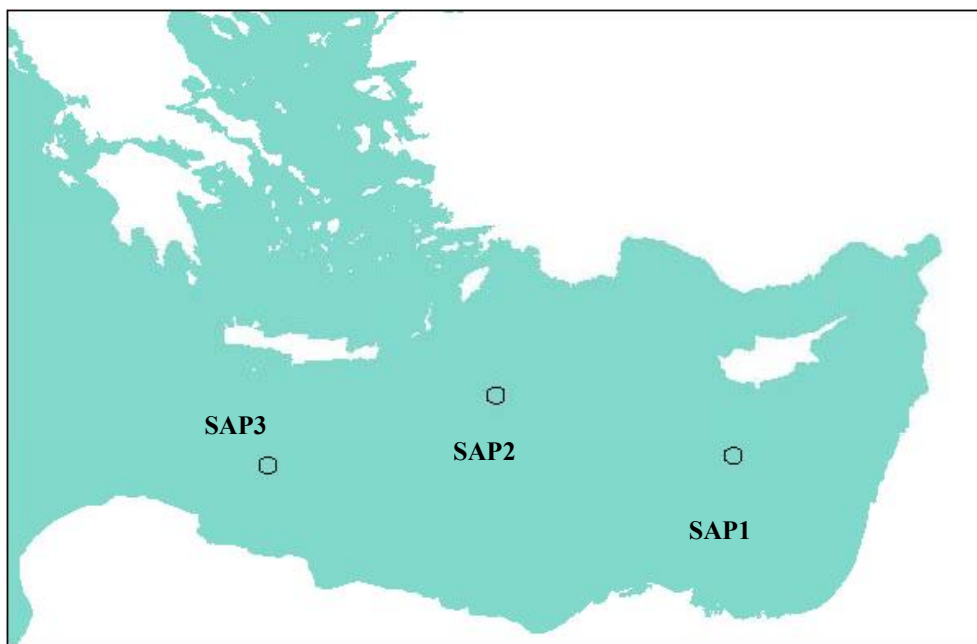
Σχήμα 2.2: Χάρτης σταθμών δειγματοληψίας στην αβυσσική ζώνη (Σταθμοί 2714-2837m A,B,C, Διατομή Σταθμών T1-T6, Λεκάνη Ιεράπετρας και Πελοποννήσου).

Επίσης, αναλύθηκε υλικό από τρεις σταθμούς στην Ανατολική Μεσόγειο βάθους 1560-2765m (SAP1,SAP2,SAP3) τόσο από τα σύγχρονα επιφανειακά ιζήματα όσο και από διαδοχικά στρώματα που περιλαμβάνουν τη σειρά

στρωμάτωσης από το προ του S1 στρώμα (protosarpropel), το σαπροπηλό S1, και το αμέσως μετά του S1 στρώμα (oxidized layer), για τη μελέτη της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων ως αποτέλεσμα των περιβαλλοντικών αλλαγών στην Ανατολική Μεσόγειο κατά το Τεταρτογενές (Σχ. 2.4, Πίν.2.3). Τα δείγματα που αναλύθηκαν γι' αυτό το τμήμα της διατριβής συλλέχθηκαν τον Αύγουστο-Σεπτέμβριο 1999 με το ερευνητικό σκάφος Logachev στα πλαίσια του προγράμματος SMILABLE του Netherlands Institute of Ecology (NIOO).



Σχήμα 2.3: Χάρτης περιοχής δειγματοληψίας εντός και εκτός της ανοξικής ζώνης στις Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας Discovery, L'Atalante, Urania και Bannock.



Σχήμα 2.4: Χάρτης σταθμών δειγματοληψίας για την ανάλυση της ακολουθίας στρωμάτων προ-, εντός και μετά το σαπροπηλό S1.

2.2 Στρατηγική δειγματοληψίας

Κατά τις αποστολές δειγματοληψίας, τα δείγματα ιζήματος συλλέχθηκαν με τη χρήση πολυπυρηνοδειγματολήπτη (Bowers/Conelly multi corer), και σε κάποιες περιπτώσεις με δειγματολήπτη USNEL box corer. Ο πολυπυρηνοδειγματολήπτης Bowers/Conelly multi corer που χρησιμοποιήθηκε και ο οποίος θεωρείται και ο καταλληλότερος για τη λήψη δειγμάτων μειοβένθους αποτελείται από σωλήνες δειγματοληψίας εσωτερικής διαμέτρου 9cm, ενώ ο δειγματολήπτης USNEL box corer συλλέγει ιζημα επιφάνειας 0,25m². Αναλυτική περιγραφή των παραπάνω δειγματοληπτών και του τρόπου λειτουργίας τους δίδεται από τον Λαμπαδαρίου (2001).

Πίν. 2.1: Στοιχεία σταθμών δειγματοληψίας στη βαθύαλη ζώνη. S1-S3: Λεκάνη Σποράδων, Cr1-Cr2: Κρητικό Πέλαγος, I1-I3: Δυτ. Ιόνιο Πέλαγος, I4-I6: Ανατολ. Ιόνιο Πέλαγος

| Σταθμός | Βάθος (m) | Χρόνος δειγματοληψίας | Τύπος δειγματολήπτη |
|---------|-----------|-----------------------|---------------------|
| S1 | 1250 | Δεκ.97-Ιαν.98 | MC |
| S2 | 1221 | Δεκ.97-Ιαν.98 | MC |
| S3 | 1224 | Δεκ.97-Ιαν.98 | MC |
| Cr1 | 1840 | Δεκ.97-Ιαν.98 | MC |
| Cr2 | 1840 | Δεκ.97-Ιαν.98 | MC |
| I1 | 582 | Ιούν.2001 | MC |
| I2 | 776 | Ιούν.2001 | MC |
| I3 | 1512 | Ιούν.2001 | MC |
| I4 | 600 | Ιούν.2001 | MC |
| I5 | 800 | Ιούν.2001 | MC |
| I6 | 1735 | Ιούν.2001 | MC |

Πίν. 2.2: Στοιχεία σταθμών δειγματοληψίας στην αβυσσική ζώνη. A,B,C , T1-T6: Διατομή σταθμών Ανατ.-Κεντρ. Μεσογείου, Ier1-3: Λεκάνη Ιεράπετρας , Disc, Atal, Ur, Bann: Βαθείς Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας

| Σταθμός | Βάθος (m) | Χρόνος δειγματοληψίας | Τύπος δειγματολήπτη |
|----------|-----------|--------------------------|------------------------|
| A | 2790 | Απρ.2001 | BC |
| B | 2799 | Απρ.2001 | BC |
| C | 2837 | Απρ.2001 | BC |
| A | 2782 | Οκτ.2001 | BC |
| B | 2800 | Οκτ.2001 | BC |
| C | 2714 | Οκτ.2001 | BC |
| T1 | 3875 | Ιούν.1999 | MC |
| T3 | 3055 | Ιούν.1999 | MC |
| T4 | 2950 | Ιούν.1999 | MC |
| T5 | 3200 | Ιούν.1999 | MC |
| T6 | 4000 | Ιούν.1999 | MC |
| Ier1 | 4157 | Δεκ.97-Ιαν.98 | MC |
| Ier2 | 4260 | Δεκ.97-Ιαν.98 | MC |
| Ier3 | 4261 | Δεκ.97-Ιαν.98 | MC |
| Pel | 4617 | Μάιος-Ιούν. 1993 | MC |
| Disc | 3426 | Αύγ.2001 | MC |
| Disc An | 3522 | Αύγ.2001 | MC |
| Atal1 | 3281 | Αύγ.2001 | MC |
| Atal2 | 3335 | Αύγ.2001 | MC |
| Atal An | 3352 | Αύγ.2001 | MC |
| Ur | 3301 | Αύγ.2001 | MC |
| Ur An | 3414 | Αύγ.2001 | MC |
| Bann | 3080 | Αύγ.2001 | MC |
| Bann An1 | 3267 | Αύγ.2001 | MC |
| Bann An2 | 3180 | Αύγ.2001 | MC |

Ακολούθησε υποδειγματοληψία ιζήματος για την ανάλυση των χημικών παραμέτρων και της κοκκομετρίας του ιζήματος, καθώς και για την ανάλυση του μειοβένθους και της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων. Η υποδειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με μικρότερους πλαστικούς πυρηνολήπτες που τοποθετήθηκαν στο αδιατάρακτο ίζημα που συλλέχθηκε με τους δειγματολήπτες, με εσωτερική διάμετρο που ποικίλλει κατά περίπτωση ανάλογα με το είδος της

ανάλυσης για την οποία προορίζονταν τα δείγματα. Σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας ελήφθησαν 2-3 επαναληπτικά δείγματα (replicates), αριθμός ο οποίος εξαρτιόταν άμεσα από τη διαθεσιμότητα σε υλικό ανάλογα με το βαθμό επιτυχίας συλλογής υλικού σε κάθε πόντιση, λαμβανομένης υπόψη και της δυσκολίας προσέγγισης του βυθού (όπως για παράδειγμα μέσα στην ανοξική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών).

Καθοριστικό ρόλο έπαιξε επίσης και ο απαιτούμενος χρόνος ανέλκυσης και καθέλκυσης του δειγματολήπτη ο οποίος σε αρκετές περιπτώσεις (όπως για τους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης) έφτανε να είναι και μερικές ώρες για κάθε σταθμό.

Πίν. 2.3: Στοιχεία σταθμών δειγματοληψίας ακολουθίας στρωμάτων προ-, εντός και μετά το σαπροπηλό S1.

| Σταθμός | Βάθος (m) | Χρόνος δειγματοληψίας | Τύπος δειγματολήπτη |
|---------|-----------|-----------------------|---------------------|
| SAP1 | 1560 | Αύγ.-Σεπτ.1999 | MC |
| SAP2 | 2765 | Αύγ.-Σεπτ.1999 | MC |
| SAP3 | 1946 | Αύγ.-Σεπτ.1999 | MC |

Σε όλα τα δείγματα που συλλέχθηκαν πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός σε κάθετα στρώματα μέχρι και σε βάθος 10cm στο ίζημα, έτσι ώστε να μελετηθεί και η κατακόρυφη κατανομή των οργανισμών στο ίζημα. Η ανάλυση ως προς το μειοβένθος και τη βιοκοινωνία των τρηματοφόρων δεν επεκτάθηκε πέραν των 6cm, δεδομένου ότι σε ελάχιστες μόνο περιπτώσεις στη βαθύαλη ζώνη βρέθηκαν οργανισμοί στα βαθύτερα στρώματα. Ειδικότερα για τους σταθμούς SAP1,2,3 πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία και κατακόρυφος διαχωρισμός μέχρι και σε βάθος 35cm προκειμένου να εξεταστούν δείγματα πριν, εντός και μετά την απόθεση του σαπροπηλού S1. Οι πίνακες 2.1, 2.2 & 2.3 δίδουν το βάθος, τον τύπο του δειγματολήπτη που χρησιμοποιήθηκε και την περίοδο δειγματοληψίας για κάθε ομάδα σταθμών.

2.3 Μέτρηση παραμέτρων στο πεδίο

Αμέσως μετά την ανέλκυση του δειγματολήπτη πάνω στο κατάστρωμα του σκάφους, μετρήθηκε η θερμοκρασία στην επιφάνεια του ιζήματος με θερμομέτρο ακριβείας 0,1° C. Στους σταθμούς δειγματοληψίας στη φυσιολογική και στην ανοξική ζώνη των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας, μετρήθηκε και το οξειδοαναγωγικό δυναμικό σε διάφορα βάθη στο ίζημα (ανά 1 εκατοστό), χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδιο Mettler Toledo, τύπου Pt 4805-DXK-S8120.

2.4 Υποδειγματοληψίες για τη ανάλυση της χημείας, της κοκκομετρίας του ιζήματος και για τη μέτρηση του ρυθμού ανοργανοποίησης της οργανικής ύλης στο ίζημα

Στους σταθμούς δειγματοληψίας στη Λεκάνη των Σποράδων, στο Κρητικό Πέλαγος και στη Λεκάνη Ιεράπετρας (Σταθμοί S1,S2,S3, Cr1, Cr2, Ier1, Ier2, Ier3), πραγματοποιήθηκε απευθείας υποδειγματοληψία ιζήματος από τους πυρηνολήπτες του multicorer, και το ίζημα διαχωρίστηκε κατακόρυφα σε στρώματα (0-0,3), (0,3-1), (1-2), (2-4), (4-6) και (6-10)cm.

Στους σταθμούς του Δυτικού και Ανατολικού Ιονίου (Σταθμοί I1-I6) η υποδειγματοληψία ιζήματος έγινε απευθείας από τους πυρηνολήπτες του multicorer, και το ίζημα διαχωρίστηκε κατακόρυφα σε στρώματα (0-0,3), (0,3-1), (1-2), (2-4), (4-6) και (6-10)cm.

Στους σταθμούς της διατομής T1-T6, η υποδειγματοληψία ιζήματος για την ανάλυση των χημικών παραμέτρων έγινε απευθείας από τον πυρηνολήπτη του multicorer, με κατακόρυφο διαχωρισμό σε στρώματα (0-0,3), (0,3-1), (1-2), (2-4), (4-6) και (6-10)cm. Στη Λεκάνη της Πελοποννήσου, πραγματοποιήθηκε υποδειγματοληψία με πυρηνολήπτη εσωτερικής διαμέτρου 2,2cm και το ίζημα διαχωρίστηκε σε στρώματα (0-2) και (2-4)cm.

Στους σταθμούς της (A,B,C βάθους 2714-2837m) και στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών, η υποδειγματοληψία ιζήματος για την

ανάλυση των χημικών παραμέτρων έγινε με τη χρήση πυρηνοληπτών εσωτερικής διαμέτρου 3,2cm, και το ίζημα διαχωρίστηκε κατακόρυφα σε στρώματα (0-0,3), (0,3-1), (1-2), (2-4), (4-6) και (6-10)cm. Στους σταθμούς εντός της ανοξικής ζώνης των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών, χρησιμοποιήθηκε και πάλι πυρηνολήπτης εσωτερικής διαμέτρου 3,2cm, ο κατακόρυφος διαχωρισμός όμως του ιζήματος σε στρώματα έγινε κατά περίπτωση, ανάλογα με την υφή του ιζήματος η οποία σε αρκετές περιπτώσεις δυσχέραινε σημαντικά την επεξεργασία του.

Τα δείγματα ιζήματος που συλλέχθηκαν αποθηκεύτηκαν στους -20°C , για περαιτέρω ανάλυση της χημείας του ιζήματος και συγκεκριμένα του οργανικού άνθρακα και αζώτου, χλωροφύλλης α και φαιοχρωστικών. Για την κοκκομετρία του ιζήματος ελήφθησαν δείγματα επιφανειακού ιζήματος (0-5cm) με τη χρήση πυρηνολήπτη εσωτερικής διαμέτρου 4,5cm τα οποία αποθηκεύτηκαν επίσης στους -20°C για περαιτέρω εργαστηριακή ανάλυση.

Στους σταθμούς SAP1, 2 & 3 όπου συλλέχθηκαν δείγματα της σαπροπηλικής ακολουθίας πριν, εντός και μετά την απόθεση του σαπροπηλού S1, πραγματοποιήθηκε υποδειγματοληψία ιζήματος με τη χρήση πυρηνολήπτη εσωτερικής διαμέτρου 9,5cm σε στρώματα αντίστοιχα με την στρωματογραφική περιγραφή μέχρι και σε βάθος 35cm. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν στους -20°C , για την περαιτέρω ανάλυση ως προς την περιεκτικότητά τους σε οργανικό άνθρακα.

Επιπλέον, στους σταθμούς (A,B,C) καθώς και στους σταθμούς εκτός και εντός της ανοξικής περιοχής των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας, πραγματοποιήθηκε υποδειγματοληψία ιζήματος για τη μέτρηση του ρυθμού ανοργανοποίησης της οργανικής ύλης. Η υποδειγματοληψία έγινε από τον multicorer ή τον box corer με τη χρήση πυρηνοληπτών εσωτερικής διαμέτρου 3,2cm σε κάθετα στρώματα των (0-0,3), (0,3-1), (1-2), (2-4), (4-6) και (6-10)cm. Για την επεξεργασία των δειγμάτων αυτών ακολουθήθηκε η μεθοδολογία των Dauwe *et al.* (2001), η οποία περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

2.5 Υποδειγματοληψίες ιζήματος για τις πανιδικές αναλύσεις

Στους σταθμούς δειγματοληψίας στη Λεκάνη των Σποράδων, στο Κρητικό Πέλαγος και στη Λεκάνη Ιεράπετρας (Σταθμοί S1,S2,S3, Cr1,Cr2, Ier1,Ier2,Ier3), αξιοποιήθηκε για την ανάλυση όλο το ίζημα που συλλέχθηκε από τους πυρηνολήπτες του multicorer και διαχωρίστηκε κατακόρυφα σε στρώματα (0-1), (1-2), (2-4), (4-6) και (6-10)cm.

Στους σταθμούς του Δυτικού και Ανατολικού Ιονίου (Σταθμοί I1-I6) η υποδειγματοληψία του ιζήματος έγινε με τη χρήση πυρηνοληπτών εσωτερικής διαμέτρου 4,5cm, και το ίζημα διαχωρίστηκε κατακόρυφα σε στρώματα (0-0,5), (0,5-1), (1-1,5), (1,5-2), (2-3), (3-4), (4-5), (5-6), (6-7), (7-8), (8-9), (9-10)cm.

Στους σταθμούς της διατομής T1-T6, η υποδειγματοληψία ιζήματος έγινε με τη χρήση πυρηνοληπτών εσωτερικής διαμέτρου 4,5cm, και το ίζημα διαχωρίστηκε κατακόρυφα σε στρώματα (0-0,5), (0,5-1), (1-1,5), (1,5-2), (2-3), (3-4), (4-5), (5-6), (6-7), (7-8), (8-9), (9-10) cm. Στη Λεκάνη της Πελοποννήσου, πραγματοποιήθηκε υποδειγματοληψία με πυρηνολήπτη εσωτερικής διαμέτρου 5,6cm και το ίζημα διαχωρίστηκε σε στρώματα (0-2) και (2-4) cm.

Στους σταθμούς (A,B,C) και στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών, η υποδειγματοληψία ιζήματος έγινε με τη χρήση πυρηνοληπτών εσωτερικής διαμέτρου 4,5cm, και το ίζημα διαχωρίστηκε κατακόρυφα σε στρώματα (0-0,5), (0,5-1), (1-1,5), (1,5-2), (2-3), (3-4), (4-5), (5-6), (6-7), (7-8), (8-9), (9-10) cm. Στους σταθμούς εντός της ανοξικής ζώνης των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών, χρησιμοποιήθηκε και πάλι πυρηνολήπτης εσωτερικής διαμέτρου 4,5cm, ο κατακόρυφος διαχωρισμός όμως του ιζήματος σε στρώματα έγινε και εδώ κατά περίπτωση, ανάλογα με την υφή του ιζήματος η οποία σε αρκετές περιπτώσεις δυσχέρανε σημαντικά την επεξεργασία του.

Τα δείγματα ιζήματος που ελήφθησαν για τις πανιδικές αναλύσεις τοποθετήθηκαν σε κατάλληλα πλαστικά δοχεία, και προστέθηκε διάλυμα $MgCl_2$ συγκέντρωσης 6% για να «χαλαρώσουν» και να αναισθητοποιηθούν οι περιεχόμενοι οργανισμοί. Έπειτα από μερικά λεπτά, στα δείγματα προστέθηκε εξουδετερωμένο με βόρακα ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) διάλυμα φορμαλδεΐδης 4% (σε φιλτραρισμένο-30 μm θαλασσινό νερό) για τη συντήρησή τους. Σε κάθε δείγμα προστέθηκαν επίσης 2 ml διαλύματος χρωστικής Rose Bengal συγκέντρωσης 0,5 $g l^{-1}$ με σκοπό τη χρώση των τρηματοφόρων και των μεταζωικών οργανισμών ώστε να διευκολυνθεί με τον τρόπο αυτό η διαλογή τους από τους κόκκους του ιζήματος.

Στους σταθμούς SAP1 ,2 & 3 όπου συλλέχθηκαν δείγματα της σαπροπηλικής ακολουθίας πριν, εντός και μετά την απόθεση του σαπροπηλού S1, πραγματοποιήθηκε υποδειγματοληψία ιζήματος με τη χρήση πυρηνολήπτη εσωτερικής διαμέτρου 9,5cm σε στρώματα αντίστοιχα με την στρωματογραφική περιγραφή μέχρι και σε βάθος 35cm. Στη συνέχεια τα δείγματα αποθηκεύτηκαν στους -20°C , για περαιτέρω ανάλυση της θανατοκοινωνίας των βενθικών τρηματοφόρων.

2.6 Εργαστηριακές αναλύσεις χημείας και ιζηματολογίας

Στους σταθμούς της Λεκάνης των Σποράδων, Κρητικού και Ιονίου Πελάγους, Λεκάνης Ιεράπετρας, διατομής σταθμών και σταθμών (A,B,C), η ανάλυση του ιζήματος για τον υπολογισμό της περιεκτικότητάς του σε οργανικό άνθρακα και οργανικό άζωτο έγινε με τη μέθοδο των Hedges & Stern (1984), με τη χρήση ενός αναλυτή τύπου Perkin Elmer CHN 2400. Για τους σταθμούς στη φυσιολογική και στην ανοξική ζώνη των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών καθώς και στη Λεκάνη της Πελοποννήσου, ο περιεχόμενος στο ίζημα οργανικός άνθρακας υπολογίστηκε με τη μέθοδο της υγρής οξειδωσης που περιγράφεται από τους Walkley & Black (1934). Στους σταθμούς SAP1, 2&3, η περιεκτικότητα του ιζήματος σε οργανικό άνθρακα μετρήθηκε με τη μέθοδο των Nieuwenhuize *et al.* (1994).

Η χλωροφύλλη *a* και οι φαιοχρωστικές προσδιορίστηκαν με τη χρήση φθοριομέτρου τύπου TURNER 112, έπειτα από ξήρανση των ιζημάτων, εξαγωγή των χρωστικών με ακετόνη και οξείδωσή του με διάλυμα HCl κατά τη μεθοδολογία των Yentsch & Menzel (1963) και Lorenzen & Jeffrey (1980). Μετρήθηκε έτσι η συγκέντρωση της χλωροφύλλης *a* και των φαιοχρωστικών στο ίζημα και από το άθροισμα αυτών υπολογίστηκε και η τιμή του ισοδυνάμου των χλωροπλαστικών χρωστικών (CPE).

Στα δείγματα από την ανοξική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών πραγματοποιήθηκε ποιοτικός προσδιορισμός των οργανικών ουσιών με αέρια χρωματογραφία, με τη χρήση φασματογράφου μάζας τύπου HP 6890.

Για τη μέτρηση της ανοργανοποίησης της οργανικής ύλης στο ίζημα, εφαρμόστηκε η μεθοδολογία των Dauwe *et al* (2001). Αμέσως μετά την

υποδειγματοληψία του ιζήματος, τα δείγματα τοποθετήθηκαν με τη βοήθεια λεπτής σπάτουλας μέσα σε γυάλινα σκουρόχρωμα μπουκάλια χωρητικότητας 60ml, και προστέθηκαν 10ml φιλτραρισμένου νερού (σε φίλτρο 0,2μm) το οποίο συλλέχθηκε από την επιφάνεια του ιζήματος. Τα μπουκάλια κλείστηκαν ερμητικά και αναταράχθηκαν έντονα και για 1-2 λεπτά ώστε να σχηματιστούν ομογενή υδαρή ιζήματα (slurries). Επιπλέον, σε 2-3 μπουκάλια εισήχθη μόνο νερό ώστε αυτά να χρησιμοποιηθούν ως μάρτυρες (blanks) σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα ιζήματος. Στη συνέχεια, και για τα δείγματα από τη φυσιολογική περιοχή, πραγματοποιήθηκαν διαδοχικές «πλύσεις» (flushings) με ατμοσφαιρικό αέρα στερούμενο διοξειδίου του άνθρακα από το ειδικά διαμορφωμένο για το σκοπό αυτό πώμα των μπουκαλιών. Για τα δείγματα από την ανοξική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών, οι «πλύσεις» (flushings) πραγματοποιήθηκαν με την χρήση αερίου αζώτου.

Τα δείγματα διατηρήθηκαν αναταρασσόμενα σε σκιερό μέρος σε θερμοκρασία όμοια με αυτήν στην επιφάνεια του ιζήματος, η οποία έχει προηγουμένως μετρηθεί αμέσως μετά την άνοδο του δειγματολήπτη πάνω στο κατάστρωμα του σκάφους. Έπειτα από χρονικό διάστημα 2-2,5 μηνών, μετρήθηκε το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα (παρουσίας οξυγόνου) καθώς και το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο (απουσίας οξυγόνου), ως τα τελικά προϊόντα της ανοργανοποίησης της οργανικής ύλης. Η μέτρηση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου έγινε με αέρια χρωματογραφία, με τη χρήση αερίου χρωματογράφου τύπου HP 5890, εξοπλισμένο με ανιχνευτή θερμικής αγωγιμότητας (TCD) και ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID).

Οι αναλύσεις χημείας πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια χημείας του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης, με εξαίρεση τα δείγματα των σταθμών SAP1,2&3 για τα οποία η ανάλυση του οργανικού άνθρακα έγινε στο Netherlands Institute of Ecology (NIOO).

Για την κοκκομετρική ανάλυση του ιζήματος ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που περιγράφεται από τον Buchanan (1984), και υπολογίστηκε η μέση διάμετρος των κόκκων του ιζήματος, η ταξινόμηση (σ_1), η λοξότητα (Sk1) και η κύρτωση (ku) του ιζήματος. Σε κάποια δείγματα –όπου αυτό ήταν δυνατό με βάση τον τρόπο δειγματοληψίας- υπολογίστηκε το πορώδες του ιζήματος και η περιεκτικότητα σε νερό.

2.7 Εργαστηριακή επεξεργασία δειγμάτων μειοβένθους

2.7.1 Διαχωρισμός του βαρύτερου κλάσματος του ιζήματος

Καταμέτρηση των μεταζώων

Για το διαχωρισμό του βαρύτερου κλάσματος του ιζήματος από τους οργανισμούς χρησιμοποιήθηκαν 2 διαφορετικά κόσκινα, μεγέθους 500 και 32 μ m. Με το πρώτο διαχωρίστηκαν οι οργανισμοί μεγέθους μακροπανίδας και το ίζημα με τους περιεχόμενους οργανισμούς που «πέρασε» το κόσκινο των 500 μ m τοποθετήθηκε σε μικρή πλαστική φιάλη με προσθήκη Ludox TM (κολλοειδές πυριτικό πολυμερές πυκνότητας 1,15). Τα δείγματα φυγοκεντρίστηκαν για 15 λεπτά στις 1500 στροφές / δευτερόλεπτο για τρεις επαναλαμβανόμενες φορές με τη χρήση μηχανήματος φυγοκέντρησης τύπου Harrier 15/80 και το επιπλέον (υπερκείμενο) τμήμα κάθε φυγοκέντρησης διαχωρίστηκε από το βαρύτερο κλάσμα με τη χρήση κοσκίνου 32 μ m. Με τη διαδικασία αυτή, οι μεταζωικοί οργανισμοί και τα τρηματοφόρα μαλακού κελύφους παραμένουν στο ελαφρύτερο κλάσμα δεδομένου ότι το παραπάνω κολλοειδές χαρακτηρίζεται από πυκνότητα ενδιάμεση μεταξύ αυτή των κόκκων του ιζήματος και των οργανισμών. Πέραν τούτου όμως, στο βαρύτερο κλάσμα του ιζήματος το οποίο αποτελείται από κόκκους ιζήματος και νεκρά κελύφη οργανισμών παραμένουν και τρηματοφόρα σκληρού κελύφους. Αυτά, ως βαρύτερα κατά κανόνα δεν συλλέγονται στο ελαφρύτερο κλάσμα. Συχνά, στο βαρύτερο κλάσμα του ιζήματος καταμετρώνται σε πολύ μικρούς αριθμούς και μεταζωικοί οργανισμοί που δεν συγκεντρώθηκαν στο ελαφρύτερο κλάσμα.

Όλοι οι μεταζωικοί οργανισμοί καταμετρήθηκαν και προσδιορίστηκαν σε επίπεδο κυρίων ταξινομικών βαθμίδων. Ως προς τα τρηματοφόρα, πραγματοποιήθηκε διαλογή (sorting) όλων των ατόμων των οποίων το κυτταρόπλασμα είχε χρωματιστεί βαθύ ερυθρό με τη χρήση της χρωστικής Rose Bengal. Η διαλογή έγινε στο ελαφρύτερο κλάσμα και από τους κόκκους του ιζήματος του βαρύτερου κλάσματος. Τα άτομα συλλέχθηκαν με τη βοήθεια ενός μαλακού πινέλου ή μίας γυάλινης πιπέττας. Άτομα με κενά κελύφη ή με ελαφριά χρώση θεωρήθηκαν ως νεκρά κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας και δεν συλλέχθηκαν, ούτε καταμετρήθηκαν. Επιπλέον, κάποια άτομα με αβέβαιη

χρώση εξετάστηκαν ως προς την ύπαρξη κυτταροπλάσματος στο εσωτερικό του κελύφους έπειτα από την προσθήκη διαλύματος 3% HCl και τη διάλυση του ασβεστολιθικού κελύφους. Τα τρηματοφόρα σκληρού κελύφους κρατήθηκαν σε γυάλινα φιαλίδια σε διάλυμα αλκοόλης (75%), τα δε μαλακού κελύφους κρατήθηκαν σε εξουδετερωμένο με βόρακα διάλυμα φορμαλδεΐδης 4%, δεδομένου ότι η αλκοόλη προκαλεί συρρίκνωση αυτού του είδους κελυφών.

Η καταμέτρηση των μεταζών και η καταμέτρηση και συλλογή των τρηματοφόρων έγινε με τη χρήση στερεοσκοπίου τύπου WILD.

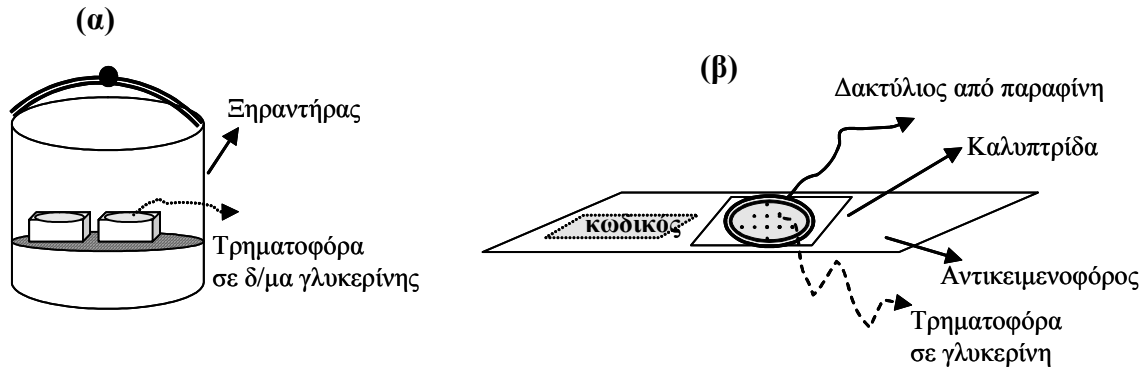
2.7.2 Συστηματικοί προσδιορισμοί

Όλα τα άτομα των τρηματοφόρων που συλλέχθηκαν από το ίζημα αναγνωρίστηκαν και καταμετρήθηκαν σε επίπεδο είδους ή γένους. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν σε στερεοσκόπιο, οπτικό μικροσκόπιο και σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης και κατασκευάστηκαν τρεις τύποι διαφορετικών μονίμων παρασκευασμάτων. Ο συστηματικός προσδιορισμός των τρηματοφόρων έγινε με βάση διεθνώς αναγνωρισμένες περιγραφές όπως αυτές των Loeblich & Tappan (1988), Cimerman & Langer (1991), Rasmussen (1986), Parker (1958), και αρκετές δημοσιευμένες εργασίες σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά.

Μόνιμα παρασκευάσματα σε διάλυμα γλυκερίνης

Αυτού του τύπου τα παρασκευάσματα κατασκευάστηκαν για τα τρηματοφόρα μαλακού κελύφους (Οικ. Allogromiidae, Saccaminidae). Τα τρηματοφόρα αφαιρέθηκαν από τα γυάλινα φιαλίδια στα οποία είχαν κρατηθεί με τη βοήθεια ενός μαλακού πινέλου, και τοποθετήθηκαν σε γυάλινο κοίλο τριβλίο (cavity block), σε διάλυμα γλυκερίνης (7% γλυκερίνη, 5% αλκοόλη και 88% νερό). Τα τριβλία τοποθετήθηκαν σε ειδικό ξηραντήρα για 1-2 ημέρες ώστε να εξατμιστεί η αλκοόλη και το νερό και να μείνουν τα τρηματοφόρα σε καθαρή γλυκερίνη. Στη συνέχεια, πάλι με τη βοήθεια ενός μαλακού πινέλου, τα τρηματοφόρα μεταφέρθηκαν πάνω σε γυάλινες αντικειμενοφόρους σε μικρή ποσότητα γλυκερίνης, και καλύφθηκαν από γυάλινη καλυπτρίδα η οποία συγκολλήθηκε με την αντικειμενοφόρο με τη βοήθεια παραφίνης πάνω σε θερμαινόμενο σώμα (hot plate). Με τον τρόπο αυτό κατασκευάστηκαν μόνιμα

παρασκευάσματα τρηματοφόρων μαλακού κελύφους (Σχ. 2.5α,β) τα οποία παρατηρήθηκαν αργότερα σε μικροσκόπιο τύπου Olympus CH-2 για τον συστηματικό τους προσδιορισμό.

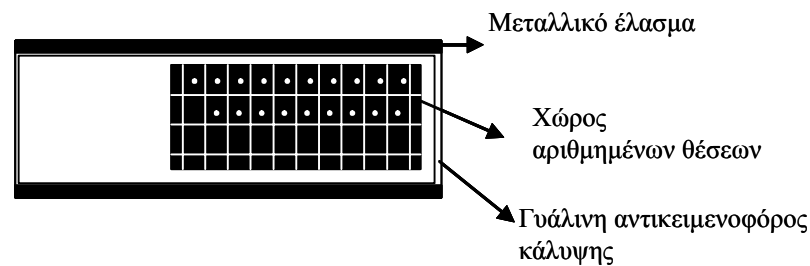


Σχήμα 2.5: Μόνιμα παρασκευάσματα τρηματοφόρων μαλακού κελύφους

Μόνιμα παρασκευάσματα χάρτινων πινακιδίων

Ο συστηματικός προσδιορισμός των τρηματοφόρων σκληρού κελύφους απαιτεί την παρατήρηση και τη μελέτη μόνο των κελυφών. Γι' αυτή την κατηγορία τρηματοφόρων, τα άτομα τοποθετήθηκαν με τη βοήθεια ειδικού πινέλου και ειδικής συγκολλητικής κόλλας πάνω σε χάρτινα πινακίδια πολλών θέσεων ομαδικής ταξινομήσεως (σχήμα 2.6). Συγκεκριμένα, τέτοιου είδους παρασκευάσματα κατασκευάστηκαν για τρηματοφόρα συμφυρματοπαγούς κελύφους που ανήκουν στην Υπόταξη *Textulariina*, διάτρητου ασβεστολιθικού κελύφους (υαλώδους υφής) που ανήκουν στην Υπόταξη *Rotaliina* και τρηματοφόρα αδιάτρητου ασβεστολιθικού κελύφους (πορσελανώδους υφής) που ανήκουν στην Υπόταξη *Miliolina*. Μετά την τοποθέτησή τους και παρά την αποσύνθεση του κυταροπλάσματος τα κελύφη αφυδατώνονται και διατηρούνται πάνω στο χαρτόνι. Ο χώρος τοποθέτησης των ατόμων περιλαμβάνει αριθμημένες θέσεις ώστε να είναι δυνατή η εύκολη παρατήρηση των διαφορετικών γενών/ειδών. Επιπλέον, το χαρτόνι είναι μαύρου χρώματος, και έτσι τα ανοιχτόχρωμα κελύφη είναι εύκολα παρατηρήσιμα. Το χάρτινο πινακίδιο καλύπτεται από γυάλινη αντικειμενοφόρο που στερεώνεται με ειδικό μεταλλικό

έλασμα και έτσι αποφεύγεται η πιθανή φθορά του πινακιδίου και των προσκολλημένων ατόμων.



Σχήμα 2.6: Χάρτινα πινακίδια ομαδικής ταξινομήσεως τρηματοφόρων σκληρού κελύφους

Παρασκευάσματα παρατήρησης στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης

Για την λεπτομερέστερη περιγραφή της εξωτερικής μορφολογίας του κελύφους των τρηματοφόρων σκληρού κελύφους (Τάξεις Textulariina, Rotaliina, Miliolina) και τη μελέτη ειδικών χαρακτηριστικών και λεπτομερειών του κελύφους, πραγματοποιήθηκε παρατήρησή τους σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης. Τα άτομα που μελετήθηκαν αρχικά αφυδατώθηκαν, περνώντας τα με τη βοήθεια ενός πινέλου από δύο διαδοχικά διαλύματα αλκοολών (75% αρχικά και 90% στη συνέχεια πάνω σε κοίλα γυάλινα τριβλία). Στη συνέχεια, τα αφυδατωμένα πλέον άτομα τοποθετήθηκαν πάνω σε δειγματοφορείς χαλκού (stub) όπου συγκολλήθηκαν με τη βοήθεια αυτοκόλλητης ταινίας αλουμινίου. Τα δείγματα ξηράνθηκαν σε κενό αέρα, και κατόπιν επιμεταλλώθηκαν θερμικά με τη χρήση ενός Baltec SCD 050 Sputter (20 nm μέταλλο χρυσού/παλλαδίου).

Τα μόνιμα παρασκευάσματα που κατασκευάστηκαν με την παραπάνω διαδικασία μελετήθηκαν σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης τύπου JSM-840, στο εργαστήριο Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας του Πανεπιστημίου Κρήτης. Όλα τα άτομα των τρηματοφόρων φωτογραφήθηκαν χρησιμοποιώντας φιλμ τύπου Agfa APX.

2.8 Ανάλυση των δεδομένων – ανάλυση ποικιλότητας – πολυμεταβλητές αναλύσεις – σχέσεις αβιοτικών και βιοτικών παραμέτρων

Το επίπεδο σημαντικότητας (*p-value*) των διαφορών μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας ελέγχθηκε με την εφαρμογή ανάλυσης διακύμανσης ενός παράγοντα (1 way anova) και με τη δοκιμή των Kruskal-Wallis όπου οι διαφορές των τιμών ελέγχθηκαν με βάση το κριτήριο του σταθμού δειγματοληψίας. Οι τιμές που ελέγχθηκαν (*x*) είχαν προηγουμένως λογαριθμοποιηθεί με υπολογισμό του δεκαδικού λογαρίθμου $\log(x+1)$ δεδομένου ότι με τη λογαριθμοποίηση επιτυγχάνεται κανονικότερη κατανομή των ελεγχόμενων τιμών.

Στις περιπτώσεις εκείνες κατά τις οποίες βρέθηκαν σημαντικές διαφορές των τιμών μεταξύ των σταθμών με την εφαρμογή ανάλυσης διακύμανσης, ακολούθησε εφαρμογή της δοκιμής πολλαπλών συγκρίσεων *post hoc* Tukey (Honest Significant Difference-HSD) με σκοπό να αναζητηθούν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών ανά ζεύγη.

Για τις περιπτώσεις επίσης ελέγχου ζεύγους τιμών ανεξαρτήτων δειγμάτων, προκειμένου να αναζητηθούν διαφορές μεταξύ τους εφαρμόστηκε η δοκιμασία *t*-test καθώς και η δοκιμασία των Mann-Whitney (U-test) και υπολογίστηκε το επίπεδο σημαντικότητας (*p-value*) των διαφορών.

Για τη συσχέτιση των περιβαλλοντικών με τα βιολογικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκε ο μη παραμετρικός συντελεστής συσχέτισης του Spearman, ενώ επίσης ελέγχθηκαν πιθανές γραμμικές συσχετίσεις με τη χρήση του συντελεστή συσχέτισης του Pearson, και με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης.

Για την ανάλυση της ποικιλότητας της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω δείκτες ποικιλότητας: Shannon (H'), Margalef (d), Pielou (J'), οι αριθμοί του Hill (N_1, N_2, N_{inf}).

Ο δείκτης ποικιλότητας Shannon - Wiener ($H(s)$, Shannon & Weaver 1963) γενικά υπολογίζεται από τη σχέση:

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

όπου s είναι ο αριθμός των ειδών

και p_i το ποσοστό του συνολικού αριθμού ατόμων που ανήκουν στο i είδος

ενώ ο βαθμός της ισομερούς κατανομής (δείκτης ομοιομορφίας, Pielou 1969) μετριέται ως:

$$J = H / H_{\max}$$

όπου H είναι η μετρηθείσα τιμή του δείκτη ποικιλότητας
και H_{\max} η μέγιστη τιμή του δείκτη δηλαδή όταν εμφανίζεται ισομερής κατανομή

Ο δείκτης Margaleff (Margaleff 1958) υπολογίζεται από τη σχέση

$$D = (S-1)/\ln(N)$$

όπου S είναι ο αριθμός των ειδών του δείγματος
και N ο αριθμός των ατόμων του δείγματος

Η σειρά αριθμών του Hill (Hill 1973) που αποτελεί ενοποιητικό μοντέλο των δεικτών ποικιλότητας υπολογίζει την ποικιλότητα διαφορετικών τάξεων με βάση τη σχέση

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

όπου p_i είναι η αναλογική αφθονία του είδους i
αν $a=0$, $N_a =$ ο αριθμός ειδών του δείγματος

Για τον υπολογισμό του βαθμού ομοιότητας μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας υπολογίστηκε ο δείκτης ομοιότητας Bray - Curtis (Bray &

Curtis, 1957) και παρουσιάστηκε γραφικά με την κατασκευή δενδρογράμματος. Ο συγκεκριμένος δείκτης ομοιότητας υπολογίζεται από τη σχέση

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p |y_{ij} + y_{ik}|} \right) \right\}$$

- όπου S_{jk} η τιμή του δείκτη μεταξύ των δειγμάτων j και k
 y_{ij} η τιμή της αφθονίας ή βιομάζας του είδους i στο δείγμα j
 και y_{ik} η τιμή της αφθονίας ή βιομάζας του είδους i στο δείγμα k

και επιλέχθηκε αφενός διότι ο υπολογισμός του λαμβάνει υπόψην ιδιαίτερα τις αφθονότερες ομάδες και αφετέρου δεν επηρεάζεται από πιθανές μηδενικές τιμές των ομάδων.

Εφαρμόστηκε επίσης η δοκιμή ANOSIM (Clarke & Green 1988), για να ελεγχθούν οι διαφορές ανάμεσα στις ομάδες που προέκυψαν με την παραπάνω ομαδοποίηση, και να βρεθεί αν οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές.

Με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου διάταξης MDS (Multi-Dimensional Scaling) ομαδοποιήθηκαν στο χώρο τα δείγματα των σταθμών ανάλογα με τη σύνθεση της βιοκοινωνίας, ενώ υπολογίστηκε επίσης και η τιμή *stress* προκειμένου να αξιολογηθεί η διάταξη των δειγμάτων με τη συγκεκριμένη μέθοδο.

Προκειμένου να αναζητηθούν τα είδη εκείνα που είναι τα σημαντικότερα για την διάκριση των σταθμών που μελετήθηκαν σε διακριτές ομάδες με βάση τη βιοκοινωνία των τρηματοφόρων, αξιοποιήθηκε η μέθοδος SIMPER (Clarke 1993). Με τον τρόπο αυτό, αναγνωρίστηκαν επιπλέον τα χαρακτηριστικά εκείνα είδη για την κάθε ομάδα σταθμών που προέκυψε με την ομαδοποίηση με βάση το δείκτη ομοιότητας Bray-Curtis.

Για την εύρεση των σχέσεων ανάμεσα στα βιολογικά δεδομένα και τις αβιοτικές παραμέτρους χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος BIO-ENV (Clarke & Ainsworth, 1993), υπολογίζοντας πίνακες ομοιότητας των βιοτικών δεδομένων με το δείκτη Bray-Curtis και τις αποστάσεις των αβιοτικών παραμέτρων με Ευκλείδειες αποστάσεις. Υπολογίστηκε έτσι ο συντελεστής συσχέτισης των βιοτικών με τα αβιοτικά δεδομένα.

Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη χρήση του προγράμματος Excel, ενώ η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τα στατιστικά πακέτα SYSTAT v5.02, STATISTICA v5.1 και PRIMER v5.2.2 για Windows (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research).

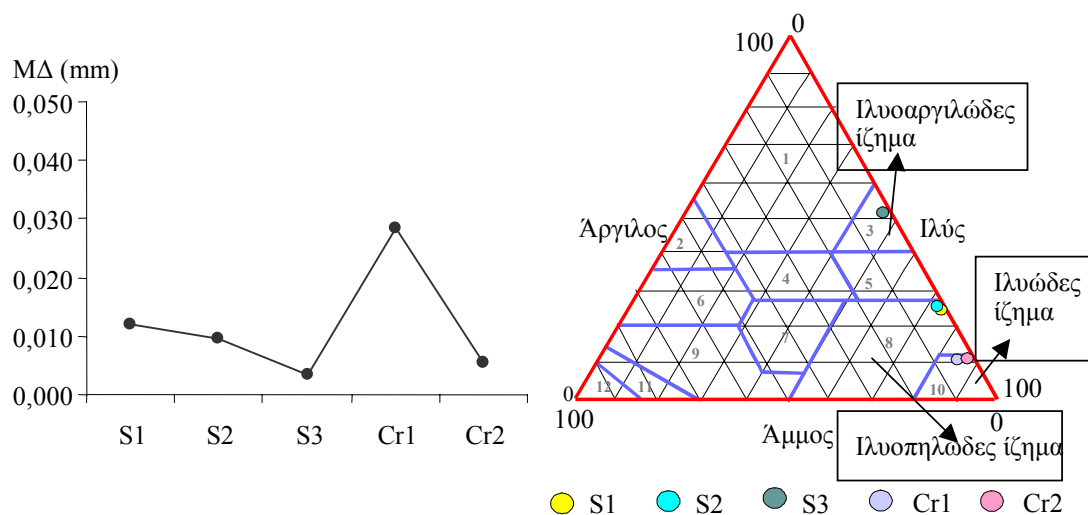
Για τη συγγραφή, την επεξεργασία του κειμένων, των σχημάτων, εικόνων και των φωτογραφιών που συμπεριλαμβάνονται στη διατριβή χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Microsoft Word 2000, Corel Draw 10, Corel Photo Paint 10, Microsoft Power Point 2000, MGI Photo Suite III SE.

Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα

3.1 Αιγαίο Πέλαγος

3.1.1 Ιζηματολογία

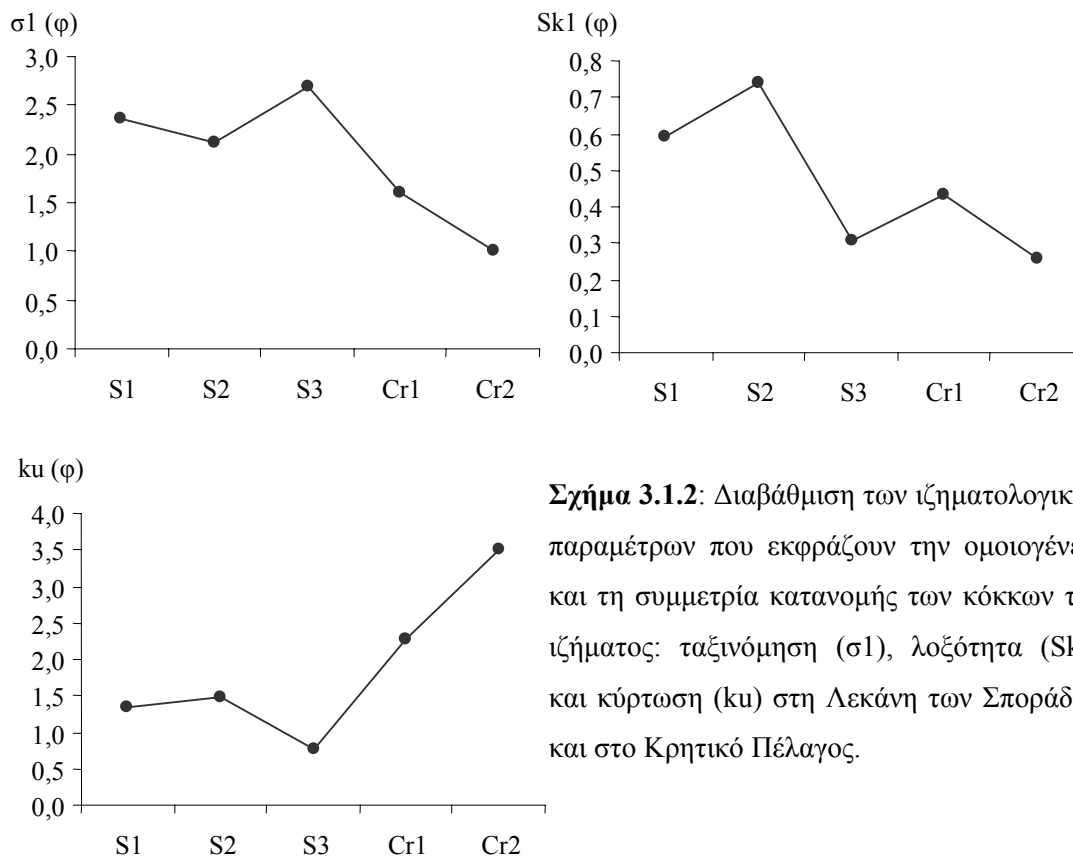
Η Λεκάνη των Σποράδων και το Κρητικό Πέλαγος χαρακτηρίζονται από λεπτόκοκκα επιφανειακά ιζήματα, που αποτελούνται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από ιλύ και άργιλο (96,36% στο σταθμό Cr1 στο Κρητικό έως 99,42% στο σταθμό S3 στη Λεκάνη των Σποράδων). Η μέση τιμή του μεγέθους των κόκκων κυμαίνεται από 0,003mm στο σταθμό S3 έως 0,028mm στο σταθμό Cr1. Με εξαίρεση το σταθμό S3 που παρουσιάζει μέγεθος κόκκων επιπέδου αργίλου, τα σωματίδια μεγέθους ιλύος κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό των ιζηματογενών κόκκων (σχ. 3.1.1 α,β).



Σχήμα 3.1.1: α. Διαβάθμιση της μέσης τιμής της διαμέτρου κόκκων του ιζήματος (ΜΔ), β. Χαρακτηρισμός των επιφανειακών ιζημάτων με το σύστημα τριγωνικής απεικόνισης των % αναλογιών άμμου-ιλύος-αργίλου στη Λεκάνη των Σποράδων και στο Κρητικό Πέλαγος.

Τα επιφανειακά ιζήματα της Λεκάνης των Σποράδων και στο Κρητικό Πέλαγος χαρακτηρίζονται από ανομοιογένεια και ασυμμετρία (σχ. 3.1.2). Η ταξινόμηση (sorting) των κόκκων είναι φτωχή στο Κρητικό Πέλαγος (1,004 έως 1,596φ) έως και πολύ φτωχή στη Λεκάνη των Σποράδων (2,115 έως 2,694). Η λοξότητα κατά κανόνα είναι θετική έως έντονα θετική (0,257 έως 0,739φ), ενώ η

παράμετρος της κύρτωσης εμφανίζει απόκλιση από τη συμμετρία κατανομής σε επίπεδα μέχρι και εξαιρετικά λεπτόκυρτης στο σταθμό Cr2 του Κρητικού Πελάγους.



Σχήμα 3.1.2: Διαβάθμιση των ιζηματολογικών παραμέτρων που εκφράζουν την ομοιογένεια και τη συμμετρία κατανομής των κόκκων του ιζήματος: ταξινόμηση (σ_1), λοξότητα (Sk_1) και κύρτωση (ku) στη Λεκάνη των Σποράδων και στο Κρητικό Πέλαγος.

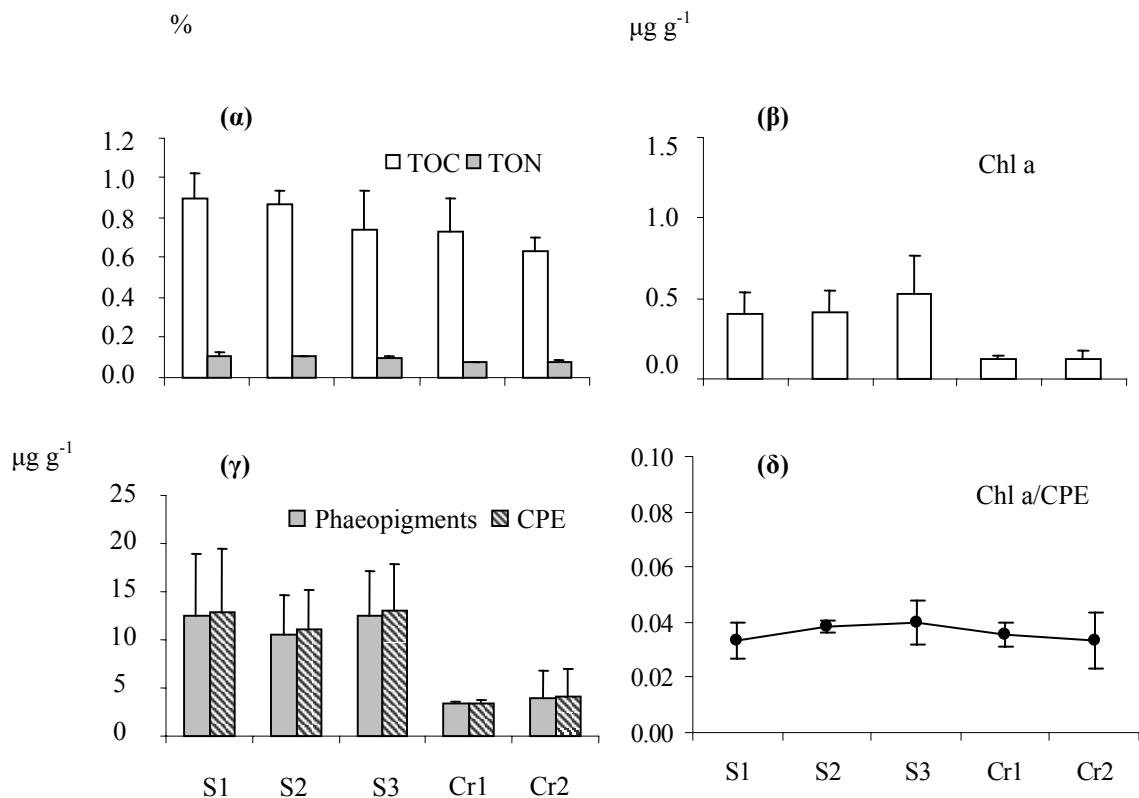
3.1.2 Χημεία ιζήματος

Οργανικός άνθρακας και άζωτο, χλωροφύλλη α και φαιοχρωστικές

Στους βαθύθαλους σταθμούς του Αιγαίου Πελάγους, η περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα στα άνω 3 χιλιοστά του ιζήματος είναι 0,679% κατά μ.ο. στο Κρητικό και 0,836% κατά μ.ο. στη Λεκάνη των Σποράδων, ενώ η περιεκτικότητα σε οργανικό άζωτο είναι 0,077 και 0,102 αντίστοιχα (σχ.3.1.3α). Ο λόγος οργανικού άνθρακα προς άζωτο (C/N) κυμαίνεται από 9,506 έως 10,570 κατά μ.ο. στη Λεκάνη των Σποράδων και στο Κρητικό Πέλαγος αντίστοιχα.

Οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης α, φαιοχρωστικών και το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών στο ιζήμα είναι υψηλότερες στη Λεκάνη των

Σποράδων σε σχέση με το Κρητικό Πέλαγος (σχ. 3.1.3β,γ). Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α στην επιφάνεια του ιζήματος (0-3mm) κυμαίνεται από 0,123 έως 0,450 $\mu\text{g g}^{-1}$ κατά μ.ο. στο Κρητικό και στη Λεκάνη των Σποράδων αντίστοιχα, των δε φαιοχρωστικών από 3,669 έως 11,873 $\mu\text{g g}^{-1}$. Μεταξύ των δύο περιοχών, το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών κυμαίνεται από 3,793 έως 12,322 $\mu\text{g g}^{-1}$. Μεταξύ Κρητικού Πελάγους και Λεκάνης Σποράδων δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στην τιμή του λόγου χλωροφύλλης α /CPE, ο οποίος κυμαίνεται κατά μ.ο. από 0,033 έως 0,037 (σχ. 3.1.3δ).

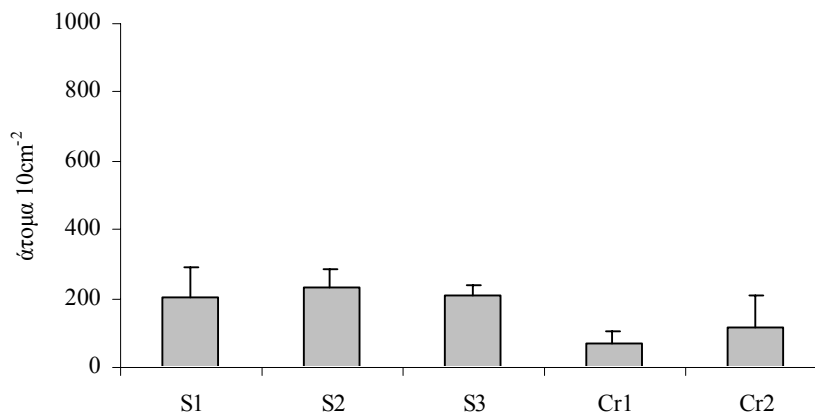


Σχήμα 3.1.3: Μεταβολή των τιμών των συγκεντρώσεων οργανικού άνθρακα και αζώτου (α), χλωροφύλλης α (β), φαιοχρωστικών και CPE (γ) και λόγου χλωροφύλλης/CPE (δ) στο επιφανειακό ίζημα (άνω 3mm) των σταθμών της Λεκάνης των Σποράδων και του Κρητικού Πελάγους.

3.1.3 Σύνθεση και κατανομή ολικού μειοβένθους

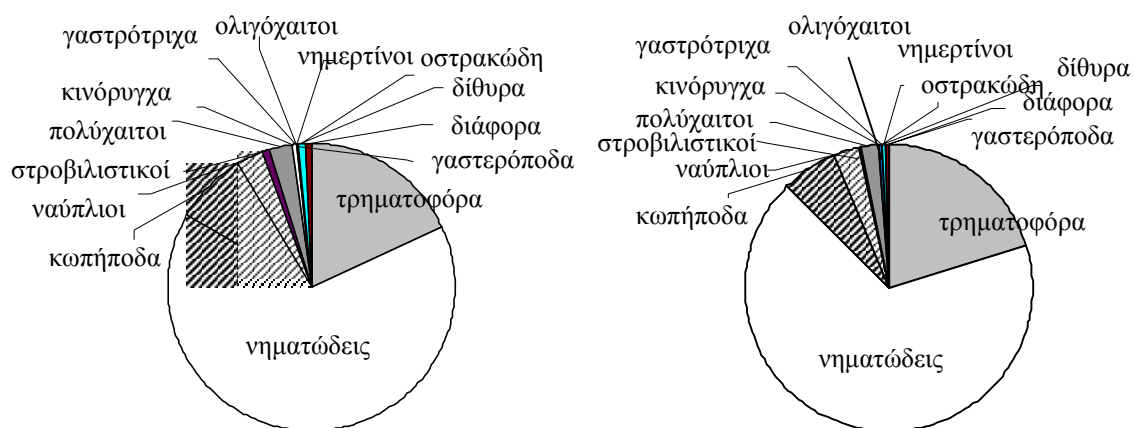
Στους σταθμούς που μελετήθηκαν στο Αιγαίο Πέλαγος, η ολική μειοβενθική αφθονία στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος κυμαίνεται από 72 – 231

άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς Cr1 και S2 αντίστοιχα (Πίν. 3.1.1, σχ. 3.1.4). Στη Λεκάνη των Σποράδων, η ολική μειοβενθική αφθονία κυμαίνεται από 204 έως 231 άτομα 10cm^{-2} , στο δε Κρητικό Πέλαγος η αφθονία είναι σημαντικά μικρότερη, από 72 έως 113 άτομα 10cm^{-2} .



Σχήμα 3.1.4: Κατανομή ολικού μειοβένθους στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).

Τα τρηματοφόρα αποτελούν τη δεύτερη σε αφθονία μειοβενθική ομάδα, συνιστώντας το 14,24-20,32% (στη Λεκάνη των Σποράδων) και το 17,75-21,82% (στο Κρητικό Πέλαγος) του συνόλου του μειοβένθους (σχ.3.1.5). Οι νηματώδεις αποτελούν την αφθονότερη ομάδα (61,28-71,43%) ενώ μετά τα τρηματοφόρα ακολουθούν κατά φθίνουσα αφθονία τα αρπακτικοειδή κωπήποδα (ενήλικα άτομα, 4,16-9,76%), οι ναύπλιοι των κωπήποδων (2,13-3,73%), οι πολύχαιτοι (1,19-3,30%), οι στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες (0,35-1,13) και άλλες λιγότερο άφθονες μειοβενθικές ομάδες που συμμετέχουν σε ποσοστό <1%.



Σχήμα 3.1.5: Σύνθεση μειοβένθους στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).

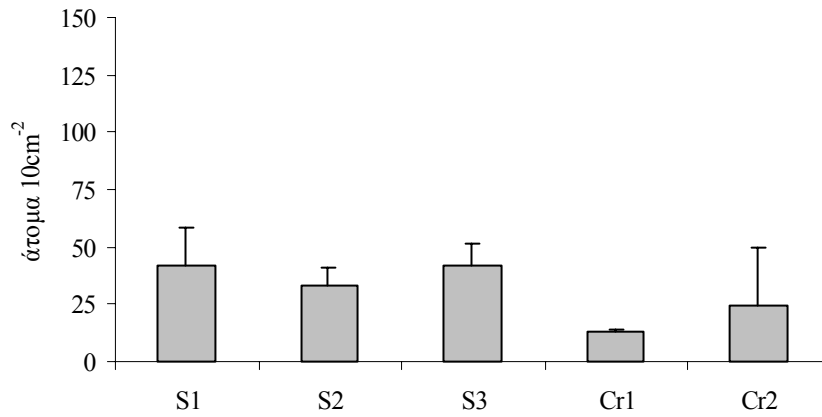
Πίνακας 3.1.1: Αφθονίες ομάδων μειοβένθους στα άνω 6cm του ιζήματος στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος)

| | | S1 | S2 | S3 | Cr1 | Cr2 |
|---------------------|--------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| τρηματοφόρα | άτομα 10cm ⁻² | 41,52 | 32,87 | 41,95 | 12,74 | 24,74 |
| | τ.σ. | 17,15 | 7,99 | 9,36 | 1,13 | 24,89 |
| νηματοδεις | άτομα 10cm ⁻² | 127,49 | 164,83 | 128,33 | 45,90 | 78,58 |
| | τ.σ. | 71,57 | 46,37 | 41,62 | 28,34 | 66,10 |
| κωπήποδα | άτομα 10cm ⁻² | 19,00 | 15,71 | 18,01 | 7,01 | 5,13 |
| | τ.σ. | 1,68 | 1,51 | 1,72 | 1,08 | 1,98 |
| ναύπλιοι κωπηπόδων | άτομα 10cm ⁻² | 5,17 | 6,91 | 7,01 | 2,68 | 2,02 |
| | τ.σ. | 2,62 | 1,55 | 4,28 | 2,00 | 2,29 |
| στροβιλιστικοί | άτομα 10cm ⁻² | 2,30 | 1,36 | 0,99 | 0,52 | 0,42 |
| | τ.σ. | 0,78 | 1,08 | 0,86 | 0,41 | 0,14 |
| πολύχαιτοι | άτομα 10cm ⁻² | 4,47 | 5,64 | 6,91 | 1,88 | 1,46 |
| | τ.σ. | 0,91 | 1,60 | 2,20 | 0,59 | 0,70 |
| κινόρυγγα | άτομα 10cm ⁻² | 1,32 | 0,42 | 1,50 | 0,05 | 0,47 |
| | τ.σ. | 0,33 | 0,28 | 0,64 | 0,08 | 0,45 |
| γαστροτρίχα | άτομα 10cm ⁻² | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| νημερτίνοι | άτομα 10cm ⁻² | 0,14 | 0,19 | 0,09 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,14 | 0,08 | 0,08 | 0,00 | 0,00 |
| ολιγόχαιτοι | άτομα 10cm ⁻² | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,00 |
| δίθουρα μαλάκια | άτομα 10cm ⁻² | 0,33 | 0,42 | 0,56 | 0,00 | 0,05 |
| | τ.σ. | 0,08 | 0,24 | 0,24 | 0,00 | 0,08 |
| οστρακώδη | άτομα 10cm ⁻² | 1,50 | 1,32 | 1,79 | 0,47 | 0,24 |
| | τ.σ. | 0,22 | 0,83 | 0,78 | 0,33 | 0,08 |
| γαστερόποδα μαλάκια | άτομα 10cm ⁻² | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 |
| διάφορα | άτομα 10cm ⁻² | 1,13 | 1,08 | 2,21 | 0,47 | 0,28 |
| | τ.σ. | 0,37 | 0,80 | 2,06 | 0,57 | 0,28 |
| ολικό μειοβένθος | άτομα 10cm ⁻² | 204,38 | 230,76 | 209,41 | 71,81 | 113,38 |
| | τ.σ. | 88,66 | 52,60 | 27,10 | 31,42 | 96,60 |

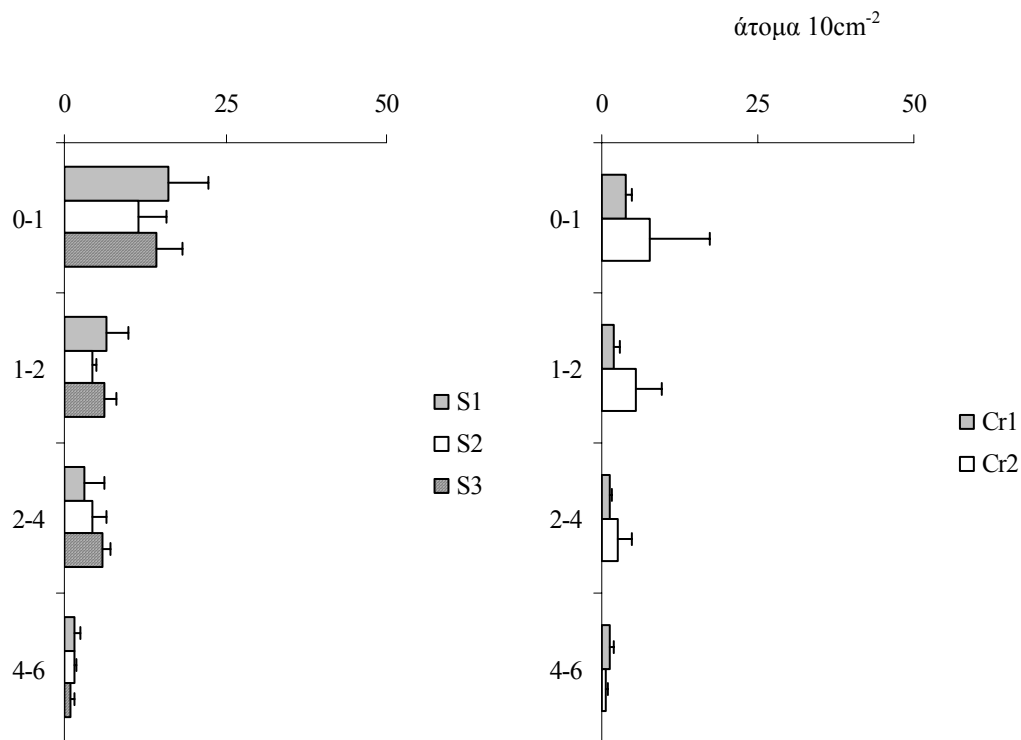
3.1.4 Οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των τρηματοφόρων

Η αφθονία των τρηματοφόρων είναι σημαντικά υψηλότερη στη Λεκάνη των Σποράδων συγκριτικά με το Κρητικό Πέλαγος (Mann-Whitney U test, $p < 0,05$), και κυμαίνεται από 12,74 έως 41,95 άτομα 10cm⁻² στους σταθμούς Cr1 και S3 αντίστοιχα (Πίν. 3.1.1, σχ. 3.1.6). Η μέση αφθονία των τρηματοφόρων

στο Κρητικό είναι 18,74 άτομα 10cm^{-2} ενώ στην περιοχή των Σποράδων φτάνει τα 38,78 άτομα 10cm^{-2} .



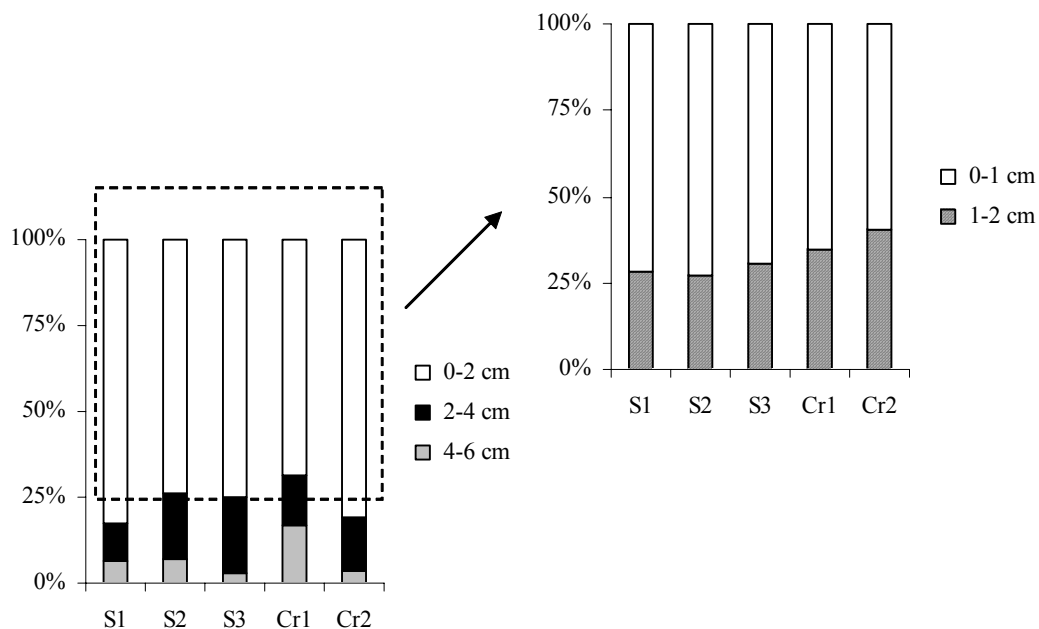
Σχήμα 3.1.6: Κατανομή των τριματοφόρων στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).



Σχήμα 3.1.7: Κατακόρυφη κατανομή των τριματοφόρων (άτομα 10cm^{-2}) στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).

Η αφθονία των τρηματοφόρων μειώνεται σε σχέση με το βάθος στο ιζήμα. Στη Λεκάνη των Σποράδων, το 75-82% των ατόμων συγκεντρώνεται στα άνω 2 cm του ιζήματος, ενώ το 12-22 και 3-6% στα βαθύτερα στρώματα των 2-4 και 4-6 cm. Αντίστοιχα για τους σταθμούς του Κρητικού Πελάγους, οι συγκεντρώσεις είναι 69-81, 15-16 και 3-17% των ατόμων (σχ. 3.1.7).

Εξετάζοντας το αφθονότερο στρώμα των επιφανειακών 2cm του ιζήματος σε επιμέρους στρώματα του 1 cm, διαπιστώνουμε ότι στο ανώτερο εκατοστό του ιζήματος συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων, 52-59 και 45-48 % του συνόλου στη Λεκάνη των Σποράδων και το Κρητικό Πέλαγος αντίστοιχα (σχ. 3.1.8).



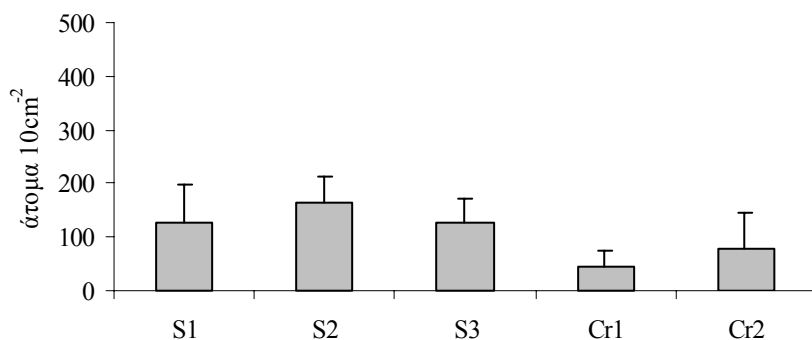
Σχήμα 3.1.8: Ποσοστιαία κατανομή των τρηματοφόρων στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).

3.1.5 Οριζόντια κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων

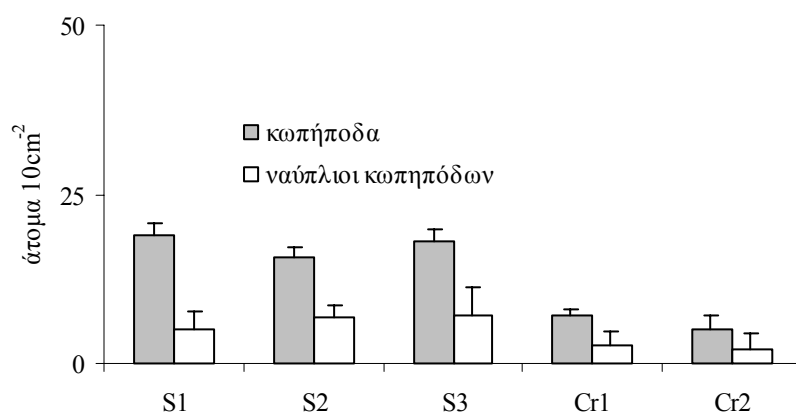
Νηματώδεις

Η αφθονία των νηματωδών κυμαίνεται από 45,90 έως 164,83 άτομα 10cm⁻² στους σταθμούς Cr1 και S2 αντίστοιχα (Πίν. 3.1.1, σχ. 3.1.9). Χαμηλότερες τιμές αφθονίας (Mann Whitney U test, $p < 0,01$) χαρακτηρίζουν το Κρητικό

Πέλαγος συγκριτικά με τις Σποράδες, κατά μέσο όρο 62,24 και 140,22 άτομα 10cm^{-2} αντίστοιχα.



Σχήμα 3.1.9: Κατανομή των νηματωδών στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).



Σχήμα 3.1.10: Κατανομή των κωπηπόδων (ενήλικα άτομα, ναύπλιοι) στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).

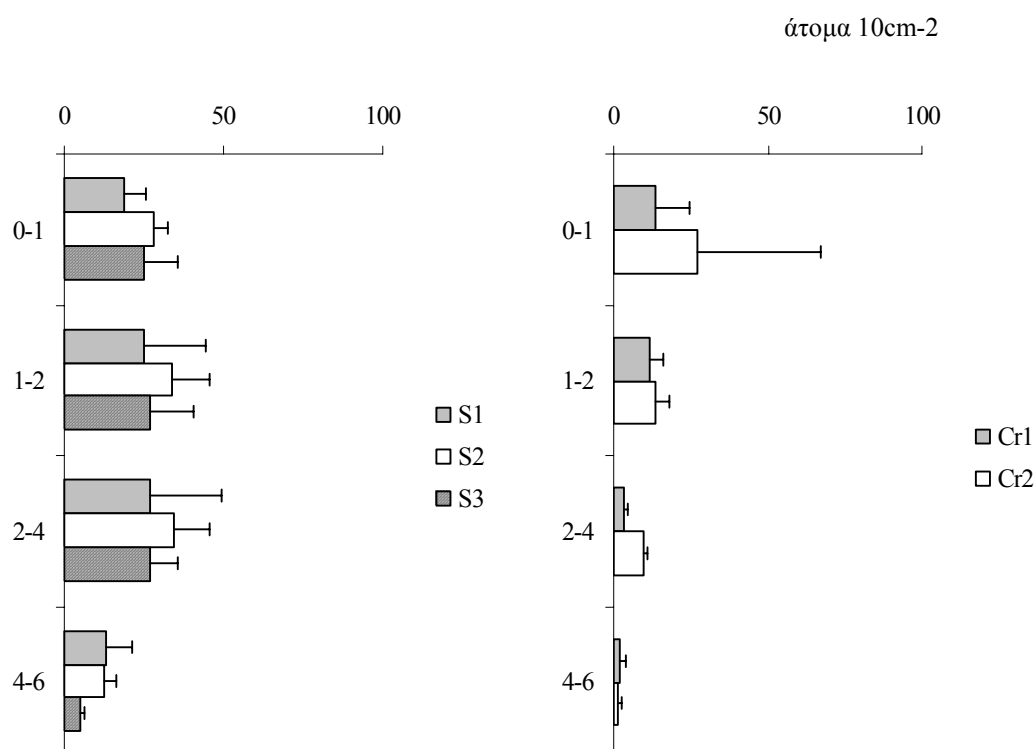
Κωπήποδα και ναύπλιοι κωπηπόδων

Η αφθονία των κωπηπόδων μεταβάλλεται από 5,13 (Στ. Cr2) έως 19 (Στ. S1) άτομα 10cm^{-2} (Πίν. 3.1.1, σχ. 3.1.10). Η μέση αφθονία του Κρητικού Πελάγους (6,07 άτομα 10cm^{-2}) είναι σημαντικά μικρότερη (Mann Whitney U test, $p < 0,01$) απ' αυτήν στη Λεκάνη των Σποράδων (17,57 άτομα 10cm^{-2}). Οι

ναύπλιοι των κωπηπόδων εμφανίζουν μέγιστη αφθονία στο σταθμό S3 (7,01 άτομα 10cm^{-2}) και ελάχιστη στο σταθμό Cr2 του Κρητικού (2,02 άτομα 10cm^{-2} , Πίν. 3.1.1, σχ. 3.1.10). Χαμηλότερη κατά μέση τιμή είναι η αφθονία στο Κρητικό σε σχέση με την περιοχή των Σποράδων (2,35 – 6,36 άτομα 10cm^{-2} , Mann Whitney U test, $p < 0,05$).

Πολύχαιτοι, στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες και άλλες μειοβενθικές ομάδες

Η αφθονία των πολυχαιτών στο Αιγαίο Πέλαγος κυμαίνεται από 1,46 έως 6,91 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς Cr2, S3, των δε στροβιλιστικών πλατυελμίνθων από 0,42 έως 2,30 στους σταθμούς Cr2 και S1 αντίστοιχα. Σημαντικά μικρότερες αφθονίες εμφανίζονται στο Κρητικό σε σχέση με τη Λεκάνη των Σποράδων (Mann Whitney U test, $p < 0,05$). Οι υπόλοιπες μειοβενθικές ομάδες (κινόρυγχα, γαστροτόριχα, νημερτίνοι, μαλάκια κτλ) στο σύνολό τους χαρακτηρίζονται από μικρή αφθονία που κυμαίνεται από 1,03 – 6,21 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς Cr2 και S3 (Πίν. 3.1.1).



Σχήμα 3.1.11: Κατακόρυφη κατανομή των νηματωδών (άτομα 10cm^{-2}) στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).

3.1.6 Κατακόρυφη κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων

Νηματώδεις

Η αφθονία των νηματωδών μειώνεται σε συνάρτηση με το βάθος στο ίζημα (σχ. 3.1.11). Στη Λεκάνη των Σποράδων το επιφανειακό στρώμα των 2cm συγκεντρώνει το 52-62% των ατόμων, ενώ τα βαθύτερα στρώματα των 2-4 και 4-6cm συγκεντρώνουν το 32 και 6-16% αντίστοιχα. Τα αντίστοιχα ποσοστά ανά στρώμα για το Κρητικό Πέλαγος είναι 78-83, 11-18 και 3-6%.

Στη Λεκάνη των Σποράδων, στο επιμέρους στρώμα 0-1cm βάθους στο ίζημα η αφθονία των νηματωδών είναι μικρότερη σε σχέση με το υποεπιφανειακό στρώμα των 1-2cm (26-30% έναντι 31-32%). Αντίθετα στο Κρητικό, το επιφανειακό στρώμα 0-1cm εμφανίζει τη μεγαλύτερη αφθονία (45-53%, σχ. 3.1.12).

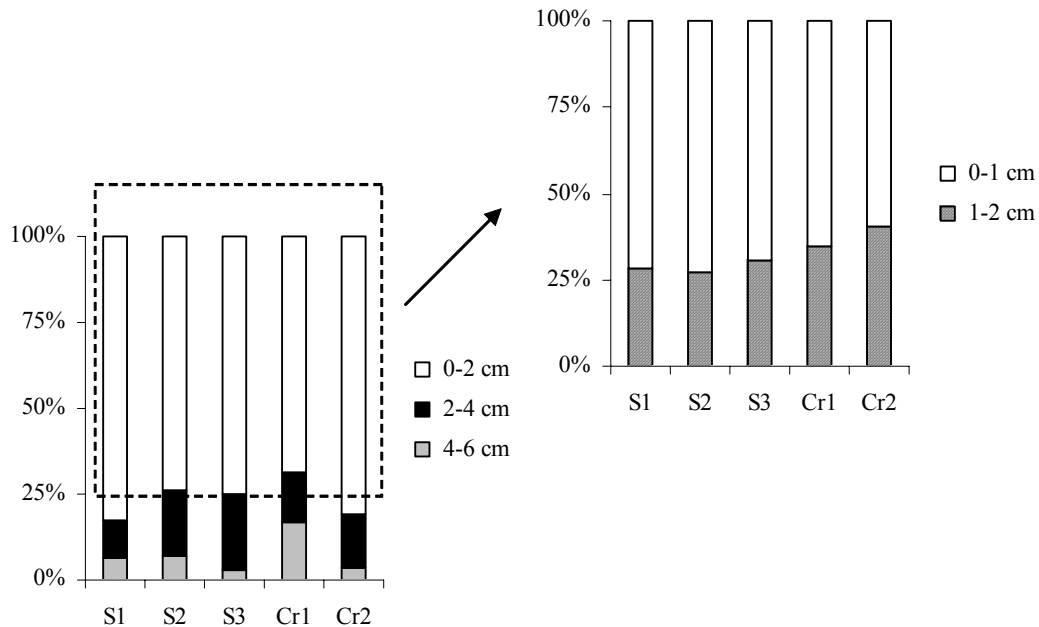
Κωπήποδα και ναύπλιοι κωπηπόδων

Η αφθονία των κωπηπόδων (ενήλικα άτομα και κωπηποδίτες) μειώνεται σε συνάρτηση με το βάθος στο ίζημα (σχ. 3.1.13 & 3.1.14). Στη Λεκάνη των Σποράδων, στο επιφανειακό στρώμα των 2cm συγκεντρώνεται το 82-89% των ατόμων, ενώ στα βαθύτερα των 2-4 και 4-6cm το 8-15 και 1-8% αντίστοιχα. Τα αντίστοιχα ποσοστά ενήλικων ατόμων και ναυπλίων κωπηπόδων ανά στρώμα για το Κρητικό Πέλαγος είναι 91-94, 3-7 και 2-3% (σχ.3.1.15 & 3.1.16). Στη Λεκάνη των Σποράδων και στο Κρητικό Πέλαγος, το πρώτο εκατοστό του ιζήματος είναι το αφθονότερο, συγκεντρώνοντας το 50-79% του συνόλου των ενήλικων ατόμων και ναυπλίων των κωπηπόδων.

Άλλες ομάδες

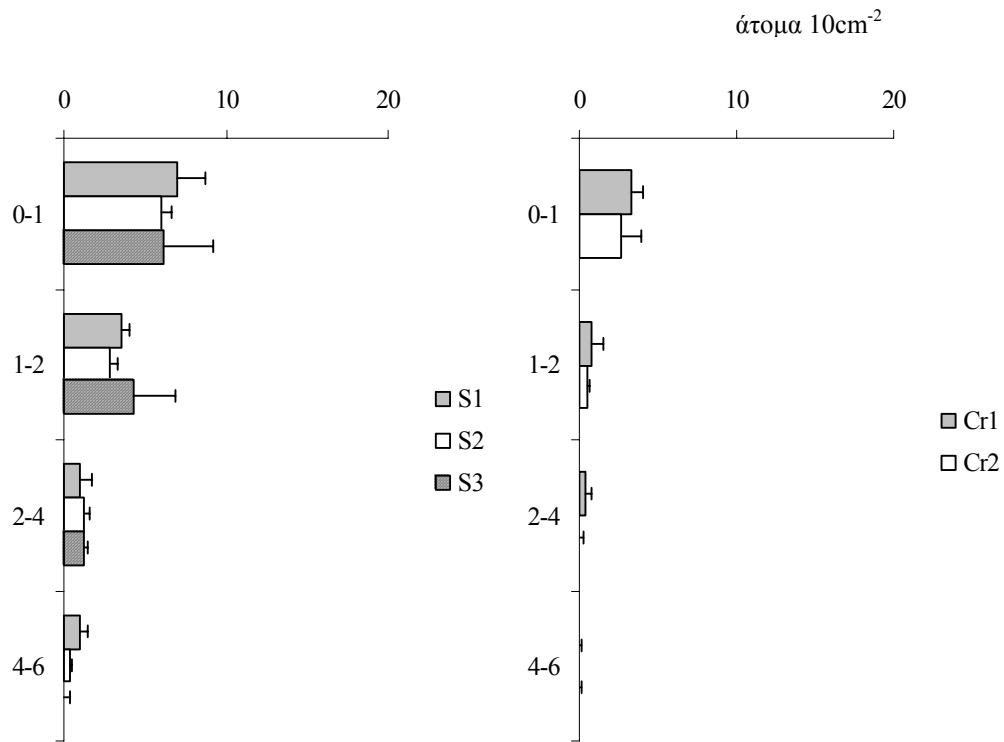
Η συνολική αφθονία των υπολοίπων ομάδων μειοβενθικών οργανισμών που καταμετρήθηκαν στους σταθμούς του Αιγαίου Πελάγους μειώνεται σε συνάρτηση με το βάθος στο ίζημα. Υψηλότερες αφθονίες (>80%) χαρακτηρίζουν το επιφανειακό στρώμα των 2 cm σε σχέση με τα βαθύτερα 2-4 και 4-6cm που φτάνουν μέχρι και το 100% του συνόλου των ατόμων, ενώ από

από το στρώμα των 4-6cm συχνά απουσιάζουν αντιπρόσωποι των υπολοίπων μειοβενθικών ομάδων.

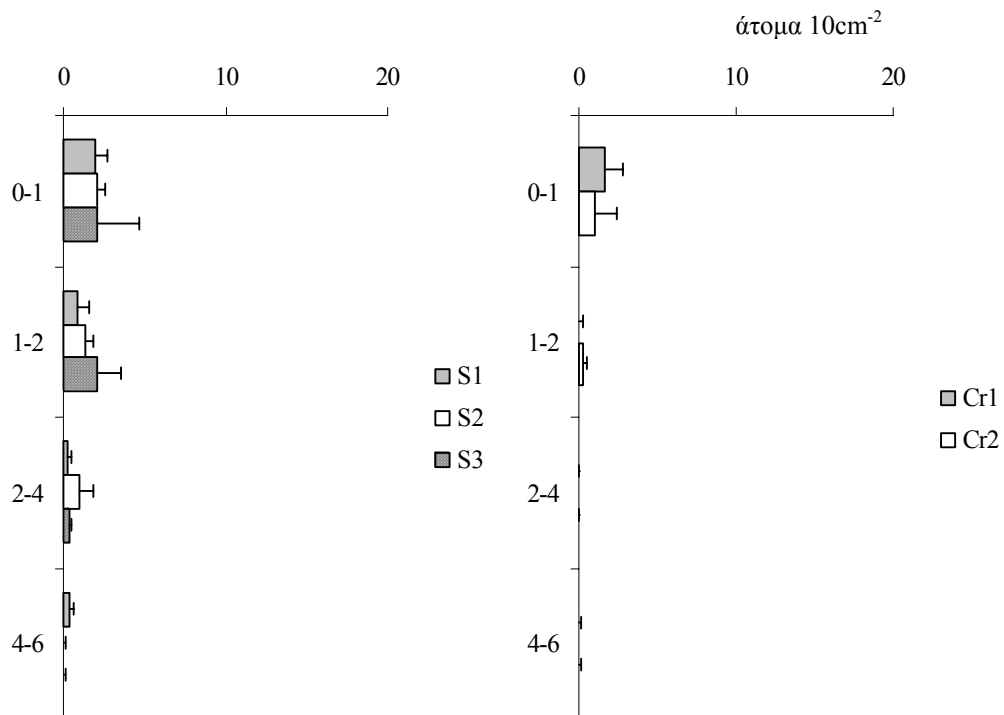


Σχήμα 3.1.12: Ποσοστιαία κατανομή των νηματωδών στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).

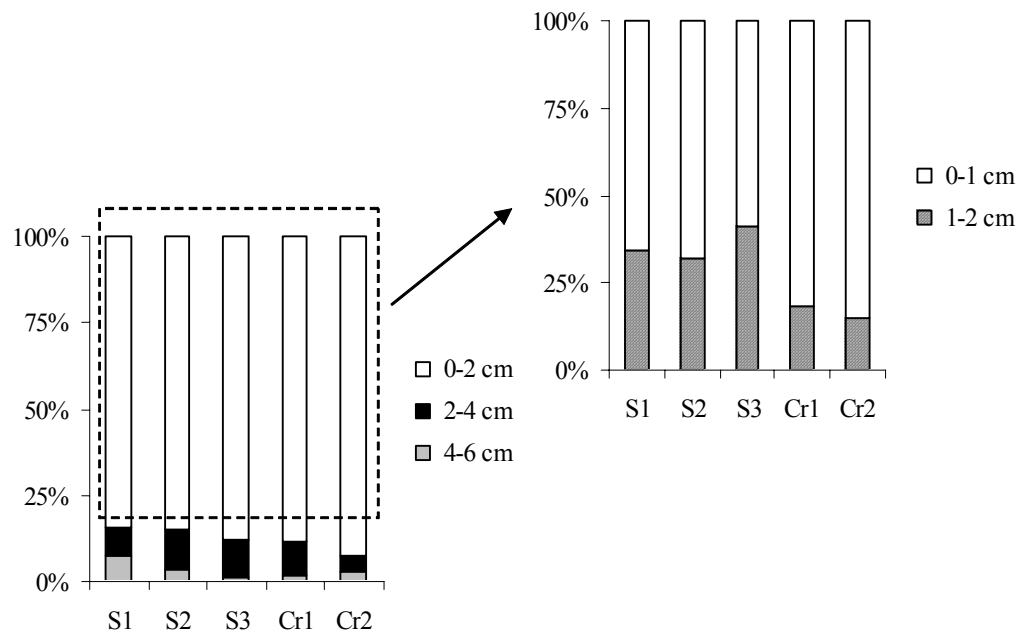
Τα παραπάνω ποσοστά αφορούν στο σύνολο των δευτερουσών μειοβενθικών ομάδων, δεδομένου ότι σε γενικές γραμμές τα επιμέρους πρότυπα κατακόρυφης κατανομής στο ίζημα διαφέρουν. Χαρακτηρίζονται όμως για όλες τις δευτερεύουσες μειοβενθικές ομάδες από πολύ μικρές αφθονίες ιδιαίτερα στα βαθύτερα στρώματα του ιζήματος, και γι αυτό το λόγο αντιμετωπίζονται συνολικά. Το επιφανειακό στρώμα 1 cm πάχους συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής αφθονίας των δευτερουσών μειοβενθικών ομάδων σε σχέση με τα βαθύτερα.



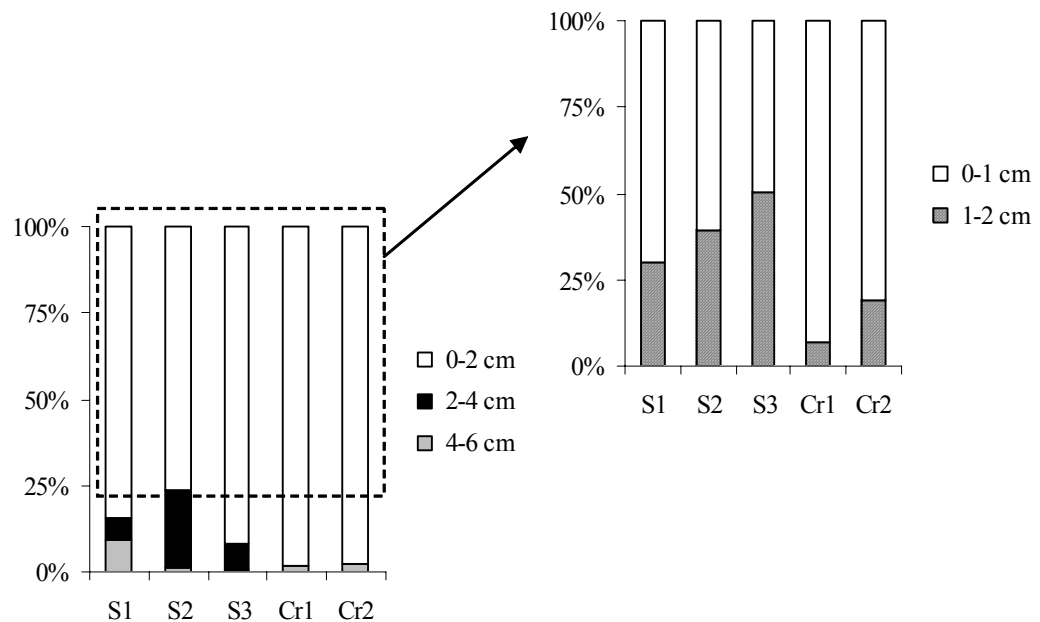
Σχήμα 3.1.13: Κατακόρυφη κατανομή των ενηλίκων κωπηπόδων (άτομα 10cm⁻²) στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).



Σχήμα 3.1.14: Κατακόρυφη κατανομή των ναυπλίων κωπηπόδων (άτομα 10cm⁻²) στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).



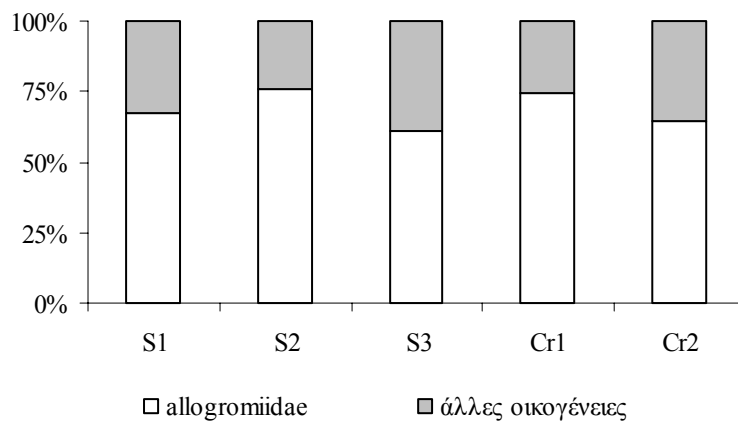
Σχήμα 3.1.15: Ποσοστιαία κατανομή των ενηλίκων κωπηπόδων στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).



Σχήμα 3.1.16: Ποσοστιαία κατανομή των ναυπλίων κωπηπόδων στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).

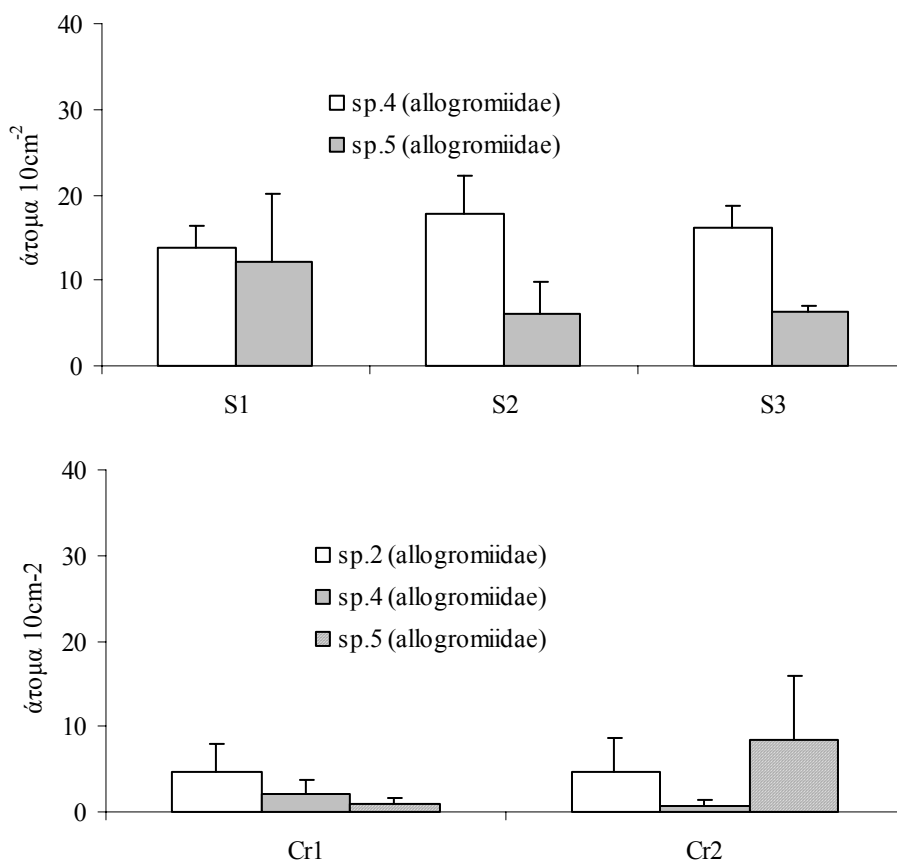
3.1.7 Δομή και ποικιλότητα της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων

Στους σταθμούς που αναλύθηκαν στη Λεκάνη των Σποράδων και στο Κρητικό Πέλαγος, καταμετρήθηκαν συνολικά 3271 άτομα τρηματοφόρων, από τα οποία προσδιορίστηκαν συνολικά 56 διαφορετικά είδη. Τόσο στις Σποράδες όσο και στο Κρητικό Πέλαγος, η βιοκοινωνία κυριαρχείται από είδη τρηματοφόρων της οικογένειας Allogromiidae (σε ποσοστό >60, μέχρι και 76% του συνόλου, σχ.3.1.17). Αν και από τα τρηματοφόρα της οικογένειας αυτής μόνο ένα είδος είναι γνωστό στη βιοβιβλιογραφία, το *Nodellum membranacea*, αν και για τα υπόλοιπα υπάρχουν απλώς περιγραφές. Για τις ανάγκες της διατριβής έχουν περιγραφεί τα διαφορετικά είδη ως *sp.1*, *sp.2*, κτλ, συνοδευόμενα και με αντίστοιχη φωτογραφία ενός ατόμου (Παράρτημα).



Σχήμα 3.1.17: Συμμετοχή των τρηματοφόρων της οικογένειας *allogromiidae* στο σύνολο της βιοκοινωνίας

Στη Λεκάνη των Σποράδων, τα πιο άφθονα είδη ήταν τα *sp.4* και *sp.5* (allogromiidae), με ποσοστά συμμετοχής αντίστοιχα 33-54% και 15-29%, και παρουσιάζοντας αφθονίες 14-18 και 6-12 άτομα 10cm^{-2} αντίστοιχα (Πίν. 3.1.2, σχ.3.1.18α). Στο Κρητικό Πέλαγος, στα πιο άφθονα είδη περιλαμβάνεται και το *sp.2* (allogromiidae), με ποσοστό συμμετοχής 19-36% (*sp.2*). Η συμμετοχή των *sp.4* και *sp.5* στο Κρητικό Πέλαγος είναι 3-17 και 8-34% αντίστοιχα. Η αφθονία του *sp.2* (allogromiidae) είναι 5 άτομα 10cm^{-2} , των δε *sp.4* και *sp.5* σημαντικά μικρότερη (αντίστοιχα 1-2 και 1-8 άτομα 10cm^{-2} , Mann Whitney, $p < 0.05$, Πίν. 3.1.3, σχ. 3.1.18β).



Σχήμα 3.1.18: Κατανομή των πιο άφθονων ειδών στους σταθμούς της Λεκάνης των Σποράδων και του Κρητικού Πελάγους

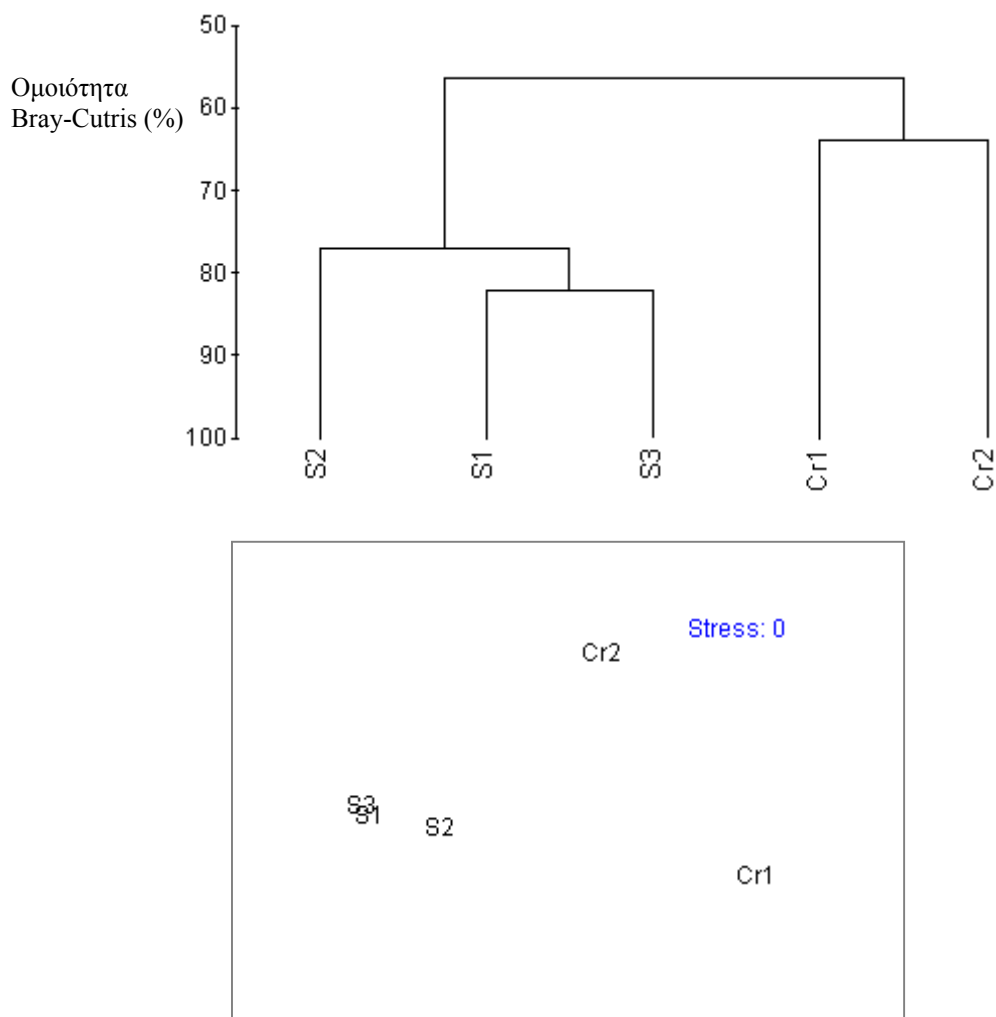
Πίνακας 3.1.2: Αφθονίες ειδών τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος (ανά 10cm⁻²) στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων)

| S1 | | S2 | | S3 | |
|----------------------------|----|----------------------------|----|--------------------------------|----|
| sp.4 (allogromiidae) | 14 | sp.4 (allogromiidae) | 18 | sp.4 (allogromiidae) | 16 |
| sp.5 (allogromiidae) | 12 | sp.5 (allogromiidae) | 6 | sp.5 (allogromiidae) | 6 |
| Nodellum membranacea | 2 | Bathysiphon aff. capillare | 1 | Nodellum membranacea | 3 |
| Saccorhiza sp. | 2 | Nodellum membranacea | 1 | Spirillina limbata | 2 |
| Melonis barleeanum | 1 | Saccorhiza sp | 1 | Bathysiphon aff. capillare | 2 |
| Haplophragmoides bradyi | 1 | Saccaminidae sp 3 | 1 | Haplophragmoides bradyi | 2 |
| Uvigerina mediterranea | 1 | Ammolagena clavata | 1 | Fissurina elliptica | 1 |
| Bathysiphon aff. capillare | 1 | | | Bathysiphon sp1 | 1 |
| Articulina tubulosa | 1 | | | Chilostomella mediterraneensis | 1 |
| Fissurina elliptica | 1 | | | Gyroidina orbicularis | 1 |
| Eponides repandus | 1 | | | Nodosaria sp2 | 1 |
| Saccaminidae sp 3 | 1 | | | | |
| Bathysiphon sp1 | 1 | | | | |
| Gyroidina orbicularis | 1 | | | | |

Πίνακας 3.1.3: Αφθονίες ειδών τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος (ανά 10cm⁻²) στη βαθύαλη ζώνη (Κρητικό Πέλαγος)

| Cr1 | | Cr2 | |
|------------------------|---|----------------------------|---|
| sp.2 (allogromiidae) | 5 | sp.5 (allogromiidae) | 8 |
| sp.4 (allogromiidae) | 2 | sp.2 (allogromiidae) | 5 |
| sp.3 (allogromiidae) | 1 | Ammolagena clavata | 2 |
| sp.5 (allogromiidae) | 1 | Nodellum membranacea | 2 |
| Bathysiphon sp1 | 1 | Bathysiphon sp1 | 1 |
| Adercotryma glomeratum | 1 | sp.4 (allogromiidae) | 1 |
| Nodellum membranacea | 1 | Bathysiphon aff. capillare | 1 |
| Ammolagena clavata | 1 | Haplophragmoides bradyi | 1 |
| | | Spirillina limbata | 1 |

Οι σταθμοί της Λεκάνης των Σποράδων και του Κρητικού Πελάγους αποτελούν ευκρινέστατα δύο διακριτές ομάδες (Σχ. 3.1.19α,β), με βάση τη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος. Οι σταθμοί των Σποράδων εμφανίζουν ομοιότητα σε ποσοστό 77%,

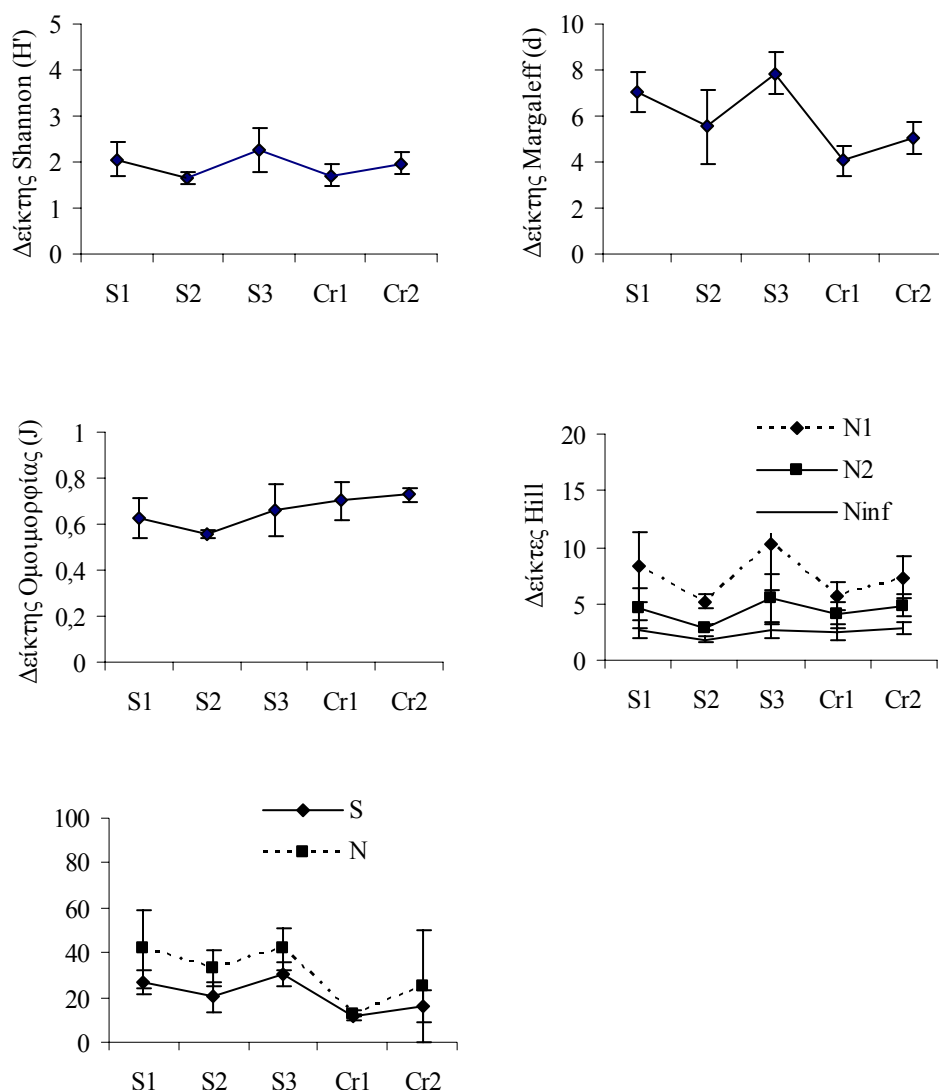


Σχήμα 3.1.19: Δενδρόγραμμα ομοιότητας (Bray-Curtis) και διάγραμμα MDS των σταθμών του Αιγαίου Πελάγους με βάση τη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος. (Μετασχηματισμός 4^{ης} ρίζας).

του δε Κρητικού Πελάγους 64%.

Όπως προέκυψε από την ανάλυση SIMPER που πραγματοποιήθηκε για την εύρεση της συμμετοχής του κάθε είδους από τα τρηματοφόρα στη συνολική ανομοιότητα του δείκτη Bray-Curtis μεταξύ των δύο ομάδων (σταθμοί Σποράδων και σταθμοί Κρητικού Πελάγους), τα είδη *sp.4*, *5* & *2*

(allogromiidae), *Nodellum mambranacea*, *Ammolagena clavata*, *Bathysiphon aff. capillare*, *Saccorhiza sp.* έχουν τη μεγαλύτερη συμμετοχή στο 90% του δείκτη ανομοιότητας Bray-Curtis (39,07%, 13,02%, 12,36%, 2,96%, 2,55% 2,46% 2,03% αντίστοιχα). Τα υπόλοιπα είδη συμμετέχουν κατά ποσοστό μικρότερο του 1%.



Σχήμα 3.1.20: Αριθμός ειδών και τιμές δεικτών ποικιλότητας των σταθμών του Αιγαίου Πελάγους με βάση τη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος.

Το σχήμα 3.1.20 παριστάνει τη διαβάθμιση των τιμών των διαφόρων δεικτών ποικιλότητας που μετρήθηκαν στους σταθμούς του Αιγαίου Πελάγους,

καθώς και του αριθμού ειδών και ατόμων. Στη λεκάνη των Σποράδων, ο αριθμός των ειδών τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος κυμαίνεται από 20-27 είδη, οι δε δείκτες Shannon, Margaleff, Ομοιομορφίας και Δείκτες Hill N1, N2, Ninf παίρνουν τιμές από 1,6-2,3, από 5,5-7,9, από 0,6-0,7 και από 5,2-10,3, από 2,9-5,5 και 1,8-2,7 αντίστοιχα.

Στο Κρητικό Πέλαγος, ο αριθμός των ειδών που καταμετρήθηκαν είναι 11-16 είδη, και οι δείκτες ποικιλότητας παίρνουν τιμές από 1,7-2 (Shannon), από 4,1-5,1 (Margaleff), 0,7 (Ομοιομορφίας), και από 5,6-7,3 (Hill N1), 4-4,8 (Hill N2), 2,5-2,8 (Hill Ninf).

Σε συνάρτηση με το βάθος του ιζήματος, παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στην κατακόρυφη κατανομή των διαφόρων ειδών τρηματοφόρων. Τα περισσότερα είδη απουσίαζαν από το βαθύτερο στρώμα ιζήματος που αναλύθηκε (4-6cm), ενώ κάποια περιορίστηκαν μόνο στο επιφανειακό (0-1cm) ή και υποεπιφανειακό (1-2cm) στρώμα. Στον πίνακα 3.1.4 δίδεται το μέσο βάθος διαβίωσης τρηματοφόρων (Average Living Depth) στους σταθμούς του Αιγαίου Πελάγους, για όλα τα είδη που προσδιορίστηκαν. Με βάση αυτό τον υπολογισμό, στη Λεκάνη των Σποράδων, κάποια είδη όπως τα *Ammolagena clavata*, *Brizalina spathulata*, *Cibicides lobatulus*, *Gyroidina altiformis*, *sp3* (Saccaminidae) περιορίζονται στο ανώτερο εκατοστό του ιζήματος, και άλλα όπως *sp4* & *sp5* (allogromiidae), *Bathysiphon aff. Capillare*, *Melonis barleeanum*, *Nodellum membranacea*, *Saccorhiza sp.* εμφανίζονται και στο υποεπιφανειακό (1-2cm) στρώμα. Είδη που εντοπίστηκαν στα βαθύτερα στρώματα του ιζήματος (2-4 και 4-6cm), ήταν τα *Adercotryma glomeratum*, *Bathysiphon sp1*, *Hyprammmina leavigata*, *Epistominella exigua*. Στο Κρητικό Πέλαγος, είδη όπως *sp1* (allogromiidae), *Ammolagena clavata*, *Articulina tubulosa*, *Eponides repandus*, *Reophax scorpiurus* έχουν μέσο βάθος εμφάνισης στο ανώτερο εκατοστό του ιζήματος. Είδη όπως *sp2*, *sp3*, *sp5* (allogromiidae), *Epistominella exigua*, *Gyroidina orbicularis* έχουν μέσο βάθος εμφάνισης στο στρώμα των 1-2cm. Άλλα είδη όπως *Biloculinella depressa*, *Bathysiphon sp1* εμφανίζονται κατά κανόνα στο βαθύτερο στρώμα των 4-6cm.

Πίνακας 3.1.4: Μέσο βάθος εμφάνισης ειδών τρηματοφόρων στο ίζημα (cm) στη βαθύαλη ζώνη (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό Πέλαγος).

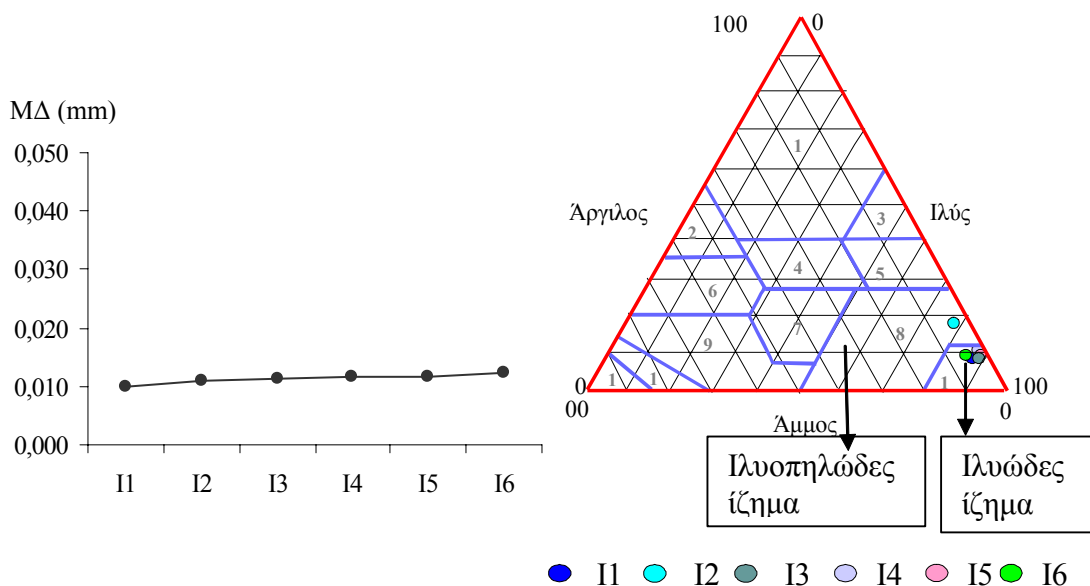
| | S1 | S2 | S3 | Cr1 | Cr2 |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| sp.1 (allogromiidae) | | | | | 0.5 |
| sp.2 (allogromiidae) | | | | 1.1 | 1.2 |
| sp.3 (allogromiidae) | | | | 1.3 | |
| sp.4 (allogromiidae) | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 4.2 | 2.6 |
| sp.5 (allogromiidae) | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.4 |
| Adercotryma glomeratum | 2.5 | 2.5 | | 0.5 | 1.5 |
| Ammolagena clavata | 0.9 | 0.9 | 1.1 | 0.5 | 0.6 |
| Articulina tubulosa | 1.1 | 1.1 | 0.5 | | 0.8 |
| Bathysiphon aff. capillare | 1.7 | 1.7 | 1.1 | 0.5 | 1.5 |
| Bathysiphon sp1 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 4.1 | 3.1 |
| Biloculinella depressa | 0.5 | 0.5 | 3.0 | 1.5 | 3.0 |
| Biloculinella labiata | | | 2.5 | | |
| Bolivina variabilis | 1.3 | 1.3 | 3.0 | | |
| Brizalina spathulata | 0.5 | 0.5 | 0.8 | | |
| Bulimina marginata | | | | | |
| Chilostomella mediterraneensis | 0.5 | 0.5 | 1.4 | | |
| Cibicides lobatulus | 0.5 | 0.5 | 0.5 | | |
| Dentalina consobrina | 1.2 | 1.2 | 3.0 | | |
| Dentalina filiformis | 0.5 | 0.5 | 1.5 | | |
| Discorbinella globularis | 0.9 | 0.9 | | | |
| Discorbis nitida | 1.5 | 1.5 | 0.5 | | |
| Epistominella exigua | 2.3 | 2.3 | 0.5 | | 1.8 |
| Eponides repandus | 1.0 | 1.0 | 1.7 | 0.5 | 1.0 |
| Fissurina elliptica | 0.9 | 0.9 | 1.2 | 3.0 | 1.2 |
| Fissurina lucida | | | | | 2.2 |
| Fissurina sp | 1.0 | 1.0 | 0.5 | | |
| Globobulimina sp | | | 0.8 | | |
| Glomospira charoides | 0.5 | 0.5 | 2.0 | | |
| Gyroidina altiformis | 0.5 | 0.5 | 0.8 | 0.5 | 1.5 |
| Gyroidina orbicularis | 0.7 | 0.7 | 1.4 | | 1.1 |
| Haplophragmoides bradyi | 0.8 | 0.8 | 1.3 | 3.3 | 1.3 |
| Hyalinonetrion gracillimum | | | 1.6 | | 0.5 |
| Hyperammia leavigata | 1.6 | 1.6 | 5.0 | | |
| Lagena hispidula | | | 0.5 | | |
| Lagena mollis | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | |
| Melonis barleeanum | 0.6 | 0.6 | 1.4 | 2.4 | 1.5 |
| Nodellum membranacea | 0.8 | 0.8 | 1.5 | 2.6 | 2.1 |
| Nodosaria sp1 | 0.8 | 0.8 | 1.6 | | 0.5 |
| Nodosaria sp2 | | | 1.5 | | |
| Orthomorphina calimorpha | 0.5 | 0.5 | 0.5 | | |
| Planorbulina mediterraneensis | 0.5 | 0.5 | | | |
| Pseudotriloculina laevigata | | | 0.5 | | |
| Pullenia quinqueloba | 0.8 | 0.8 | 0.8 | | 3.0 |
| Quinqueloculina padani | 1.6 | 1.6 | 1.2 | | 0.5 |
| Quinqueloculina leavigata | 0.8 | 0.8 | 1.1 | | |
| Quinqueloculina sp | 1.9 | 1.9 | 1.9 | | |
| Rectobolivina collumelaris | | | 2.5 | | |
| Reophax guttifer | 0.5 | 0.5 | 3.0 | 0.5 | |
| Reophax scorpiurus | 1.0 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Saccaminidae sp 2 | | | 0.5 | | 2.2 |
| Saccaminidae sp 3 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 3.0 | |
| Saccorhiza sp | 1.2 | 1.2 | 0.6 | | 0.5 |
| Spirillina limbata | 0.9 | 0.9 | 1.4 | 0.5 | 0.8 |
| Spiroloculina caniculata | 0.5 | 0.5 | 1.0 | | |
| Textularia truncata | 0.5 | 0.5 | | | |
| Uvigerina mediterranea | 1.0 | 1.0 | 1.7 | 0.5 | |

3.2 Ιόνιο Πέλαγος

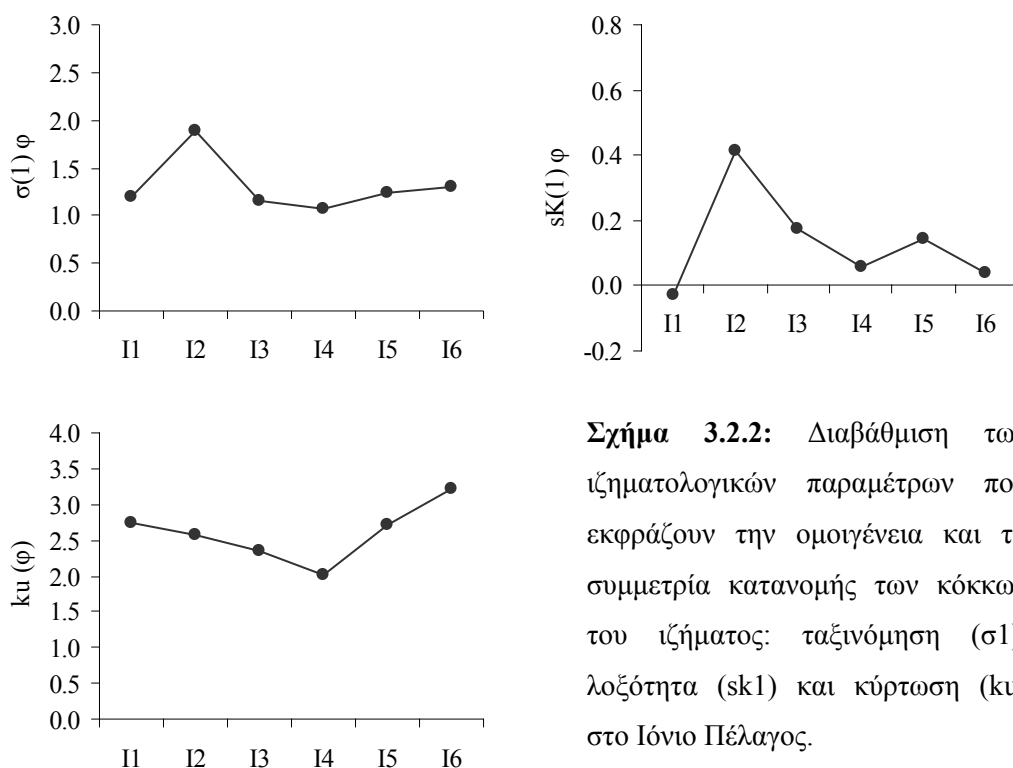
3.2.1 Ιζηματολογία

Τα επιφανειακά ιζήματα στους βαθύαλους σταθμούς του Ιονίου Πελάγους είναι λεπτόκοκκα, και αποτελούνται κυρίως από ιλύ και άργιλο (σε ποσοστό 94,94 έως 98,82% στους σταθμούς I6 και I3 αντίστοιχα). Η μέση τιμή του μεγέθους των κόκκων κυμαίνεται από 0,009mm στο ρηχότερο σταθμό I1 του Δυτικού Ιονίου έως 0,012mm στους σταθμούς I4, I5 & I6. Σε όλους τους σταθμούς, τα σωματίδια μεγέθους ιλύος αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό του ιζήματος (σχ. 3.2.1 α,β).

Τα επιφανειακά ιζήματα στο Ιόνιο Πέλαγος είναι ανομοιογενή και ασύμμετρα κατανεμημένα (σχ. 3.2.2). Η ταξινόμηση (sorting) των κόκκων είναι φτωχή (1,064 έως 1,879φ). Η λοξότητα είναι θετική έως έντονα θετική στους σταθμούς I2, I3 & I5 (0,144 έως 0,412φ) αλλά συμμετρική στους σταθμούς I1, I4 & I6 (-0,030 έως 0,059φ) ενώ η παράμετρος της κύρτωσης εμφανίζει απόκλιση από τη συμμετρία κατανομής σε επίπεδα μέχρι και εξαιρετικά λεπτόκυρτης στο σταθμό βαθύτερο σταθμό I6 του Ανατολικού Ιονίου (3,207φ).



Σχήμα 3.2.1: α. Διαβάθμιση της μέσης τιμής της διαμέτρου κόκκων του ιζήματος (ΜΔ), β. Χαρακτηρισμός των επιφανειακών ιζημάτων με το σύστημα τριγωνικής απεικόνισης των % αναλογιών άμμου-ιλύος-αργίλου στο Ιόνιο Πέλαγος



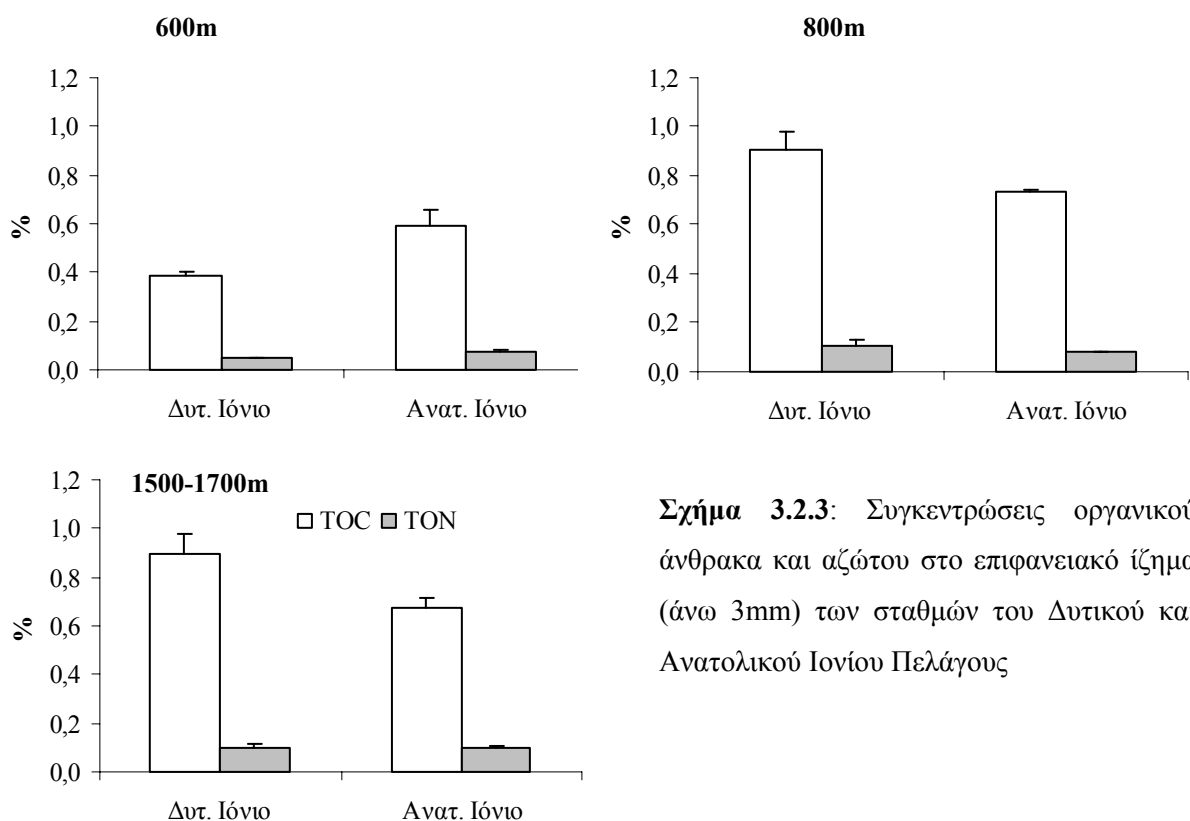
Σχήμα 3.2.2: Διαβάθμιση των ιζηματολογικών παραμέτρων που εκφράζουν την ομοιγένεια και τη συμμετρία κατανομής των κόκκων του ιζήματος: ταξινόμηση ($\sigma 1$), λοξότητα ($sk1$) και κύρτωση (ku) στο Ιόνιο Πέλαγος.

3.2.2 Χημεία ιζήματος

Οργανικός άνθρακας και άζωτο, χλωροφύλλη α και φαιοχρωστικές

Στους βαθύαλους σταθμούς που αναλύθηκαν στο Ιόνιο Πέλαγος, οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων μεταβάλλονται μεταξύ Δυτικού-Ανατολικού Ιονίου. Στο Δυτικό Ιόνιο, οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα και αζώτου στα άνω 3 χιλιοστά του ιζήματος κυμαίνονται από 0,386 (Στ. I1) έως 0,907% (Στ. I2) και από 0,046 (Στ. I1) έως 0,103% (Στ. I2) αντίστοιχα. Ο λόγος του οργανικού άνθρακα προς το άζωτο κυμαίνεται από 9,784 (Στ. I1) έως 10,925 (Στ. I3). Στο Ανατολικό Ιόνιο, οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα και αζώτου κυμαίνονται από 0,596 (Στ. I4) έως 0,739% (Στ. I5) και από 0,073 (Στ. I4) έως 0,095% (Στ. I6) αντίστοιχα. Ο λόγος οργανικού άνθρακα προς άζωτο κυμαίνεται από 9,533 (Στ. I4) έως 11,042 (Στ. I5).

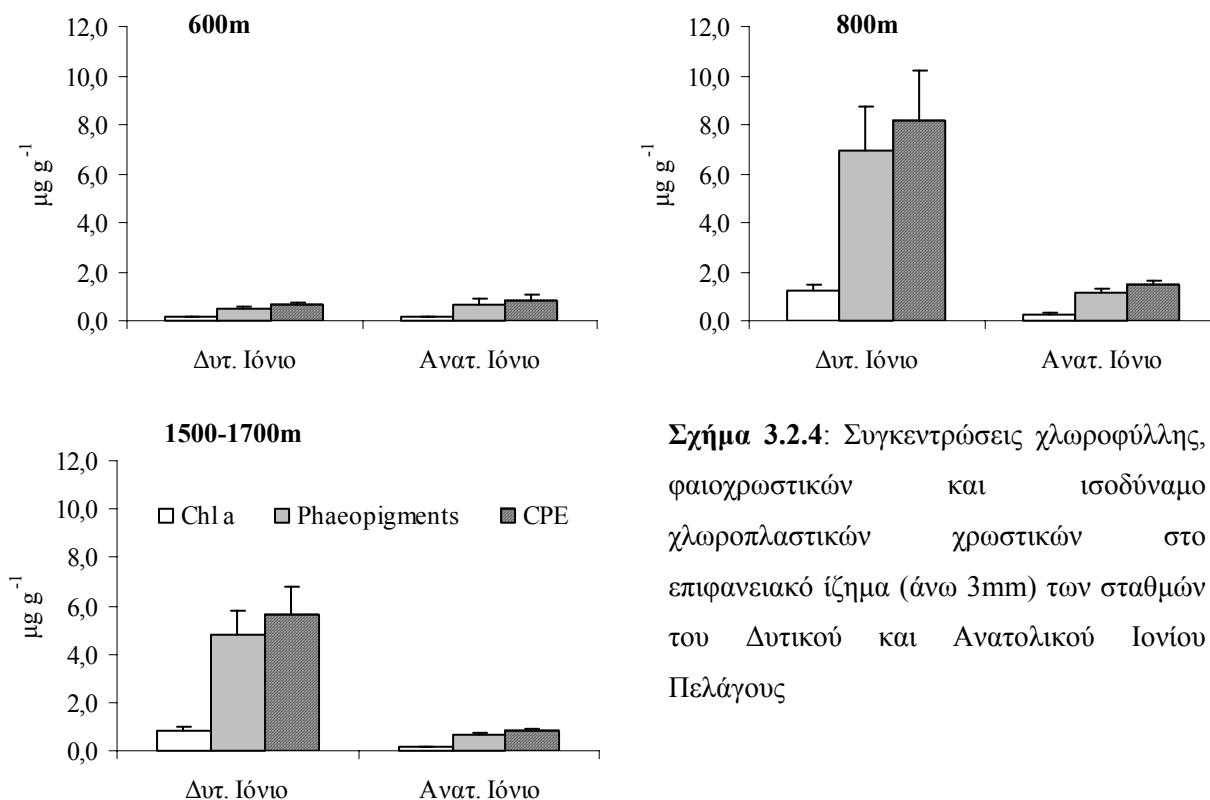
Στο Δυτικό Ιόνιο, οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης, φαιοχρωστικών και το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών στα άνω 3 χιλιοστά του ιζήματος κυμαίνονται από 0,145 έως 1,190, από 0,528 έως 6,933 και από 0,673 έως 8,123 $\mu\text{g g}^{-1}$ αντίστοιχα, με τις χαμηλότερες τιμές να σημειώνονται στο σταθμό των 582m (Στ. 11), και τις υψηλότερες στο σταθμό των 776m (Στ. 12). Στο Ανατολικό Ιόνιο, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης κυμαίνεται από 0,125 στο σταθμό των 600m (Στ. 14) έως 0,278 $\mu\text{g g}^{-1}$ στο σταθμό των 800m (Στ. 15), η δε συγκέντρωση των φαιοχρωστικών και το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών από 0,659 έως 1,183 $\mu\text{g g}^{-1}$ και από 0,790 έως 1,461 $\mu\text{g g}^{-1}$, με τη χαμηλότερη τιμή στο σταθμό των 1735m (Στ. 16), και τη μεγαλύτερη στο σταθμό των 800m (Στ. 15). Ο λόγος χλωροφύλλης/CPE κυμαίνεται από 0,144 (Στ. 13) έως 0,217 (Στ. 0,217) και από 0,155 (Στ. 14) έως 0,190 (Στ. 15) στο Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο αντίστοιχα.



Σχήμα 3.2.3: Συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα και αζώτου στο επιφανειακό ίζημα (άνω 3mm) των σταθμών του Δυτικού και Ανατολικού Ιονίου Πελάγους

Μεταξύ Δυτικού – Ανατολικού Ιονίου και συγκρινόμενοι οι σταθμοί ανά αντίστοιχα βάθη, παρατηρούνται τα εξής: στο βάθος των 600m (Στ. 11,14), οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα και αζώτου κυμαίνονται αντίστοιχα από 0,386 (Δυτικό) έως 0,596% (Ανατολικό) και από 0,046 (Δυτικό) έως 0,073%

(Ανατολικό, σχ. 3.2.3α). Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης *a* δεν μεταβάλλεται μεταξύ Δυτικού-Ανατολικού Ιονίου ($0,125-0,145 \mu\text{g g}^{-1}$), η δε συγκέντρωση των φαιοχρωστικών και το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών κυμαίνονται από $0,528$ έως $0,681$ (Δυτικό) και από $0,673$ έως $0,806 \mu\text{g g}^{-1}$ (Ανατολικό) αντίστοιχα (σχ. 3.2.4α).



Σχήμα 3.2.4: Συγκεντρώσεις χλωροφύλλης, φαιοχρωστικών και ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών στο επιφανειακό ίζημα (άνω 3mm) των σταθμών του Δυτικού και Ανατολικού Ιονίου Πελάγους

Μεταξύ των σταθμών των 800m (Στ. I2,I5), οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα και αζώτου κυμαίνονται αντίστοιχα από $0,739$ (Ανατολικό) έως $0,907\%$ (Δυτικό) και από $0,078$ (Ανατολικό) έως $0,103\%$ (Δυτικό, σχ. 3.2.3β). Οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης *a* και των φαιοχρωστικών καθώς και το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών είναι μεγαλύτερες στο Δυτικό Ιόνιο ($1,190 \mu\text{g g}^{-1}$, $6,933$ και $8,123 \mu\text{g g}^{-1}$ αντίστοιχα, έναντι $0,278 \mu\text{g g}^{-1}$, $1,183$ και $1,461 \mu\text{g g}^{-1}$ στα ανατολικά, σχ. 3.2.4β).

Μεταξύ των σταθμών 1500-1700m (Στ. I3,I6), οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα και αζώτου κυμαίνονται αντίστοιχα από $0,673$ (Ανατολικό) έως $0,896\%$ (Δυτικό) και από $0,095$ (Ανατολικό) έως $0,098\%$ (Δυτικό, σχ. 3.2.3γ). Οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης *a* και των φαιοχρωστικών και το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών είναι μεγαλύτερες στο Δυτικό Ιόνιο

(0,814 $\mu\text{g g}^{-1}$ 4,839 και 5,652 $\mu\text{g g}^{-1}$ αντίστοιχα, έναντι των 0,131 $\mu\text{g g}^{-1}$ 0,659 και 0,790 $\mu\text{g g}^{-1}$ στα ανατολικά, σχ. 3.2.4γ).

3.2.3 Σύνθεση και κατανομή ολικού μειοβένθους στο Ιόνιο Πέλαγος

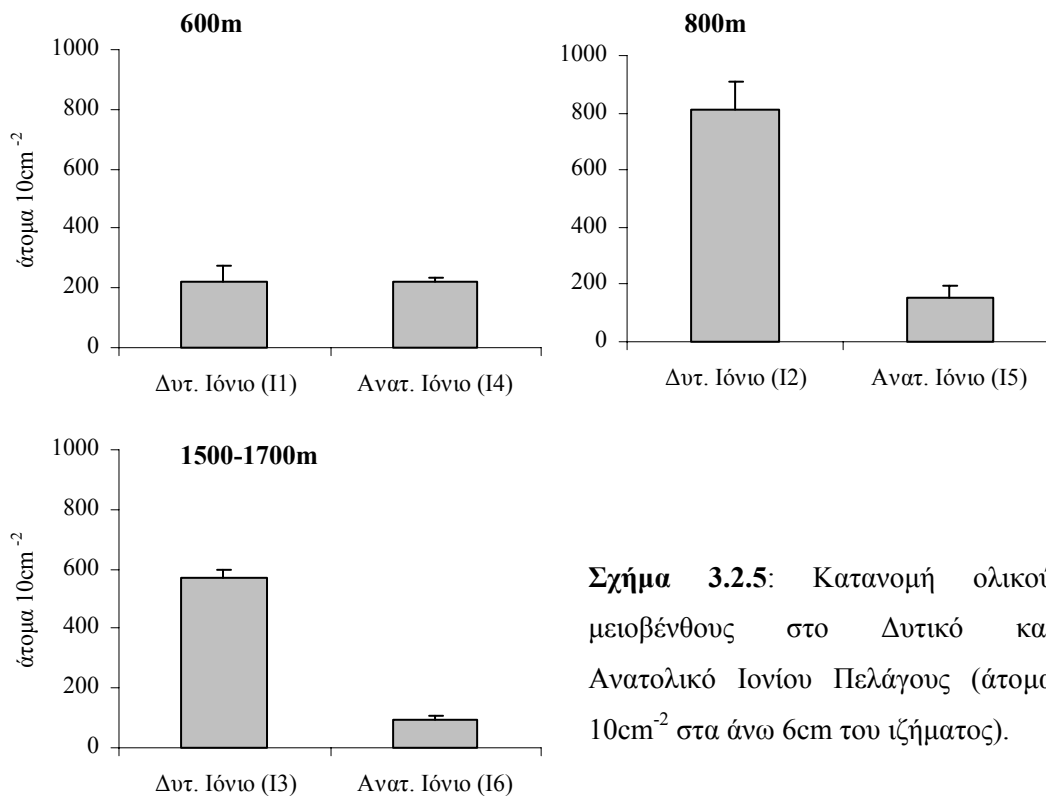
Στους βαθύαλους σταθμούς που μελετήθηκαν στο Δυτικό και στο Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος, η ολική αφθονία στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος κυμαίνεται από 92,85 στο σταθμό I6 έως 809,84 άτομα 10cm^{-2} , στο σταθμό I2 (Πιν. 3.2.1).

Πίνακας 3.2.1: Αφθονίες ομάδων μειοβένθους στα άνω 6cm του ιζήματος στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος).

| | | I1 | I2 | I3 | I4 | I5 | I6 |
|---------------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| τρηματοφόρα | άτομα 10cm^{-2} | 37,31 | 76,92 | 58,79 | 23,68 | 11,63 | 18,02 |
| | τ.σ. | 5,35 | 33,03 | 20,01 | 7,68 | 4,89 | 3,23 |
| νηματοδίδεις | άτομα 10cm^{-2} | 153,42 | 625,83 | 467,80 | 167,46 | 113,49 | 65,81 |
| | τ.σ. | 54,89 | 64,09 | 11,56 | 18,42 | 41,35 | 10,70 |
| κωπήποδα | άτομα 10cm^{-2} | 8,80 | 45,48 | 9,75 | 11,11 | 11,95 | 3,98 |
| | τ.σ. | 3,27 | 8,67 | 1,33 | 5,08 | 0,00 | 2,54 |
| ναύπλιοι κωπηπόδων | άτομα 10cm^{-2} | 4,19 | 16,98 | 8,80 | 3,14 | 1,57 | 0,42 |
| | τ.σ. | 2,38 | 6,06 | 2,67 | 1,89 | 0,44 | 0,36 |
| στροβιλιστικοί | άτομα 10cm^{-2} | 2,93 | 3,98 | 5,03 | 0,63 | 1,57 | 0,63 |
| | τ.σ. | 2,90 | 2,21 | 0,00 | 0,63 | 0,44 | 0,63 |
| πολύχαιτοι | άτομα 10cm^{-2} | 3,35 | 11,74 | 4,40 | 6,08 | 4,72 | 1,05 |
| | τ.σ. | 0,96 | 2,02 | 0,89 | 1,31 | 1,33 | 1,31 |
| κινόρυγχα | άτομα 10cm^{-2} | 1,26 | 3,35 | 0,31 | 0,42 | 0,31 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,63 | 0,73 | 0,44 | 0,36 | 0,44 | 0,00 |
| γαστρούτριχα | άτομα 10cm^{-2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| νημερτίνοι | άτομα 10cm^{-2} | 0,00 | 0,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| ολιγόχαιτοι | άτομα 10cm^{-2} | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| δίθυρα μαλάκια | άτομα 10cm^{-2} | 0,84 | 0,84 | 0,31 | 0,21 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,73 | 0,96 | 0,44 | 0,36 | 0,00 | 0,00 |
| οστρακόδη | άτομα 10cm^{-2} | 0,63 | 4,61 | 0,94 | 1,89 | 0,63 | 0,00 |
| | τ.σ. | 1,09 | 0,36 | 1,33 | 2,18 | 0,89 | 0,00 |
| γαστερόποδα μαλάκια | άτομα 10cm^{-2} | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| διάφορα | άτομα 10cm^{-2} | 7,13 | 19,07 | 12,26 | 3,77 | 5,66 | 2,93 |
| | τ.σ. | 2,54 | 1,92 | 1,33 | 1,26 | 6,22 | 2,62 |
| ολικό μειοβένθος | άτομα 10cm^{-2} | 219,86 | 809,84 | 568,40 | 218,39 | 151,53 | 92,85 |
| | τ.σ. | 56,44 | 102,49 | 28,45 | 17,96 | 41,79 | 16,41 |

Στο Δυτικό Ιόνιο, η ολική αφθονία είναι μέγιστη στο σταθμό των 776m (Στ. I2, 809,84 άτομα 10cm^{-2}) και ελάχιστη στο σταθμό των 582m (Στ. I1,

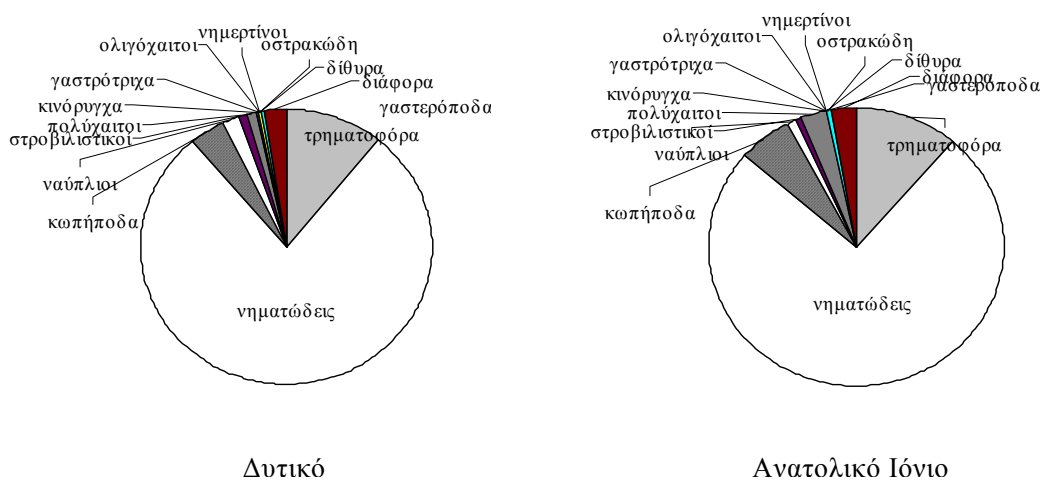
219,86 άτομα 10cm^{-2}). Στο Ανατολικό, η αφθονία είναι μέγιστη στο σταθμό των 600m (Στ. I4, 218,39 άτομα 10cm^{-2}) και ελάχιστη στο βαθύτερο σταθμό των 1735m (Στ. I6, 92,85 άτομα 10cm^{-2}). Συγκρίνοντας τους σταθμούς ανά βάθος, παρατηρείται όμοια αφθονία μεταξύ των σταθμών 600m (219,12 άτομα 10cm^{-2} κατά μ.ο., σχ. 3.2.5), αλλά σημαντικά μεγαλύτερη (t-test, $p < 0,01$) τιμή στα δυτικά για τα ζεύγη σταθμών των 800 και 1500-1700m (809,84 έναντι 151,53 άτομα 10cm^{-2} και 568,40 έναντι 92,85 άτομα 10cm^{-2} αντίστοιχα, σχ. 3.2.5).



Σχήμα 3.2.5: Κατανομή ολικού μειοβένθους στο Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πελάγους (άτομα 10cm^{-2} στα άνω 6cm του ιζήματος).

Τόσο στο Δυτικό όσο και στο Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος, τα τρηματοφόρα αποτελούν από άποψη αφθονίας τη δεύτερη πιο σημαντική μειοβενθική ομάδα μετά τους νηματώδεις (σχ. 3.2.6), και αποτελούν το 9,50 -16,97% (στο Δυτικό) και το 7,68 - 19,41% (στο Ανατολικό). Οι νηματώδεις συνιστούν το 69,78 - 82,30% (στο Δυτικό) και το 70,88-76,68% (στο Ανατολικό). Τα ενήλικα άτομα των αρπακτικοειδών κωπηπόδων αποτελούν την τρίτη σε σειρά αφθονίας ομάδα (1,71-5,62% στο Δυτικό και 4,29-7,88% στο Ανατολικό), και ακολουθούν οι ναύπλιοι (1,55-2,10% στο Δυτικό και 0,45-1,44% στο Ανατολικό), οι πολύχαιτοι (0,77-1,53 στο Δυτικό και 1,13-3,11% στο Ανατολικό), οι στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες (0,49-1,33% στο Δυτικό και 0,29-1,04% στο Ανατολικό) και

άλλες δευτερεύουσες ομάδες σε πολύ μικρότερη σχετική αφθονία. Ειδικά στο Ανατολικό Ιόνιο, οι πολύχαιτοι υπερτερούν κατά μ.ο. έναντι των ναυπλίων.



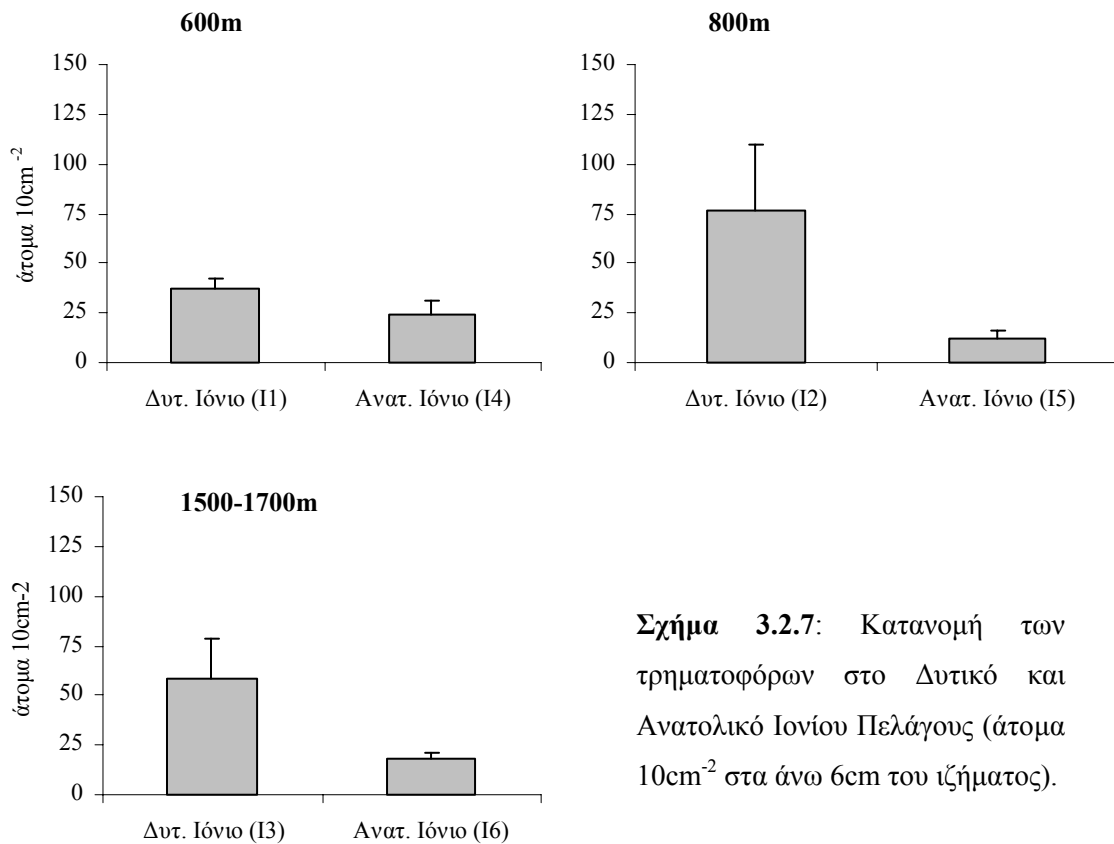
Σχήμα 3.2.6: Σύνθεση μειοβένθους στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος).

3.2.4 Οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των τρηματοφόρων

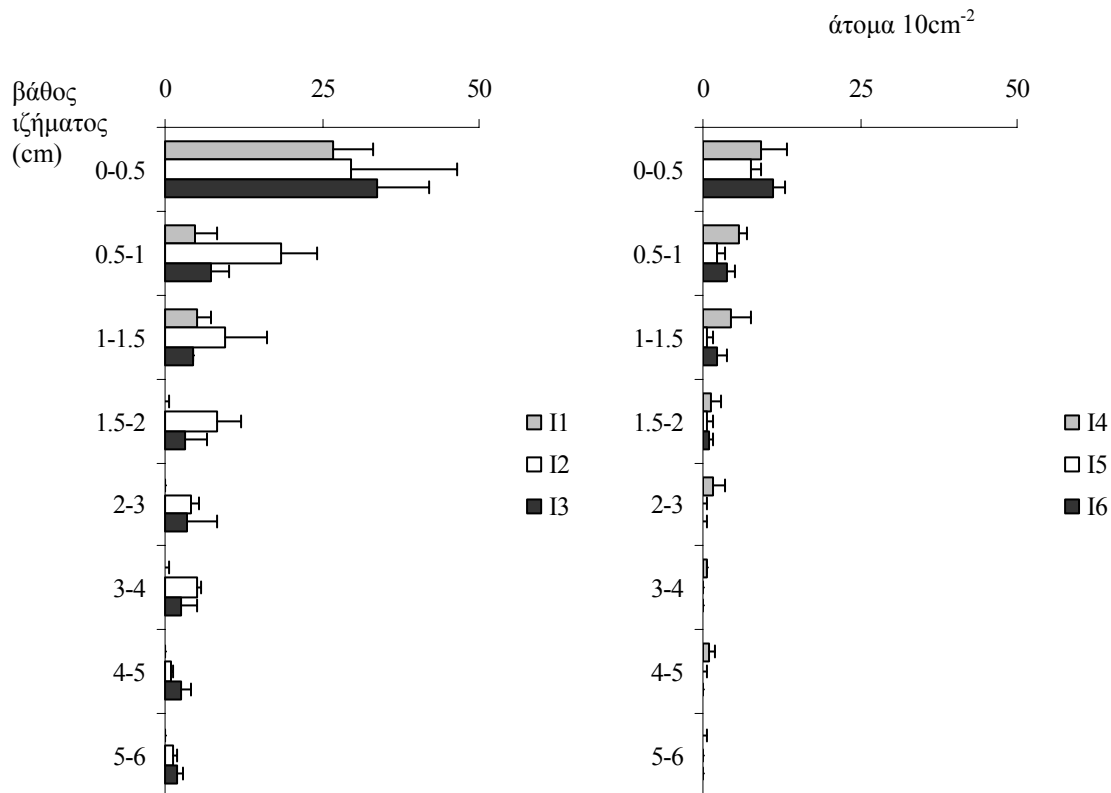
Στο Ιόνιο Πέλαγος, η αφθονία των τρηματοφόρων στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας (Kruskal Wallis, $p < 0,05$), από 11,63 άτομα 10cm^{-2} στο σταθμό των I5 έως 76,92 άτομα 10cm^{-2} στο σταθμό I2 (Πιν. 3.2.1). Στο Δυτικό Ιόνιο, η αφθονία των τρηματοφόρων κυμαίνεται από 37,31 έως 76,92 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς I1 και I2 αντίστοιχα, στο δε Ανατολικό Ιόνιο, από 11,63 έως 23,68 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς I5 και I4. Συγκρινόμενοι οι σταθμοί ανά βάθος, παρατηρείται σημαντική διαφορά στην αφθονία των τρηματοφόρων μεταξύ Δυτικού και Ανατολικού Ιονίου για τους σταθμούς των 800m και των 1500-1700m (t-test, $p < 0,05$), με τη μεγαλύτερη τιμή στα δυτικά (76,92 έναντι 11,63 και 58,79 έναντι 18,02 άτομα 10cm^{-2} αντίστοιχα, σχήμα 3.2.7).

Σε συνάρτηση με το βάθος του ιζήματος, η αφθονία των τρηματοφόρων ελαττώνεται προς τα βαθύτερα στρώματα (σχ. 3.2.8). Το 82-99% των ατόμων συγκεντρώνεται στα άνω 2 cm του ιζήματος, ενώ μόλις το 1-12% και το 0-7% στα βαθύτερα στρώματα των 2-4 και 4-6 cm αντίστοιχα. Μέσα στο αφθονότερο επιφανειακό στρώμα, και εξετάζοντάς το σε επιμέρους στρώματα πάχους μισού

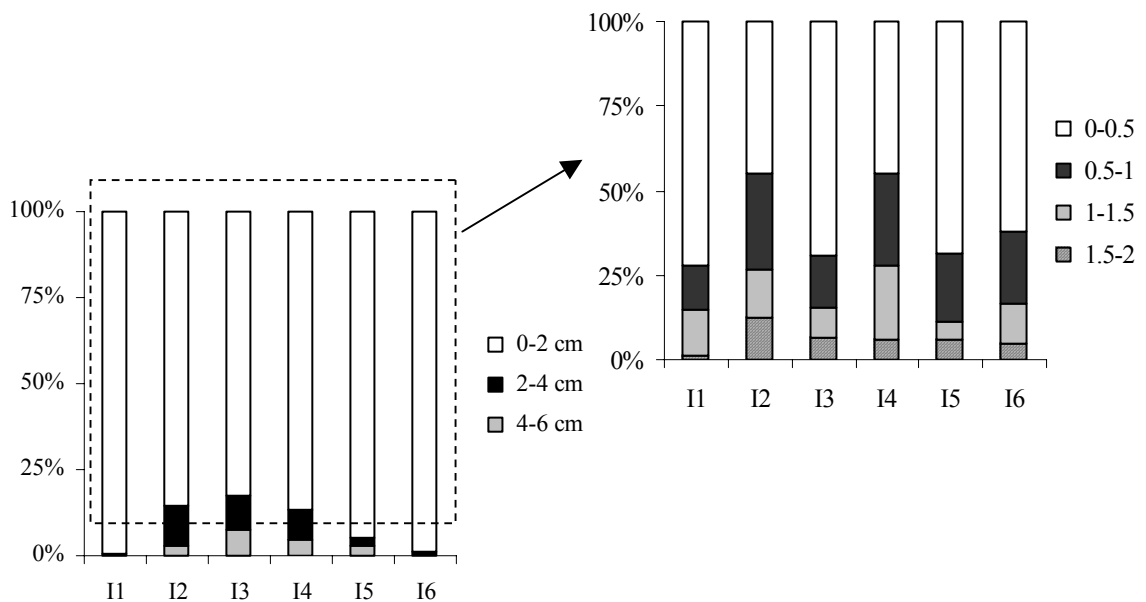
εκατοστού, διαπιστώνουμε πως το 39-72% των ατόμων συγκεντρώνεται στο ανώτερο μισό εκατοστό του ιζήματος, και το 12-24%, 5-19% και 1-11% στα επόμενα (σχ.3.2.9).



Σχήμα 3.2.7: Κατανομή των τριματοφόρων στο Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πελάγους (άτομα 10cm^{-2} στα άνω 6cm του ιζήματος).



Σχήμα 3.2.8: Κατακόρυφη κατανομή των τριματοφόρων (άτομα 10cm^{-2}) στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πελάγος).

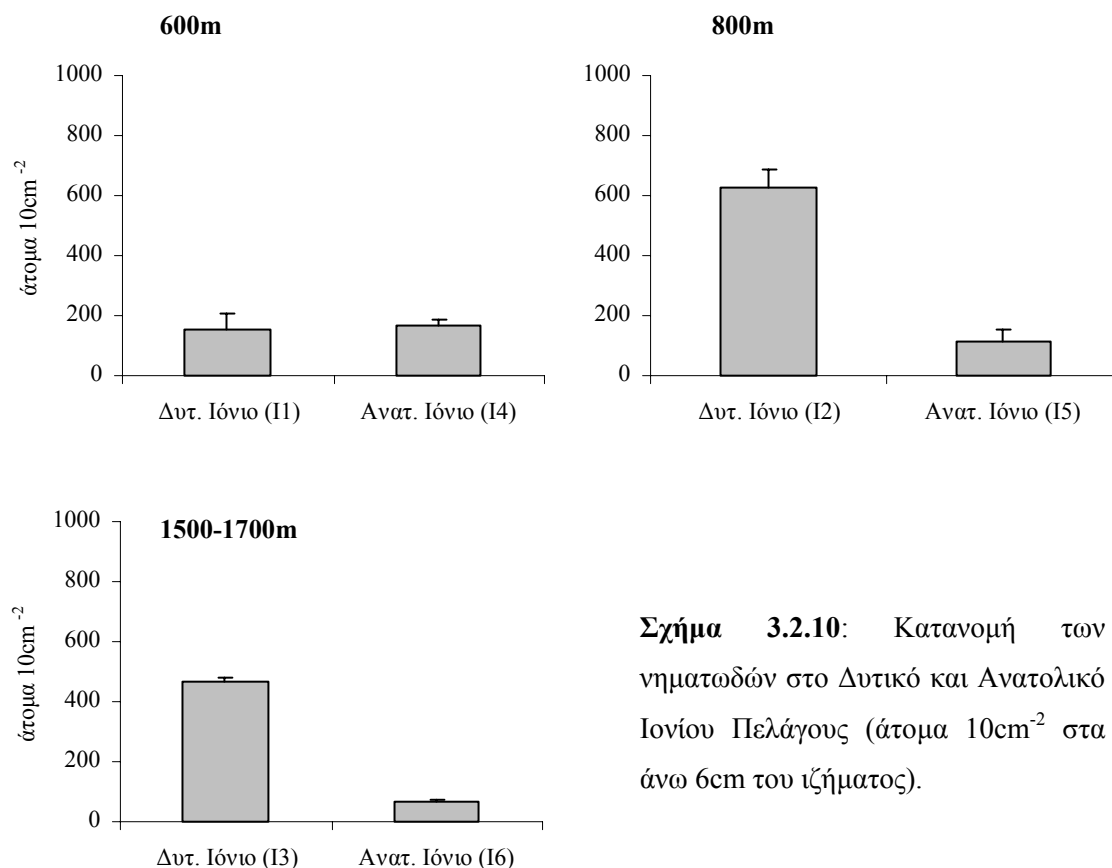


Σχήμα 3.2.9: Ποσοστιαία κατανομή των τριματοφόρων στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος).

3.2.5 Οριζόντια κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων

Νηματώδεις

Στο Ιόνιο Πέλαγος, η αφθονία των νηματωδών στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ των σταθμών (Kruskal Wallis, $p < 0,05$) και κυμαίνεται από 65,81 έως 625,83 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς I6 και I2 αντίστοιχα (Πιν. 3.2.1). Η αφθονία των νηματωδών μεταξύ των σταθμών του Δυτικού Ιονίου κυμαίνεται από 153,42 έως 625,83 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς I1 και I2 αντίστοιχα, στο δε Ανατολικό από 65,81 έως 167,46 στους σταθμούς I6 και I4. Σημαντικά μεγαλύτερη είναι η αφθονία στα δυτικούς σταθμούς των 800 και 1500-1700m σε σχέση με τους αντίστοιχους (ίδιου βάθους) ανατολικούς (t-test, $p < 0,05$), 625,83 έναντι 113,49 άτομα 10cm^{-2} στα 800m και 467,80 έναντι 65,81 άτομα 10cm^{-2} στα 1500-1700m βάθος (σχ. 3.2.10).

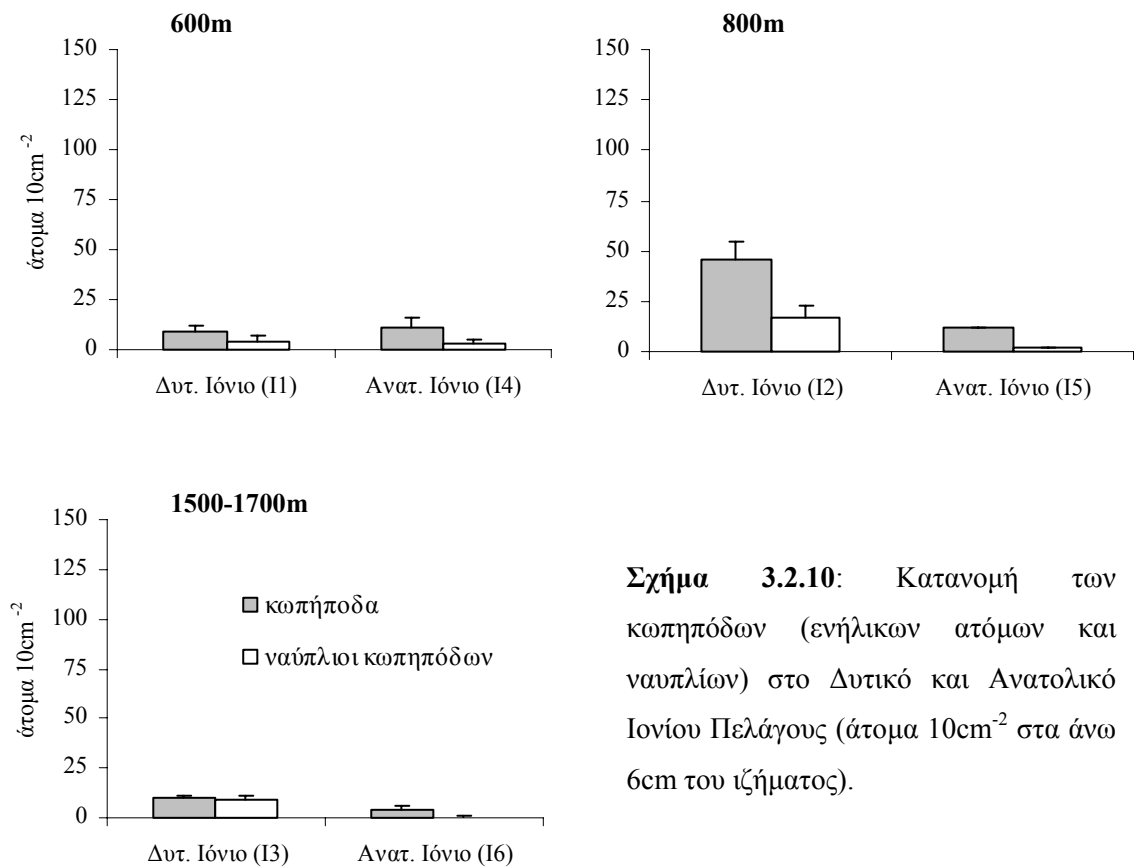


Σχήμα 3.2.10: Κατανομή των νηματωδών στο Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιου Πελάγους (άτομα 10cm⁻² στα άνω 6cm του ιζήματος).

Κωπήποδα και ναύπλιοι κωπηπόδων

Η αφθονία των κωπηπόδων στους βαθύαλους σταθμούς του Ιονίου Πελάγους κυμαίνεται από 3,98 έως 45,48 άτομα 10cm⁻², των δε ναυπλίων από 0,42 έως 16,98 άτομα 10cm⁻² (Kruskal Wallis, $p < 0,05$) στους σταθμούς I6 και I2 αντίστοιχα (Πίν. 3.2.1). Στο Δυτικό Ιόνιο, οι αφθονίες των ενήλικων κωπηπόδων και των ναυπλίων μεταβάλλονται αντίστοιχα από 8,80 (Στ. I1) έως 45,48 άτομα 10cm⁻² (Στ. I2) και από 4,19 (Στ. I1) έως 16,98 άτομα 10cm⁻² (Στ. I2). Στο Ανατολικό, οι αντίστοιχες αφθονίες μεταβάλλονται από 3,98 (Στ. I6) έως 11,95 άτομα 10cm⁻² (Στ. I5) και από 0,42 (Στ. I6) έως 3,14 άτομα 10cm⁻² (Στ. I4). Συγκρίνοντας τους σταθμούς ανά βάθος (σχ. Xχ) σημαντικά μεγαλύτερη (t-test, $p < 0,01$), είναι η αφθονία των ενήλικων κωπηπόδων στο δυτικό σταθμό των 800m σε σχέση με τον αντίστοιχο ανατολικό (45,48 έναντι 11,95 άτομα 10cm⁻²) καθώς και των ναυπλίων (t-test, $p < 0,01$) στους δυτικούς σταθμούς των 800 και

1500-1700m (16,98 έναντι 1,57 άτομα 10cm^{-2} στα 800m και 8,80 έναντι 0,42 άτομα 10cm^{-2} στα 1500-1700m).



Σχήμα 3.2.10: Κατανομή των κωπηπόδων (ενήλικων ατόμων και ναυπλίων) στο Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πελάγους (άτομα 10cm^{-2} στα άνω 6cm του ιζήματος).

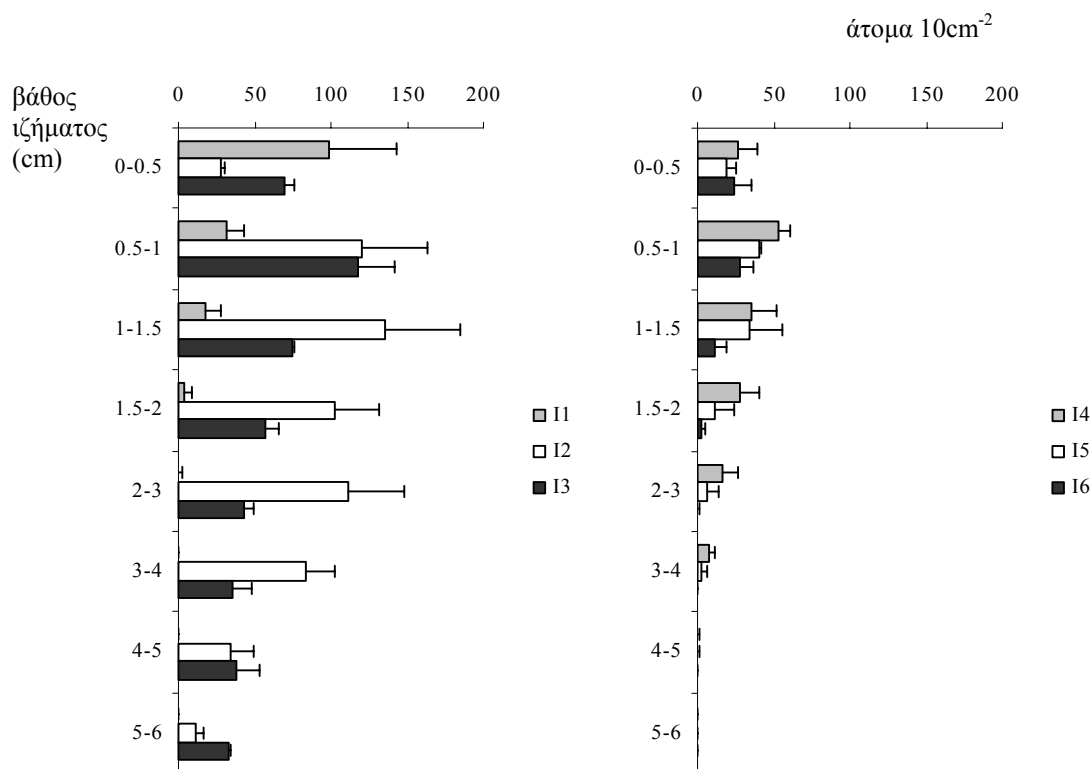
Πολύχαιτοι, στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες και άλλες μειοβενθικές ομάδες

Η αφθονία των πολυχαιτών μεταβάλλεται από 1,05 έως 11,74 άτομα 10cm^{-2} (Kruskal Wallis, $p < 0,05$) στους σταθμούς I6 και I2 αντίστοιχα. Η αφθονία των στροβιλιστικών πλατυελμίνθων κυμαίνεται από 0,63 έως 5,03 στους σταθμούς I4 & I6 και I3 αντίστοιχα (Πίν. Ψψ). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα κινόρυγα και τα οστρακώδη, οι αφθονίες των οποίων στους άλλους σταθμούς της βαθύαλης ζώνης (Λεκάνη Σποράδων και Κρητικό) δεν ξεπέρασαν τα 1,5 άτομα 10cm^{-2} , στο σταθμό των 800m στο Δυτικό Ιόνιο (όπου παρατηρήθηκαν και οι μέγιστες αφθονίες των άλλων ομάδων), σημείωσαν αφθονίες 3,35 και 4,61 άτομα 10cm^{-2} αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες μειοβενθικές ομάδες, όπως και στις άλλες περιοχές που μελετήθηκαν στη βαθύαλη ζώνη, παρουσίασαν πολύ μικρές τιμές αφθονίας.

3.2.6 Κατακόρυφη κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων

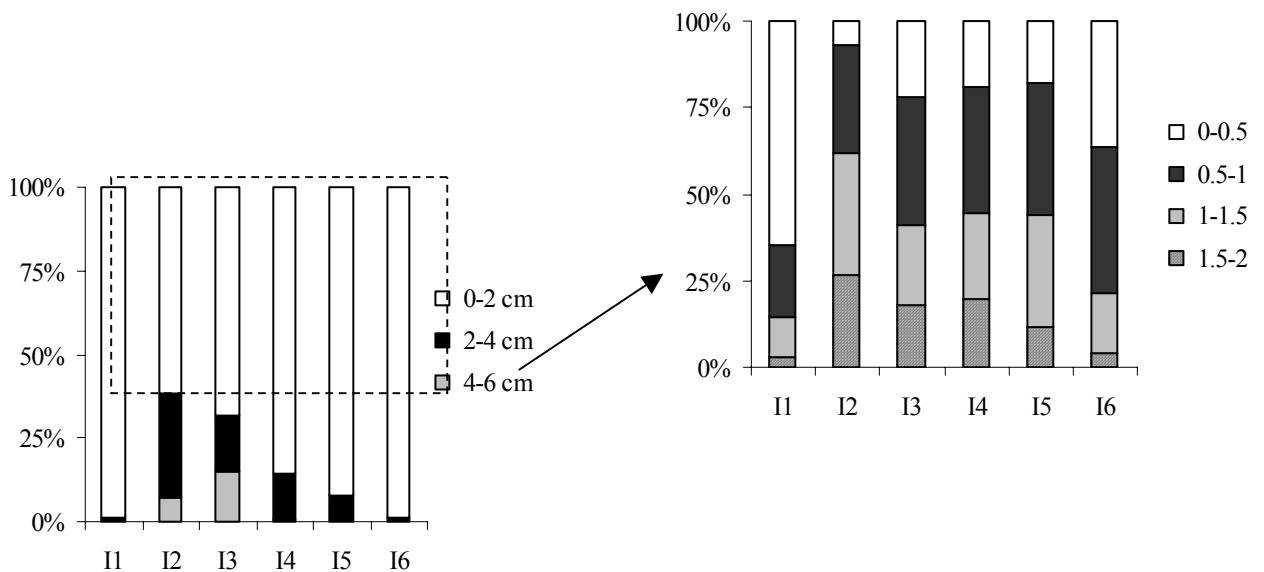
Νηματώδεις

Στους βαθύαλους σταθμούς του Ιονίου Πελάγους, η αφθονία των νηματωδών μειώνεται σε σχέση με το βάθος του ιζήματος (σχ. 3.2.12). Στα άνω 2cm του ιζήματος συγκεντρώνεται το 62-99% των ατόμων, ενώ το 1-31% και το 0-7% αντίστοιχα στα βαθύτερα στρώματα των 2-4 και 4-6 cm. Μεταξύ των επιμέρους επιφανειακών στρωμάτων πάχους μισού εκατοστού, η κατανομή των νηματωδών διαφοροποιείται μεταξύ των σταθμών του Ιονίου Πελάγους, και συγκεκριμένα (σχ. 3.2.13): στο ρηχότερο σταθμό Ι1 του Δυτικού Ιονίου, το 64% των ατόμων συγκεντρώνεται στο ανώτερο μισό εκατοστό του ιζήματος, και το 21, 11 και 3% στα επόμενα στρώματα 0,5-1, 1-1,5 και 1,5-2 cm. Στους υπόλοιπους σταθμούς πλην του Ι2 (800m, Δυτικό Ιόνιο, σταθμός με τις μέγιστες αφθονίες), η κατανομή των νηματωδών έχει ως εξής: 15-36% στο ανώτερο μισό εκατοστό, 25-42%, 16-30% και 4-17% στα επόμενα. Στο σταθμό όμως Ι2, η



Σχήμα 3.2.12: Κατακόρυφη κατανομή των νηματωδών (άτομα 10cm⁻²) στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος).

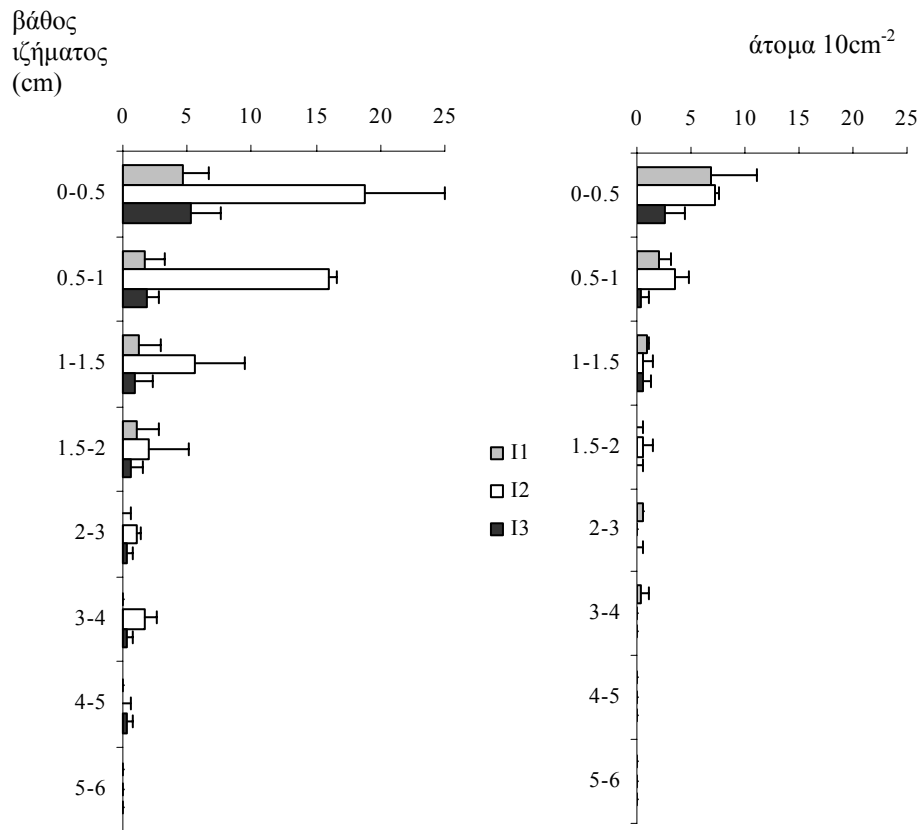
εικόνα είναι τελείως διαφορετική. Μόλις το 4% των νηματωδών βρίσκεται στο ανώτερο μισό εκατοστό του ιζήματος, ενώ στα επόμενα τρία στρώματα πάχους μισού εκατοστού κατανέμεται το 16-22% των ατόμων. Εξάλλου, ο σταθμός αυτός είναι και ο μόνος που παρουσίασε αυξημένη σχετική αφθονία του ενδιάμεσου στρώματος 2-4cm (31%) σε αντίθεση με τους άλλους σταθμούς του Ιονίου Πελάγους στους οποίους η % αφθονία των νηματωδών στο ενδιάμεσο στρώμα ήταν μικρότερη (1-17%).



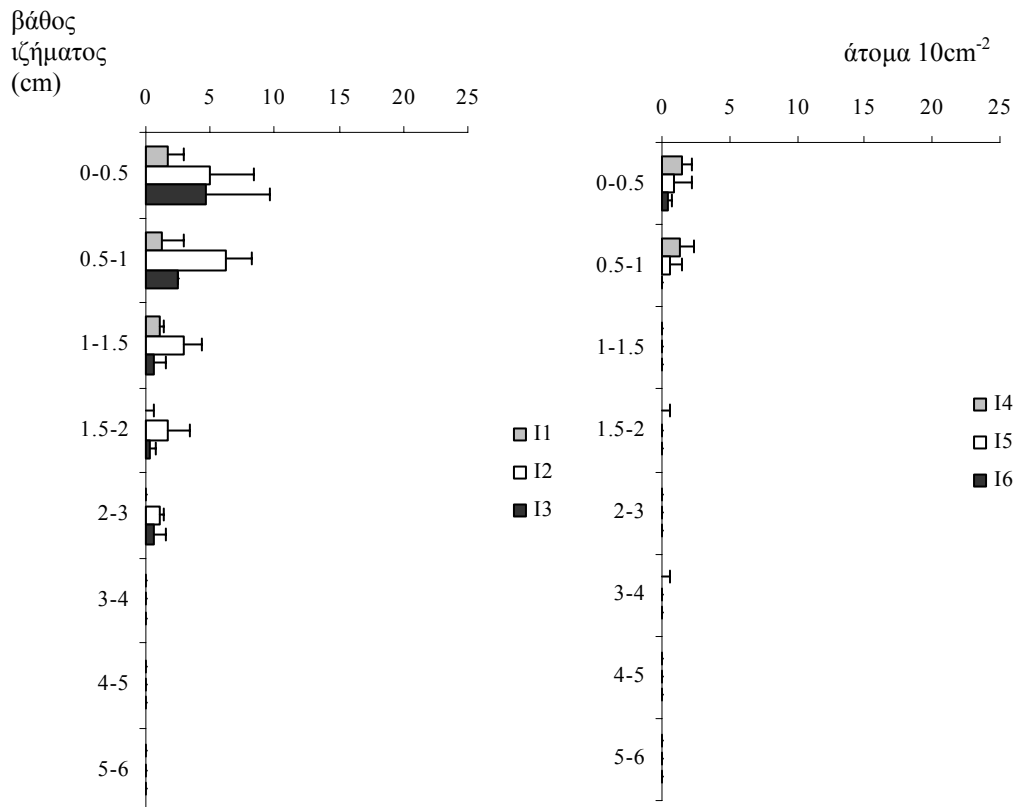
Σχήμα 3.2.13: Ποσοστιαία κατανομή των νηματωδών στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος).

Κωπήποδα και ναύπλιοι κωπηπόδων

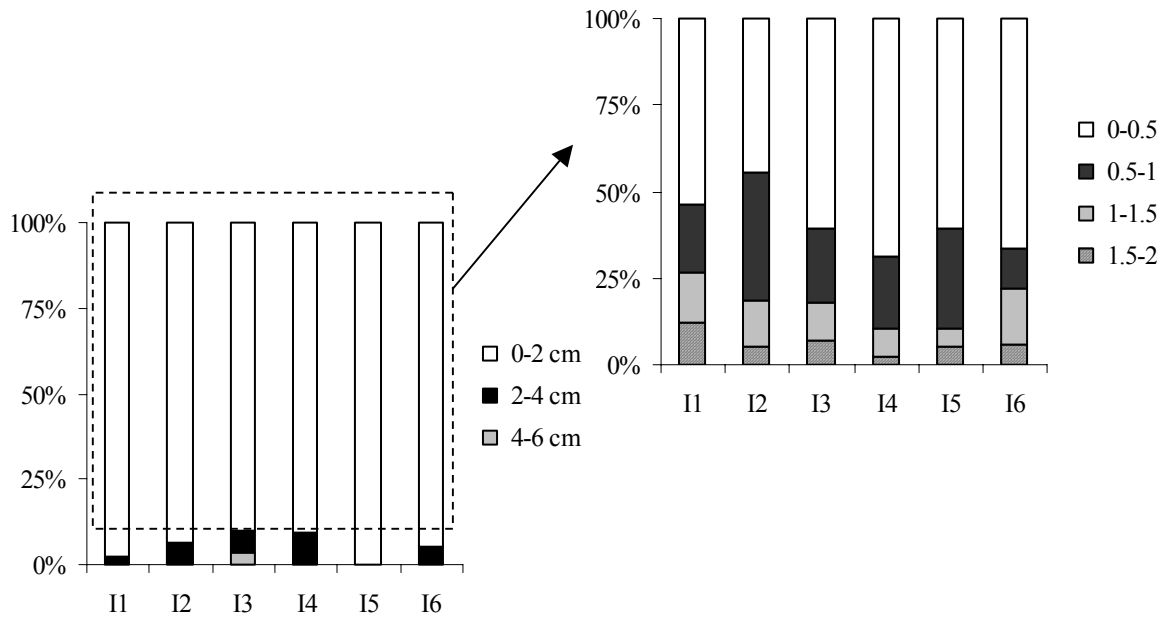
Στους βαθύαλους σταθμούς που αναλύθηκαν στο Ιόνιο Πέλαγος, τα άτομα των ενήλικων κωπηπόδων αλλά και των ναυπλίων συγκεντρώνονται σε πολύ μεγάλο ποσοστό στα άνω 2 εκατοστά του ιζήματος (>90%), που φτάνει και το 100% των ατόμων σε κάποιες περιπτώσεις (στο Στ.Ι5 για τα ενήλικα άτομα, και στους σταθμούς Ι1, Ι5 και Ι6 για τους ναυπλίους, σχ. 3.2.14 & 3.2.15). Εξετάζοντας το στρώμα αυτό ανά επιμέρους στρώματα πάχους μισού εκατοστού, η κατανομή των κωπηπόδων έχει ως εξής (σχ. 3.2.16 & 3.2.17): για τα μεν ενήλικα άτομα, το 41-63% συγκεντρώνεται στο άνω μισό εκατοστό του ιζήματος, και το 11-35%, 5-16% και 2-12% στα επόμενα.



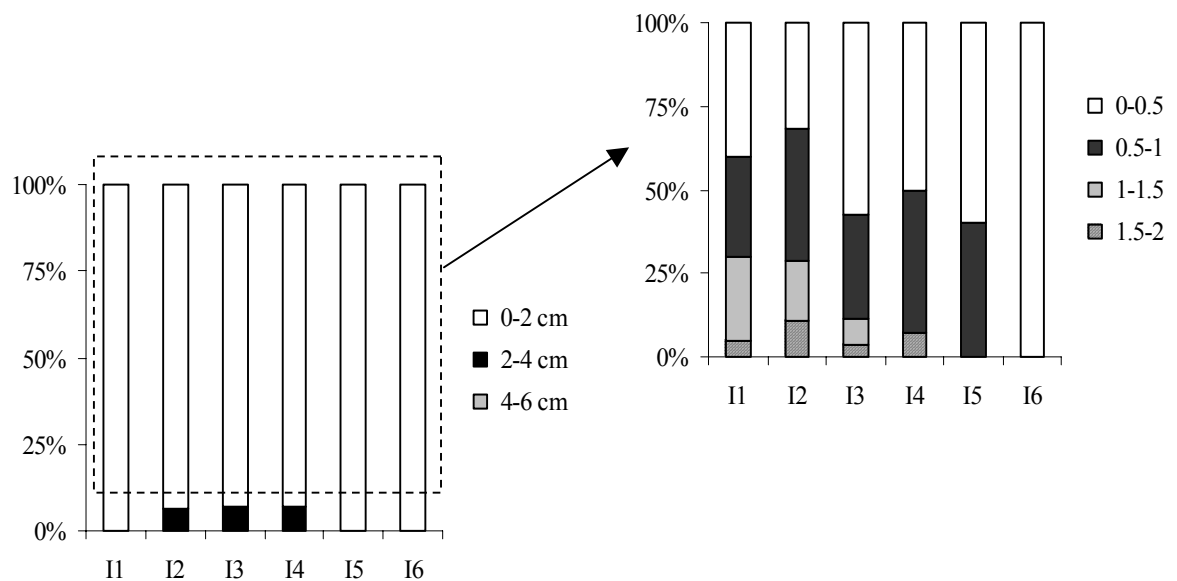
Σχήμα 3.2.14: Κατακόρυφη κατανομή των ενηλίκων κωπηπόδων (άτομα 10cm⁻²) στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος).



Σχήμα 3.2.15: Κατακόρυφη κατανομή των ναυπλίων (άτομα 10cm⁻²) στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος).



Σχήμα 3.2.16: Ποσοστιαία κατανομή των ενηλίκων κωπηπόδων στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος).



Σχήμα 3.2.17: Ποσοστιαία κατανομή των ναυπλίων στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος).

Για τους ναυπλίους, με εξαίρεση το σταθμό I6 όπου το 100% συγκεντρώνεται στο άνω μισό εκατοστό του ιζήματος, στους υπόλοιπους σταθμούς το 30-60% εντοπίζεται στο άνω μισό εκατοστό του ιζήματος, και το 29-40%, 0-25% και 0-10% στα επόμενα.

Άλλες ομάδες

Τα άτομα των υπολοίπων μειοβενθικών ομάδων που καταμετρήθηκαν στους βαθύλους σταθμούς του Δυτικού και Ανατολικού Ιονίου Πελάγους συγκεντρώνονται στην πλειοψηφία τους στα άνω 2 εκατοστά του ιζήματος σε ποσοστό που στις περισσότερες περιπτώσεις φτάνει το 100% με αποτέλεσμα να απουσιάζουν από τα βαθύτερα στρώματα του ιζήματος. Εξετάζοντας το επιφανειακό στρώμα ανά επιμέρους στρώματα πάχους μισού εκατοστού, στις περισσότερες περιπτώσεις η πλειοψηφία των ατόμων συγκεντρώνεται στο άνω μισό εκατοστό του ιζήματος.

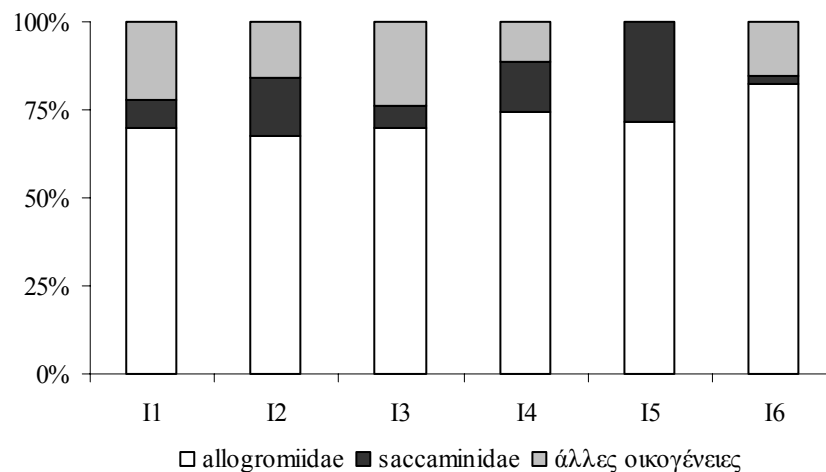
Σε κάποιες περιπτώσεις όμως είναι δυνατό τα μεγαλύτερα ποσοστά να εμφανίζονται στο υποεπιφανειακό στρώμα των 0,5-1cm (οι στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες στο σταθμό I2, τα κινόρυγχα στους σταθμούς I3 και I5, τα οστρακώδη στο σταθμό I1 κτλ). Γενικά όμως, όπως και στο Αιγαίο Πέλαγος, οι δευτερεύουσες μειοβενθικές ομάδες χαρακτηρίζονται από μικρές αφθονίες και διαφορετικά μεταξύ τους πρότυπα κατακόρυφης κατανομής που συχνά είναι δύσκολο να αναλυθούν εξαιτίας ακριβώς των μικρών αφθονιών τους.

3.2.7 Δομή και ποικιλότητα της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων

Στο Ιόνιο Πέλαγος καταμετρήθηκαν συνολικά 968 άτομα τρηματοφόρων, και προσδιορίστηκαν 42 διαφορετικά είδη. Χαρακτηριστική είναι και στους σταθμούς του Ιονίου Πελάγους η κυριαρχία των ειδών της οικογένειας Allogromiidae, σε ποσοστό >50%, μέχρι και 80% στο βαθύτερο σταθμό I6 του Ανατολικού Ιονίου (σχ.3.2.18). Σημαντική επίσης είναι και η παρουσία ειδών της οικογένειας Saccaminiidae, σε ποσοστό μέχρι και 30% (στο σταθμό I5).

Στο σταθμό I1 του Δυτικού Ιονίου, τα είδη *sp.5* και *sp.3* (allogromiidae), ήταν τα πιο άφθονα, με ποσοστά συμμετοχής 45 και 19% αντίστοιχα, στο δε σταθμό I2 η συμμετοχή των παραπάνω ειδών είναι 20 και 10%, ενώ επιπλέον άφθονο είναι και το είδος *sp3* (saccaminiidae), συμμετέχοντας στο 13% της συνολικής βιοκοινωνίας. Στο βαθύτερο σταθμό του Δυτικού Ιονίου I3, τα είδη *sp.3*, *sp. 5* και *sp.7* (allogromiidae) ήταν τα πιο άφθονα, συμμετέχοντας στο 28,

14 και 10% της συνολικής βιοκοινωνίας αντίστοιχα. Στο Ανατολικό Ιόνιο, τα πιο άφθονα είδη στο σταθμό I4 ήταν τα *sp.3* & 4 (*allogromiidae*) και *sp. 3* (*saccaminidae*), συμμετέχοντας σε ποσοστό 27,14 και 11%. Στο σταθμό I5, πιο άφθονα ήταν τα είδη *sp.3* (*saccaminidae*), *sp.7* & 5 (*allogromiidae*) και *Nodellum membranacea* (24, 24, 11 και 11% αντίστοιχα), ενώ στο βαθύτερο σταθμό του Ανατολικού Ιονίου, κυριαρχούν τα είδη *sp.6* (*allogromiidae*), *Nodellum membranacea* και *sp.3* (*allogromiidae*) με ποσοστά συμμετοχής στην ολική βιοκοινωνία 31, 20 και 17% αντίστοιχα.



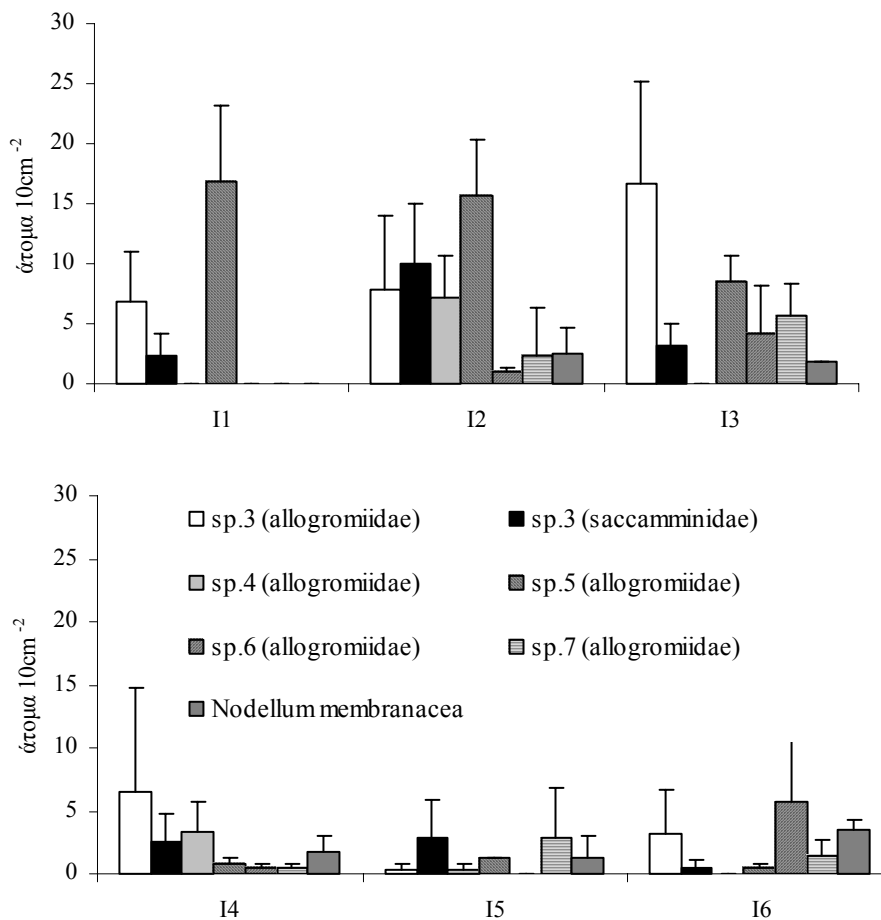
Σχήμα 3.2.18: Συμμετοχή των τρηματοφόρων της οικογένειας *allogromiidae* στο σύνολο της βιοκοινωνίας στους σταθμούς του Ιονίου Πελάγους.

Στο Δυτικό Ιόνιο, η αφθονία των ειδών *sp.3*, 5 & 7 (*allogromiidae*) και *sp.3* (*saccaminidae*) κυμαίνεται από 7-17, από 8-17, από 0-6 και από 2-10 άτομα 10cm⁻², στο δε Ανατολικό, η αφθονία των ειδών *sp.3*, 4, 6 & 7 (*allogromiidae*), *sp.3* (*saccaminidae*) και *Nodellum membranacea* κυμαίνεται από 0-3, 0-3, 0-6, 0-1, 0-3 και 1-4 άτομα 10cm⁻² αντίστοιχα (σχ. 3.2.19α&β, Πίν. 3.2.2 & 3.2.3).

Η πολυμεταβλητή ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με βάση την πανιδική σύνθεση στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος των σταθμών του Ιονίου Πελάγους, έδειξε τους δύο βαθύτερους σταθμούς να εμφανίζουν ομοιότητα μεταξύ τους 74 και 67% αντίστοιχα στο Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο (Δενδρόγραμμα Bray-Curtis Σχ. 3.2.20), όπως φαίνεται και στο διάγραμμα MDS στο ίδιο σχήμα. Οι

ρηχότεροι σταθμοί I1 και I4 στο Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο αντίστοιχα διαφοροποιούνται ως προς τη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων από τους βαθύτερους.

Με βάση την ανάλυση SIMPER για την εύρεση της συμμετοχής κάθε είδους στο 90% της συνολικής ανομοιότητας του δείκτη Bray-Curtis μεταξύ των ομάδων που διακρίθηκαν, παρατηρήθηκαν τα εξής: τα είδη *sp.5*, *3*, *6* & *4* (allogromiidae), *sp.3* (saccaminidae), *sp.7* (allogromiidae), και *Nodellum membranacea* εξηγούν καλύτερα το 90% της ανομοιότητας (21,04%, 18,03%, 6,83%, 5,94%, 5,90% 5,18% 3,67% αντίστοιχα) μεταξύ των βαθύτερων σταθμών I5 & I6 του Ανατολικού Ιονίου και των υπολοίπων+ σταθμών. Τα υπόλοιπα είδη συμμετέχουν κατά μικρότερο ποσοστό.



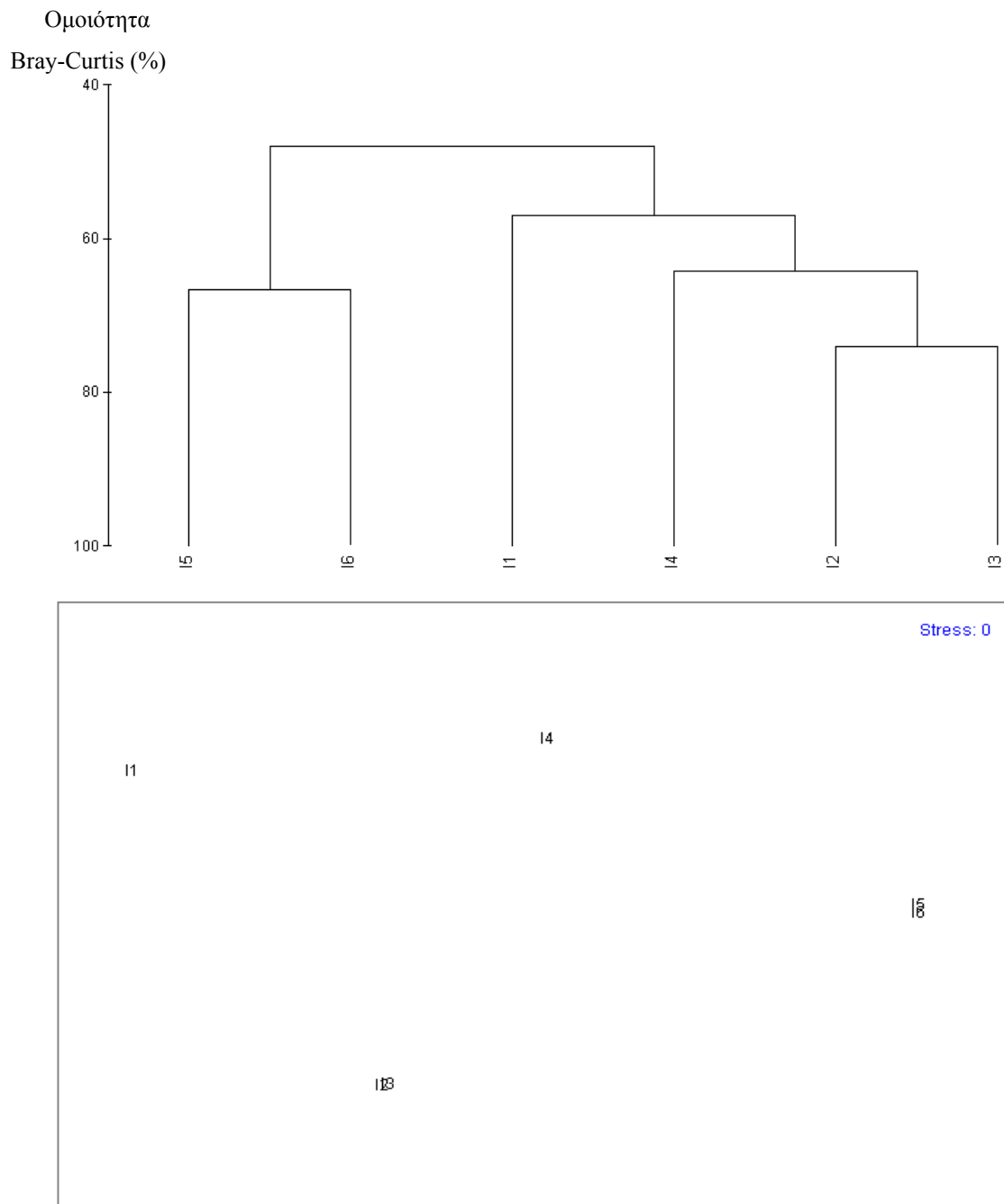
Σχήμα 3.2.19: Κατανομή των πιο άφθονων ειδών στους σταθμούς του Δυτικού και Ανατολικού Ιονίου Πελάγους

Πίνακας 3.2.2: Αφθονίες ειδών τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος ιζήματος (ανά 10cm⁻²) στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό Ιόνιο Πέλαγος)

| 11 | | 12 | | 13 | |
|--------------------------------|----|----------------------------|----|----------------------------|----|
| sp.5 (allogromiidae) | 17 | sp.5 (allogromiidae) | 16 | sp.3 (allogromiidae) | 17 |
| sp.3 (allogromiidae) | 7 | sp.3 (saccamminidae) | 10 | sp.5 (allogromiidae) | 8 |
| Bathysiphon capillare | 2 | sp.3 (allogromiidae) | 8 | sp.7 (allogromiidae) | 6 |
| sp.3 (saccamminidae) | 2 | sp.4 (allogromiidae) | 7 | sp.6 (allogromiidae) | 4 |
| Robulus orbicularis | 1 | sp.8 (allogromiidae) | 4 | sp.3 (saccamminidae) | 3 |
| Bolivina pseudoplicata | 1 | Quinqueloquina lamarckiana | 3 | Leavidentalina inflexa | 3 |
| Glomospira charoides | 1 | Leavidentalina inflexa | 3 | Hyperammina leavigata | 2 |
| sp.2 (saccamminidae) | 1 | Nodellum membranacea | 3 | Nodellum membranacea | 2 |
| Spirillina limbata | 1 | sp.2 (saccamminidae) | 3 | Glomospira charoides | 1 |
| Bulimina marginata | 1 | Bathysiphon capillare | 2 | Quinqueloquina lamarckiana | 1 |
| Chilostomella mediterraneensis | 1 | sp.7 (allogromiidae) | 2 | Uvigerina mediterranea | 1 |
| Quinqueloquina lamarckiana | 1 | Glomospira charoides | 2 | Articulina tubulosa | 1 |
| | | Ammolagena clavata | 1 | Biloculinella labiata | 1 |
| | | Adercotryma glomeratum | 1 | Bulimina marginata | 1 |
| | | sp.2 (allogromiidae) | 1 | Quinqueloquina padani | 1 |
| | | sp.6 (allogromiidae) | 1 | Saccorhiza sp. | 1 |
| | | Melonis barleeaanum | 1 | sp.8 (allogromiidae) | 1 |
| | | Bulimina marginata | 1 | sp.9 (allogromiidae) | 1 |
| | | Reophax guttifer | 1 | | |
| | | Saccorhiza sp. | 1 | | |
| | | Uvigerina mediterranea | 1 | | |

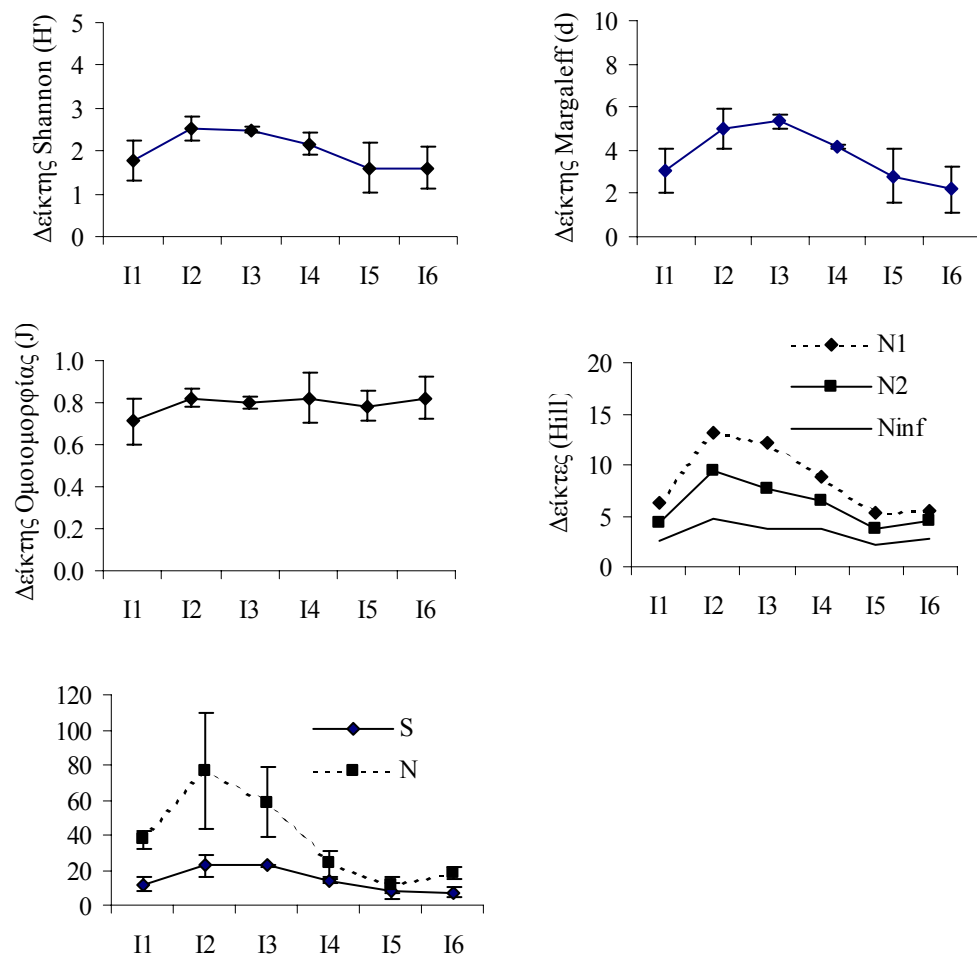
Πίνακας 3.2.3: Αφθονίες ειδών τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος ιζήματος (ανά 10cm⁻²) στη βαθύαλη ζώνη (Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος)

| 14 | | 15 | | 16 | |
|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|---|
| sp.3 (allogromiidae) | 6 | sp.3 (saccamminidae) | 3 | sp.6 (allogromiidae) | 6 |
| sp.4 (allogromiidae) | 3 | sp.7 (allogromiidae) | 3 | Nodellum membranacea | 4 |
| sp.3 (saccamminidae) | 3 | Nodellum membranacea | 1 | sp.3 (allogromiidae) | 3 |
| Nodellum membranacea | 2 | sp.5 (allogromiidae) | 1 | Leavidentalina inflexa | 1 |
| sp.8 (allogromiidae) | 1 | Bathysiphon capillare | 1 | sp.7 (allogromiidae) | 1 |
| Leavidentalina inflexa | 1 | Leavidentalina inflexa | 1 | Bathysiphon capillare | 1 |
| sp.5 (allogromiidae) | 1 | sp.2 (saccamminidae) | 1 | | |
| Quinqueloquina padani | 1 | | | | |
| sp.1 (allogromiidae) | 1 | | | | |
| sp.2 (saccamminidae) | 1 | | | | |
| Uvigerina mediterranea | 1 | | | | |



Σχήμα 3.2.20: Δενδρόγραμμα ομοιότητας (Bray-Curtis) και διάγραμμα MDS των σταθμών του Ιονίου Πελάγους με βάση τη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος. (Μετασχηματισμός 4^{ης} ρίζας).

Σχετικά με τους δείκτες ποικιλότητας που μετρήθηκαν για τους βαθύαλους σταθμούς του Δυτικού Ιονίου Πελάγους, παίρνουν τιμές από 1,8-2,5 (Shannon), 3.1-5.3 (Margaleff), 0.7-0.8 (Ομοιομορφίας), και από 6,3-13,1 (N1), από 4,3-9,4 (N2) και 2,5-4,8 (Ninf). Στο Ανατολικό Ιόνιο, παίρνουν τιμές αντίστοιχα από 1,6-2,2 (Shannon), 2,2-4,2 (Margaleff), 0,8 (Ομοιομορφίας), και από 5,3-8,9 (N1), από 3,8-6,4 (N2) και 2,1-3,6 (Ninf). Ο αριθμός ειδών κυμαίνεται από 12-23 στο Δυτικό και από 7-14 στο Ανατολικό Ιόνιο. Στο σχήμα 3.2.21 εικονίζεται η μεταβολή των τιμών των δεικτών που μετρήθηκαν στο Ιόνιο Πέλαγος καθώς και του αριθμού των ειδών και ατόμων.



Σχήμα 3.2.21: Αριθμός ειδών και ατόμων και τιμές δεικτών ποικιλότητας των σταθμών του Δυτικού και Ανατολικού Ιονίου Πελάγους με βάση τη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τριματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος.

Η κατανομή των τρηματοφόρων σε συνάρτηση με το βάθος του ιζήματος παρουσιάζει πρότυπα που διαφέρουν για τα διάφορα είδη. Μόνο τρία είδη βρέθηκαν στο βαθύτερο στρώμα του ιζήματος που μελετήθηκε (5-6cm), και συγκεκριμένα τα *Robulus orbicularis* στο σταθμό I2, *sp.4* (allogromiidae) στους σταθμούς I2,I4 και το *sp.3* (allogromiidae) στο σταθμό I3. Στο σταθμό I1, το μέσο βάθος διαβίωσης των τρηματοφόρων είναι <1,5cm, στους δε σταθμούς I2&I3 είναι <4 και <5cm αντίστοιχα. Στο ανατολικό Ιόνιο, το μέσο βάθος διαβίωσης των τρηματοφόρων είναι <3, <6 και <1cm στους σταθμούς I4,I5 και I6 αντίστοιχα.

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.2.4, το μέσο βάθος του ιζήματος όπου βρέθηκαν να ζουν τα τρηματοφόρα διαφέρει και μεταξύ των διαφόρων ειδών. Έτσι στο δυτικό Ιόνιο στο σταθμό I1, κάποια είδη εμφανίστηκαν σε μέσο βάθος μόλις 0,3cm (όπως το allogromiid *sp.5*, τα saccaminids *sp. 2&3*, τα *Reophax guttifer*, *Quinqueloculina padani*, *Glomospira charoides* κ.α.)

Στο σταθμό I2, σε μέσο βάθος μόλις 0,3cm εμφανίζονται τα είδη *Bolivina pseudoplicata*, *Bulimina marginata*, *Fissurina elliptica*, ενώ τα *Melonis barlleanum*, *Spirillina limbata*, *sp.2* (allogromiidae), *Gyroidina orbicularis* εμφανίζονται σε μέσο βάθος 0,8cm. Στον ίδιο σταθμό συναντάμε και είδη με μεγαλύτερο μέσο βάθος εμφάνισης στο ίζημα όπως τα *Göesella obscura* (2,5cm) και *sp.4* (allogromiidae-3,4cm).

Στο σταθμό I3 του Δυτικού Ιονίου, τα περισσότερα είδη χαρακτηρίζονται από μέσο βάθος εμφάνισης μικρότερο του 1cm, αλλά το είδος *Bathysiphon aff. capillare* βρέθηκε να ζει σε μέσο βάθος 3,5cm, το δε *sp.3* (allogromiidae) στα 2.3cm.

Στο σταθμό I4 του Ανατολικού Ιονίου, είδη όπως τα *Bulimina marginata*, *sp.1* (allogromiidae), *sp.1* (saccaminidae) βρέθηκαν να ζουν σε μέσο βάθος μόλις 0,3cm, ενώ τα είδη *Haplophragmoides membranacea*, *Bathysiphon aff. capillare* και *sp.4* (allogromiidae) σε μέσο βάθος 2,5cm.

Στο σταθμό I5, η πλειοψηφία των ειδών χαρακτηρίζεται από μέσο βάθος εμφάνισης στο ίζημα <1cm, όμως το *sp.3* (allogromiidae) βρέθηκε να ζει σε μέσο βάθος 4,5cm. Στο βαθύτερο σταθμό του Ανατολικού Ιονίου, όλα τα είδη βρέθηκαν σε μέσο βάθος <1cm στο ίζημα, και από αυτά μόνο τα *Bathysiphon aff. capillare*, *sp.1,6 & 7* (allogromiidae) βρέθηκαν σε μέσο βάθος 0,5-1cm.

Πίνακας 3.2.4: Μέσο βάθος εμφάνισης ειδών τρηματοφόρων στο ίζημα (cm) στη βαθύαλη ζώνη (Δυτικό και Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος).

| | I1 | I2 | I3 | I4 | I5 | I6 |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>Adercotryma glomeratum</i> | | 1.0 | 0.8 | | | |
| <i>Ammodiscus incertus</i> | | 1.8 | | | | |
| <i>Ammolagena clavata</i> | | 0.6 | 0.3 | | | |
| <i>Articulina tubulosa</i> | | 0.5 | 1.0 | | | |
| <i>Bathysiphon capillare</i> | 1.1 | 1.5 | 3.5 | 2.4 | 0.8 | 0.6 |
| <i>Biloculinella depressa</i> | | | | | | |
| <i>Biloculinella labiata</i> | 0.3 | 0.8 | 1.0 | | | |
| <i>Bolivina pseudoplicata</i> | 0.4 | 0.3 | 0.3 | | | |
| <i>Bulimina marginata</i> | 0.3 | 0.3 | 1.3 | 0.3 | | |
| <i>Chilostomella mediterraneensis</i> | 0.3 | | | | | |
| <i>Eponides repandus</i> | 0.8 | | 0.8 | | | |
| <i>Fissurina elliptica</i> | | 0.3 | | | | |
| <i>Glomospira charoides</i> | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | |
| <i>Goesella obscura</i> | | 2.5 | 1.8 | | | |
| <i>Gyroidina orbicularis</i> | 0.3 | 0.8 | 4.5 | 1.4 | | |
| <i>Haplophragmoides membranaceus</i> | 0.3 | | 0.3 | 2.5 | | |
| <i>Hyperammina leavigata</i> | | | 0.5 | | | |
| <i>Lagena hispidula</i> | | | 1.3 | | | |
| <i>Leavidentalina inflexa</i> | | 0.7 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.5 |
| <i>Maginulina glabra</i> | 0.3 | | | | | |
| <i>Melonis barlecanum</i> | | 0.8 | | 0.5 | | |
| <i>Nodellum membranacea</i> | | 1.1 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.5 |
| <i>Quinqueloquolina lamarciana</i> | 0.4 | 0.7 | 0.3 | 1.4 | | |
| <i>Quinqueloquolina padani</i> | 0.3 | 0.8 | 1.3 | 0.6 | | |
| <i>Reophax guttifer</i> | 0.3 | 1.1 | 0.3 | | 0.3 | 0.3 |
| <i>Reophax scorpiurus</i> | | | 0.3 | | | |
| <i>Robulus orbicularis</i> | 1.3 | 3.1 | 0.8 | | | |
| <i>Saccorhiza</i> sp. | | 0.6 | 0.8 | | | 0.3 |
| sp.1 (allogromiidae) | | 1.0 | | 0.3 | | 0.8 |
| sp.2 (allogromiidae) | | 0.8 | | | | |
| sp.3 (allogromiidae) | 0.7 | 1.2 | 2.3 | 1.1 | 4.5 | 0.5 |
| sp.4 (allogromiidae) | | 3.4 | | 2.4 | 0.8 | |
| sp.5 (allogromiidae) | 0.3 | 0.9 | 0.8 | 0.5 | 0.5 | 0.3 |
| sp.6 (allogromiidae) | | 1.5 | 0.8 | 0.8 | | 0.7 |
| sp.7 (allogromiidae) | | 1.1 | 0.3 | 0.3 | 1.1 | 0.6 |
| sp.8 (allogromiidae) | | 0.5 | 2.6 | 0.6 | | |
| sp.9 (allogromiidae) | | | 0.3 | | | |
| sp.1 (saccamminidae) | | | | 0.3 | | |
| sp.2 (saccamminidae) | 0.3 | 0.9 | 0.3 | 1.1 | 0.3 | |
| sp.3 (saccamminidae) | 0.3 | 0.7 | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 0.3 |
| <i>Spirillina limbata</i> | 1.3 | 0.8 | | | | |
| <i>Tritaxis fusca</i> | | 0.3 | | | | |
| <i>Uvigerina mediterranea</i> | | 1.4 | 0.8 | 1.4 | | |

3.3 Επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στη σύνθεση του μειοβένθους και στη δομή της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στη βαθύαλη ζώνη

Προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων τόσο στη σύνθεση της μειοβενθικής βιοκοινωνίας όσο και στη δομή της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων, διερευνήθηκαν

α) οι πιθανές συσχετίσεις των αφθονιών των μειοβενθικών ομάδων με τις αβιοτικές παραμέτρους του ιζήματος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Spearman

β) η επίδραση συνδυασμού αβιοτικών παραμέτρων του ιζήματος στη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο BIOENV.

Τα αποτελέσματα της συσχέτισης των αφθονιών των μειοβενθικών ομάδων με τις παραμέτρους του ιζήματος των σταθμών της βαθύαλης ζώνης με το συντελεστή Spearman περιλαμβάνονται στον πίνακα 3.3.1.

Τόσο η συνολική αφθονία όσο και επιμέρους αφθονίες των μειοβενθικών ομάδων παρουσίασαν σημαντική συσχέτιση με την χλωροφύλλη *a*, ($R \geq 0,7$), ενώ θετική συσχέτιση βρέθηκε και μεταξύ της αφθονίας των κωπηπόδων και των φαιοχρωστικών και CPE καθώς και των νημερτίων και των φαιοχρωστικών και CPE. Επιπλέον, τα κωπήποδα αλλά και οι νημερτίνοι παρουσίασαν σημαντικά θετική συσχέτιση με τον οργανικό άνθρακα του ιζήματος.

Για την ανάλυση των βιοτικών και αβιοτικών δεδομένων με τη μέθοδο BIOENV, διερευνήθηκε η πιθανή συσχέτιση μεταξύ αβιοτικών παραγόντων με βάση τα κριτήρια που έχουν τεθεί από τους Clarke & Ainsworth (1993), από την οποία προέκυψε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ Chl και CPE καθώς και μεταξύ φαιοχρωστικών και CPE, κι έτσι για την ανάλυση BIOENV χρησιμοποιήθηκε μόνο ο παράγοντας CPE. Από την ανάλυση προέκυψε ότι ο λόγος chl *a*/CPE, αλλά και ο συνδυασμός παραγόντων όπως του λόγου chl *a*/CPE και CPE αλλά και του βάθους, του λόγου chl *a*/CPE και CPE καθορίζουν τη δομή της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων (Πίν.3.3.2).

Πίνακας 3.3.1: Αποτελέσματα ανάλυσης με το συντελεστή συσχέτισης Spearman για τους σταθμούς της βαθύλης ζώνης. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν τα πανιδικά δεδομένα από τα άνω 6cm του ιζήματος, οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων από τα άνω 3mm και οι τιμές των ιζηματολογικών παραμέτρων από τα άνω 5cm του ιζήματος. (τιμές σε πλαίσιο: $p < 0,05$).

| | Βάθος | TOC | TON | C/N | Chl a | Phaeo | CPE | Chla/CPE | MD | σ1 | Ku | τριματοφόρα | νηματώδεις | κωπήποδα | ναύπλιοι | στροβιλιστικοί | πολύχαιτοι | κινόρυγχα | γαστρορίγχα | νημερίνοι | ολιγόχαιτοι | δίθυρα | οστρακώδη | γαστερόποδα | άλλα | |
|--------------------|---------------|--------------|--------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|-------------|------------|----------|----------|----------------|------------|-----------|-------------|-----------|-------------|--------|-----------|-------------|-------|-------|
| Βάθος | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOC | 0,091 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TON | 0,237 | 0,855 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C/N | -0,091 | 0,273 | -0,127 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chl a | -0,342 | 0,782 | 0,636 | 0,091 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Phaeo | 0,196 | 0,782 | 0,727 | -0,073 | 0,600 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CPE | 0,196 | 0,782 | 0,727 | -0,073 | 0,600 | 1,000 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chla/CPE | -0,665 | -0,336 | -0,445 | 0,091 | 0,109 | -0,664 | -0,664 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MD | 0,251 | 0,009 | -0,045 | 0,382 | -0,373 | -0,382 | -0,382 | 0,136 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| σ1 | -0,009 | 0,618 | 0,564 | -0,055 | 0,473 | 0,673 | 0,673 | -0,227 | -0,009 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ku | 0,137 | -0,464 | -0,345 | 0,000 | -0,364 | -0,691 | -0,691 | 0,336 | 0,073 | -0,673 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| τριματοφόρα | -0,214 | 0,582 | 0,509 | -0,064 | 0,791 | 0,582 | 0,582 | -0,155 | -0,509 | 0,300 | -0,309 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | |
| νηματώδεις | -0,647 | 0,382 | 0,245 | 0,100 | 0,718 | 0,245 | 0,245 | 0,236 | -0,418 | -0,018 | -0,273 | 0,718 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | |
| κωπήποδα | -0,487 | 0,727 | 0,518 | 0,155 | 0,736 | 0,700 | 0,700 | -0,091 | -0,245 | 0,636 | -0,664 | 0,564 | 0,582 | 1,000 | | | | | | | | | | | | |
| ναύπλιοι | -0,305 | 0,664 | 0,473 | 0,164 | 0,818 | 0,655 | 0,655 | -0,164 | -0,455 | 0,400 | -0,536 | 0,909 | 0,800 | 0,700 | 1,000 | | | | | | | | | | | |
| στροβιλιστικοί | -0,502 | 0,556 | 0,360 | 0,424 | 0,806 | 0,187 | 0,187 | 0,369 | -0,087 | 0,182 | -0,128 | 0,661 | 0,697 | 0,542 | 0,665 | 1,000 | | | | | | | | | | |
| πολύχαιτοι | -0,633 | 0,482 | 0,227 | 0,064 | 0,645 | 0,518 | 0,518 | 0,100 | -0,373 | 0,427 | -0,618 | 0,464 | 0,700 | 0,882 | 0,664 | 0,392 | 1,000 | | | | | | | | | |
| κινόρυγχα | -0,425 | 0,351 | 0,273 | -0,159 | 0,519 | 0,560 | 0,560 | -0,191 | -0,638 | 0,392 | -0,319 | 0,724 | 0,483 | 0,711 | 0,647 | 0,356 | 0,610 | 1,000 | | | | | | | | |
| γαστρορίγχα | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | | | | | | | |
| νημερίνοι | -0,232 | 0,748 | 0,737 | -0,084 | 0,674 | 0,758 | 0,758 | -0,305 | -0,316 | 0,758 | -0,537 | 0,600 | 0,442 | 0,832 | 0,674 | 0,359 | 0,663 | 0,697 | -- | 1,000 | | | | | | |
| ολιγόχαιτοι | 0,061 | 0,337 | 0,040 | 0,499 | 0,067 | 0,094 | 0,094 | -0,121 | 0,256 | 0,229 | 0,013 | 0,135 | 0,067 | 0,202 | 0,270 | 0,054 | 0,202 | 0,135 | -- | 0,312 | 1,000 | | | | | |
| δίθυρα | -0,590 | 0,303 | 0,239 | -0,078 | 0,653 | 0,391 | 0,391 | 0,074 | -0,630 | 0,359 | -0,322 | 0,828 | 0,708 | 0,612 | 0,805 | 0,599 | 0,575 | 0,843 | -- | 0,644 | 0,095 | 1,000 | | | | |
| οστρακώδη | -0,603 | 0,497 | 0,287 | 0,032 | 0,624 | 0,524 | 0,524 | 0,005 | -0,292 | 0,378 | -0,670 | 0,610 | 0,779 | 0,870 | 0,756 | 0,452 | 0,934 | 0,664 | -- | 0,665 | 0,203 | 0,652 | 1,000 | | | |
| γαστερόποδα | -0,243 | 0,472 | 0,243 | -0,108 | 0,607 | 0,499 | 0,499 | 0,013 | -0,418 | 0,499 | -0,256 | 0,607 | 0,405 | 0,607 | 0,607 | 0,257 | 0,674 | 0,676 | -- | 0,625 | 0,500 | 0,573 | 0,608 | 1,000 | | |
| άλλα | -0,633 | 0,200 | -0,045 | 0,300 | 0,582 | -0,236 | -0,236 | 0,745 | 0,018 | -0,136 | 0,155 | 0,418 | 0,673 | 0,291 | 0,400 | 0,788 | 0,382 | 0,146 | -- | 0,032 | 0,135 | 0,386 | 0,396 | 0,337 | 1,000 | |
| σύνολο μειοβένθους | -0,629 | 0,427 | 0,309 | 0,136 | 0,782 | 0,282 | 0,282 | 0,227 | -0,482 | 0,064 | -0,236 | 0,764 | 0,973 | 0,582 | 0,836 | 0,770 | 0,645 | 0,519 | -- | 0,505 | 0,067 | 0,786 | 0,702 | 0,405 | 0,655 | 1,000 |

Πίνακας 3.3.2: Αποτελέσματα ανάλυσης BIOENV για τους σταθμούς της βαθύαλης ζώνης. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν τα πανιδικά δεδομένα από τα άνω 6cm του ιζήματος, οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων από τα άνω 3mm και οι τιμές των ιζηματολογικών παραμέτρων από τα άνω 5cm του ιζήματος.

| | Συντ. Συσχ. | Παράμετροι | Αρ. παραμέτρων |
|--------------------------|-------------|------------------------|----------------|
| | 0,851 | Chl a/CPE | 1 |
| βιοκοινωνία τρηματοφόρων | 0,786 | CPE & Chl a/CPE | 2 |
| | 0,711 | Βάθος, CPE & Chl a/CPE | 3 |
| | 0,678 | Βάθος & Chl a/CPE | 2 |

3.4 Αβυσσική ζώνη

3.4.1 Ιζηματολογία

Διαθέσιμα αποτελέσματα ως προς την ιζηματολογία της αβυσσικής ζώνης υπάρχουν μόνο από τους σταθμούς A, B & C (βάθους 2714-2837m) και από τη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών ανοξικών Λεκανών. Τα επιφανειακά ιζήματα της αβυσσικής ζώνης είναι λεπτόκοκα, χαρακτηρίζονται δε από ανομοιογένεια και ασυμμετρία. Η μέση τιμή του μεγέθους των κόκκων είναι 0,012mm, ενώ τα σωματίδια μεγέθους ιλύος κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό των ιζηματογενών κόκκων (85-89%).

3.4.2 Χημεία ιζήματος

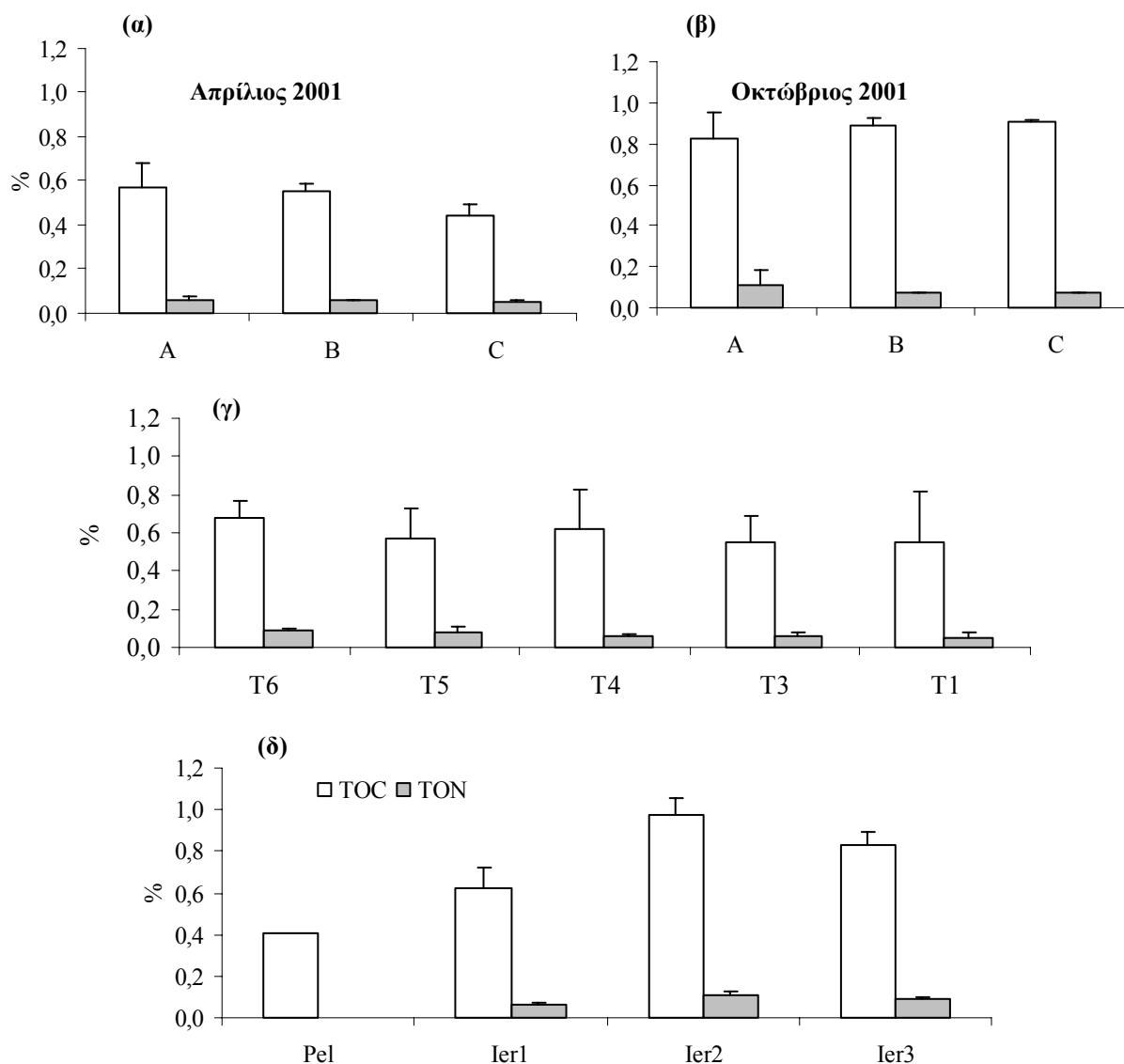
Οργανικός άνθρακας και άζωτο, χλωροφύλλη α και φαιοχρωστικές

Μεταξύ των σταθμών A, B, C (βάθους 2714-2837m) δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών στις συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα και αζώτου τόσο τον Απρίλιο όσο και τον Οκτώβριο (σχ. 3.4.1α,β). Τον Απρίλιο η περιεκτικότητα των 3 άνω χιλιοστών του ιζήματος σε οργανικό άνθρακα και άζωτο κυμάνθηκε από 0,440 έως 0,574% και 0,054 έως 0,061% στους σταθμούς C και A αντίστοιχα, το δε Οκτώβριο από 0,824 έως 0,909 (Σταθμοί A και C, άνθρακας και άζωτο) και 0,054 έως 0,061% (Σταθμοί C και A). Ο λόγος άνθρακας/άζωτο (C/N) κυμαίνεται από 9,608 (Στ. C) έως 11,401 (Στ. A) τον Απρίλιο και από 11,025 (Στ. A) έως 15,355 (Στ. C) τον Οκτώβριο.

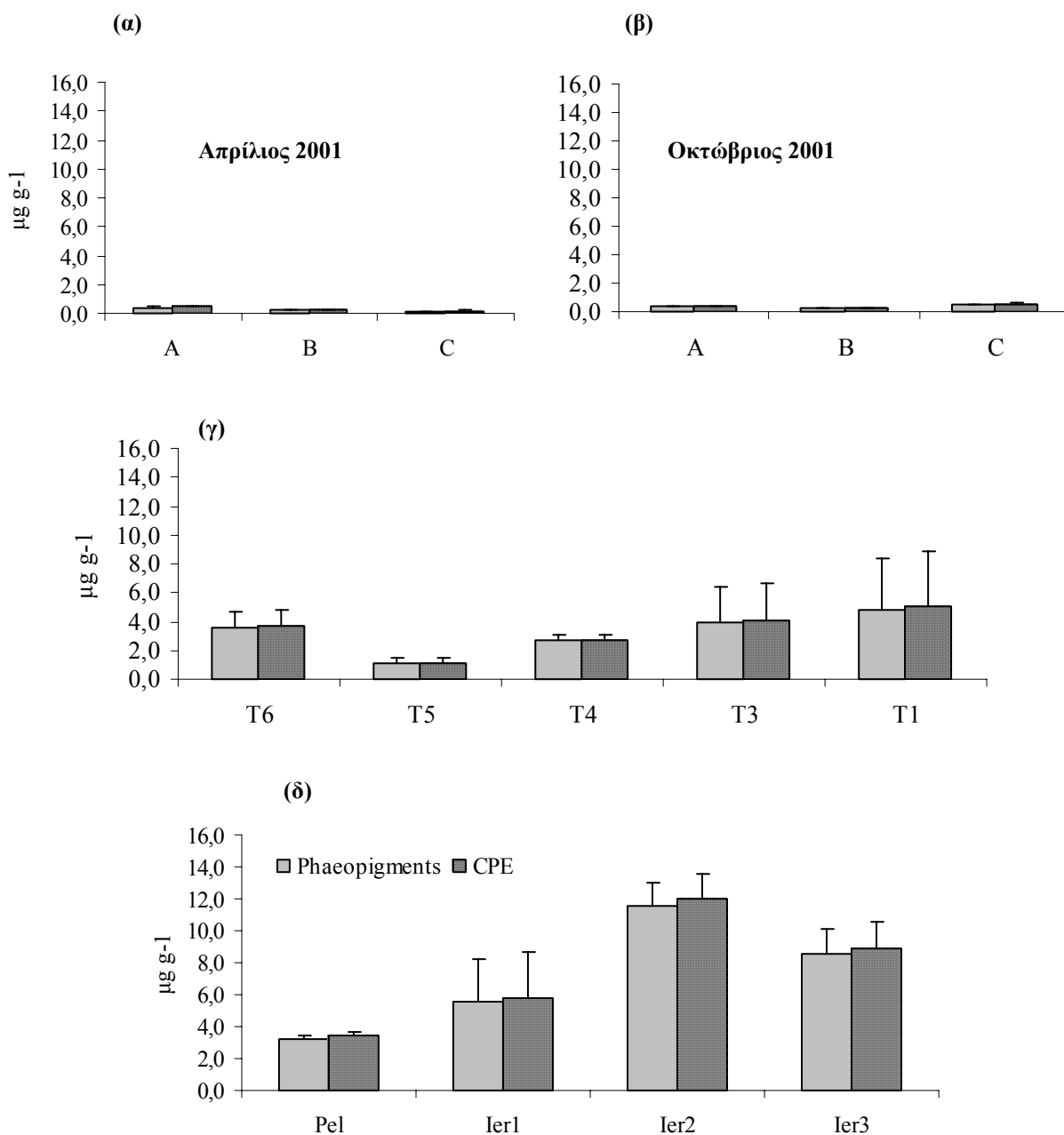
Κατά μήκος της διατομής σταθμών βάθους 2950-4000m (T6-T1), οι περιεκτικότητες σε οργανικό άνθρακα και άζωτο στα άνω 3 χιλιοστά του ιζήματος μειώνονται προς τα ανατολικά (σχ. 3.4.1γ), και κυμαίνονται ο μιν οργανικός άνθρακας από 0,549% (Στ. T1) έως 0,678% (Στ. T6) το δε άζωτο από 0,045% (Στ. T1) έως 0,085% (Στ. T6). Ο λόγος άνθρακας/άζωτο αυξάνεται προς τα ανατολικά, από 8,66 (Στ. T5) έως 15,89 (Στ. T1).

Στη Λεκάνη της Ιεράπετρας (4200m), η μέση περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα και άζωτο στα άνω 3 χιλιοστά του ιζήματος είναι 0,810% και 0,088%

αντίστοιχα και η μέση τιμή του λόγου άνθρακας/άζωτο είναι 10,862 (σχ. 3.4.1δ). Στη Λεκάνη της Πελοποννήσου (4617m), η διαθέσιμη πληροφορία για την περιεχόμενη οργανική ύλη του ιζήματος αφορά μόνο στον οργανικό άνθρακα (ανάλυση με υγρή οξείδωση) και για τα άνω 2 εκατοστά του ιζήματος, η περιεκτικότητα του οποίου υπολογίστηκε στο 0,410% (σχ. 3.4.1δ).



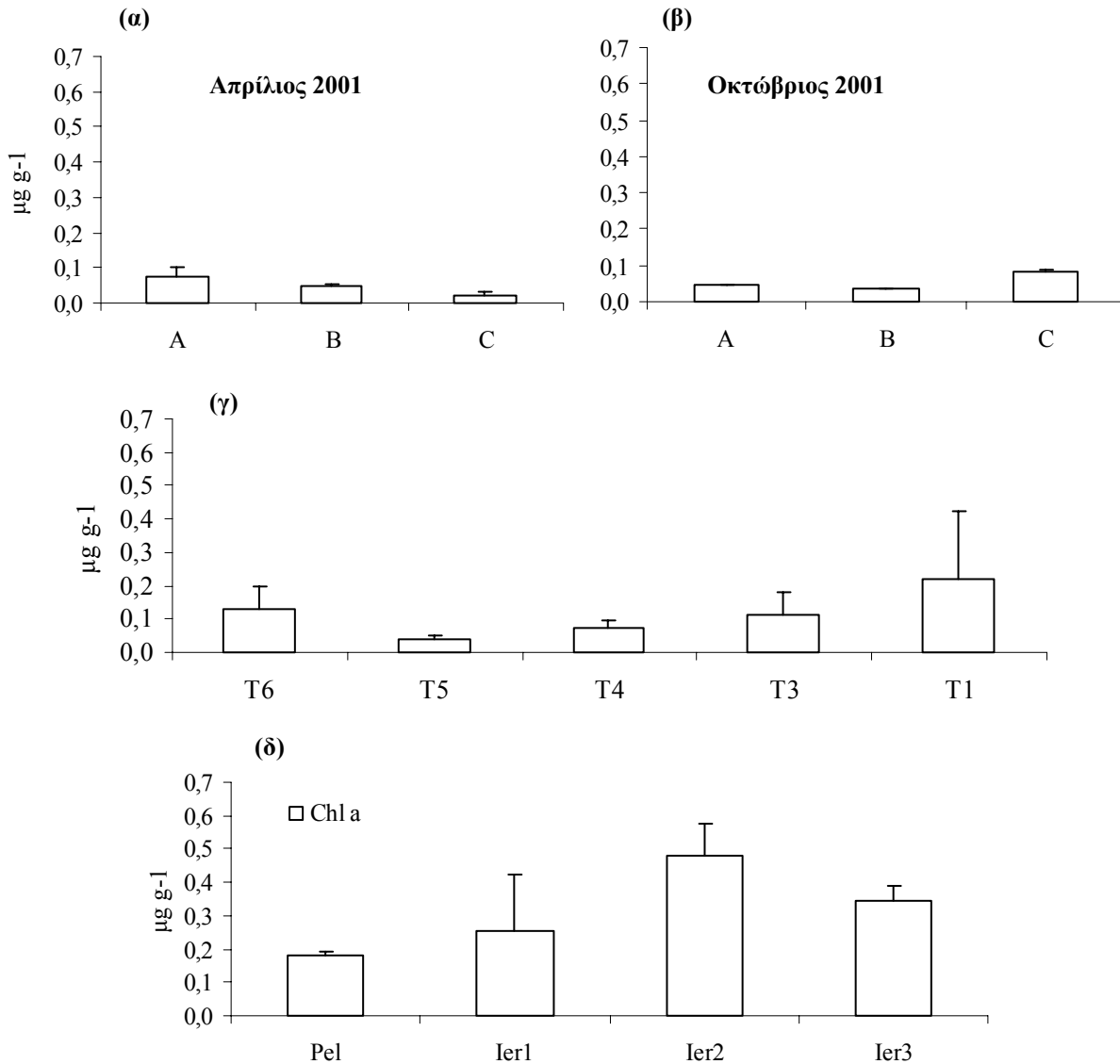
Σχήμα 3.4.1: Συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα και αζώτου στο επιφανειακό ίζημα των αβυσσικών σταθμών A,B,C (α,β), της διατομής σταθμών Κεντρικής-Ανατολικής Μεσογείου (γ) και των Λεκανών Ιεράπετρας και Πελοποννήσου (δ). (άνω 3mm του ιζήματος, με εξαίρεση τη Λεκάνη της Πελοποννήσου όπου οι τιμές αναφέρονται στα άνω 2cm του ιζήματος).



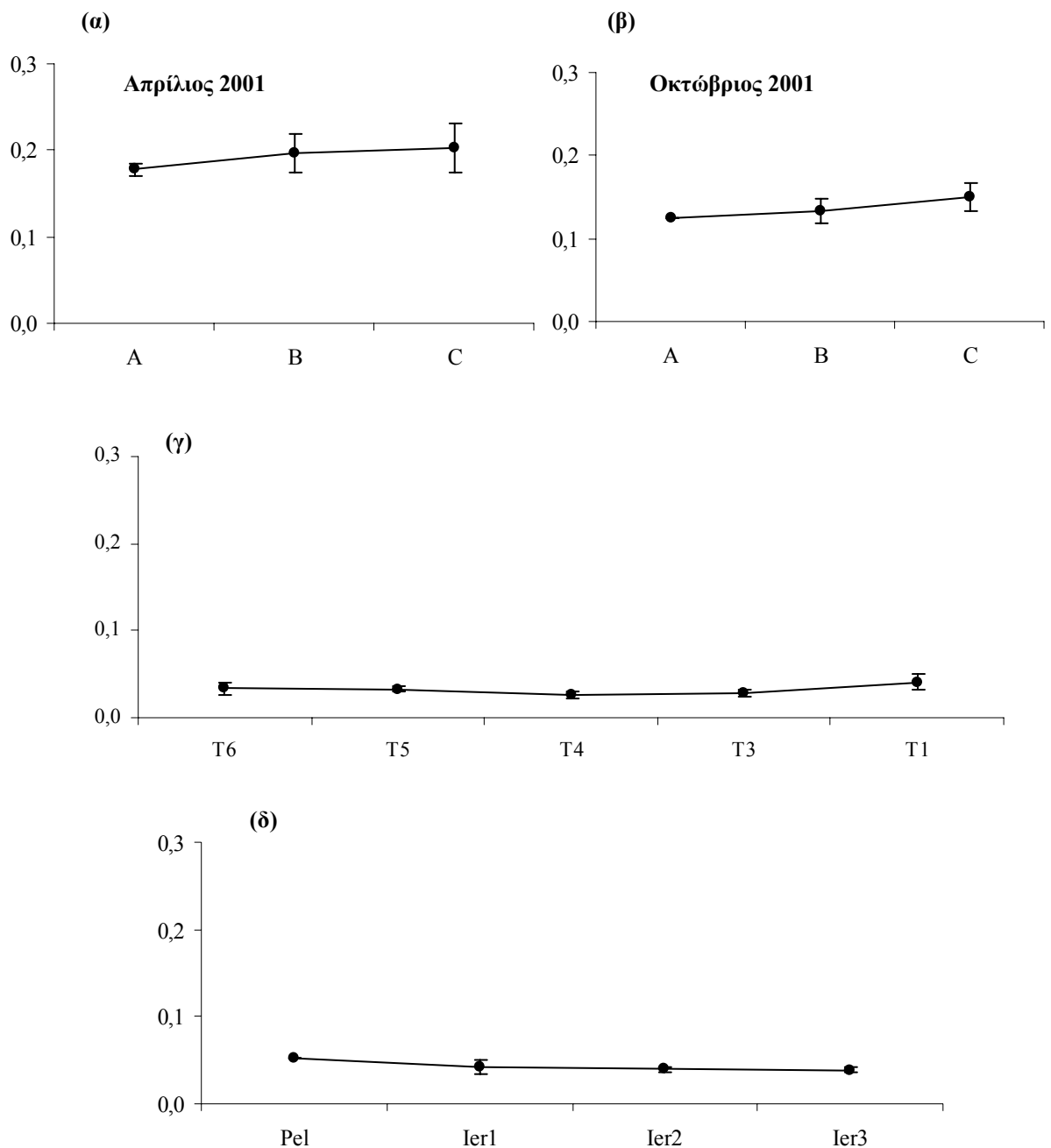
Σχήμα 3.4.3 Συγκεντρώσεις φαιοχρωστικών και ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών (CPE) στο επιφανειακό ίζημα των αβυσσικών σταθμών A,B,C (α,β), της διατομής σταθμών Κεντρικής-Ανατολικής Μεσογείου (γ) και των Λεκανών Ιεράπετρας και Πελοποννήσου (δ). (άνω 3mm του ιζήματος, με εξαίρεση τη Λεκάνη της Πελοποννήσου όπου οι τιμές αναφέρονται στα άνω 2cm του ιζήματος).

Τον Απρίλιο, οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης α και των φαιοχρωστικών κυμαίνονται από 0,023 έως 0,076 μg g⁻¹ και από 0,090 έως 0,356 μg g⁻¹ στους σταθμούς C και A αντίστοιχα. Τον Οκτώβριο, οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης α και των φαιοχρωστικών κυμαίνονται από 0,037 έως 0,083 μg g⁻¹ και από 0,238 έως 0,472 μg g⁻¹ στους σταθμούς B και C αντίστοιχα (σχ. 3.4.2

α,β). Το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών παίρνει τιμές από 0,114 (Στ. C) έως 0,432 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Στ. A) τον Απρίλιο και από 0,274 (Στ.Β) έως 0,555 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Στ. C) τον Οκτώβριο (σχ. 3.4.3 α,β). Ο λόγος της χλωροφύλλης α/CPE κυμαίνεται από 0,178-0,202 τον Απρίλιο και από 0,125 έως 0,150 τον Οκτώβριο (σχ. 3.4.4 α,β).



Σχήμα 3.4.2: Συγκεντρώσεις χλωροφύλλης α στο επιφανειακό ιζήμα των αβυσσικών σταθμών A,B,C (α,β), της διατομής σταθμών Κεντρικής-Ανατολικής Μεσογείου (γ) και των Λεκανών Ιεράπετρας και Πελοποννήσου (δ). (άνω 3mm του ιζήματος, με εξαίρεση τη Λεκάνη της Πελοποννήσου όπου οι τιμές αναφέρονται στα άνω 2cm του ιζήματος).



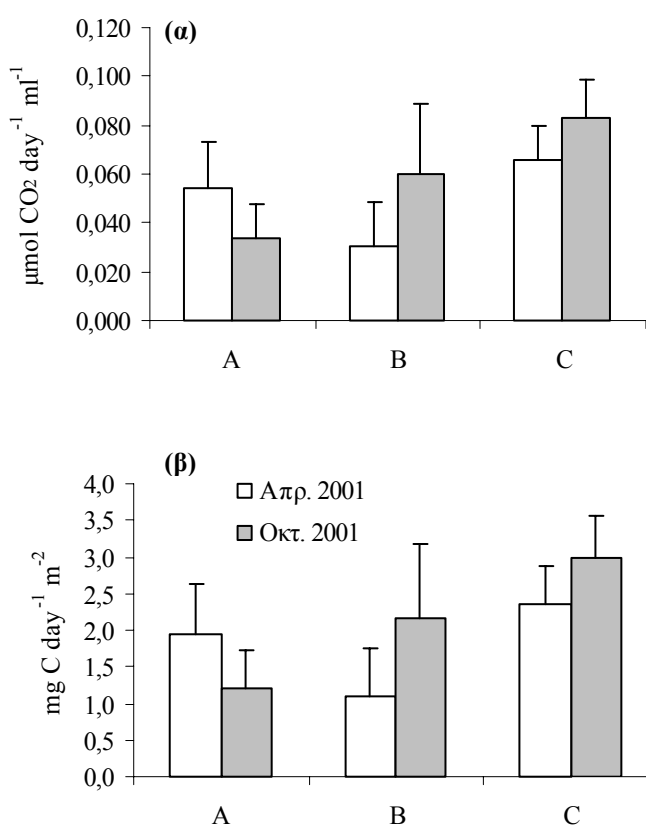
Σχήμα 3.4.4: Μεταβολή του λόγου χλωροφύλλη/CPE στο επιφανειακό ιζήμα των αβυσσικών σταθμών A,B,C (α,β), της διατομής σταθμών Κεντρικής-Ανατολικής Μεσογείου (γ) και των Λεκανών Ιεράπετρας και Πελοποννήσου (δ). (άνω 3mm του ιζήματος, με εξαίρεση τη Λεκάνη της Πελοποννήσου όπου οι τιμές αναφέρονται στα άνω 2cm του ιζήματος).

Κατά μήκος της διατομής σταθμών T6-T1, οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης και των φαιοχρωστικών στα άνω 3 χιλιοστά του ιζήματος κυμαίνονται από 0,039 έως 0,223 $\mu\text{g g}^{-1}$ και από 1,119 έως 4,773 $\mu\text{g g}^{-1}$, και το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών παίρνει τιμές από 1,157-4,996 $\mu\text{g g}^{-1}$, με τις χαμηλότερες τιμές στο σταθμό T5 και τις υψηλότερες στον T1. Ο λόγος

χλωροφύλλης a/CPE δεν μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ των σταθμών, και κυμαίνεται από 0,026 στο σταθμό T4 έως 0,041 στο σταθμό T1 (σχ. 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4γ).

Στη Λεκάνη της Ιεράπετρας, οι μέσες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης και των φαιοχρωστικών στα άνω 3mm του ιζήματος είναι 0,360 και 8,542 $\mu\text{g g}^{-1}$ αντίστοιχα, η δε μέση συγκέντρωση του ισοδύναμου χλωροπλαστικών χρωστικών υπολογίστηκε σε 8,902 $\mu\text{g g}^{-1}$. Στη Λεκάνη της Πελοποννήσου, οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης και των φαιοχρωστικών μετρήθηκαν στα άνω 2 εκατοστά του ιζήματος, και είναι αντίστοιχα 0,360 και 8,542 $\mu\text{g g}^{-1}$, το δε ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών υπολογίστηκε σε 8,902 $\mu\text{g g}^{-1}$ (σχ. 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4δ).

Κατανάλωση οργανικής ύλης στο ίζημα



Σχήμα 3.3.4: Ρυθμός κατανάλωσης οργανικής ύλης στο επιφανειακό ίζημα (άνω 3mm) των αβυσσικών σταθμών A,B,C. (α): παραγωγή CO₂, (β) άνθρακας που ανοργανοποιείται.

Η κατανάλωση της οργανικής ύλης στο ίζημα όπως εκτιμάται με βάση το ρυθμό παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα δεν μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ των σταθμών βάθους 2800m (A,B, C βάθους 2714-2837m). Τον Απρίλιο, η

παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα στα άνω 3mm του ιζήματος κυμαίνεται από 0,031 στο σταθμό Β έως 0,065 $\mu\text{molCO}_2\text{ημέρα}^{-1}\text{ml}^{-1}$ ιζήματος στο σταθμό C. Τον Οκτώβριο, κυμαίνεται από 0,034 έως 0,083 $\mu\text{molCO}_2\text{ ημέρα}^{-1}\text{ ml}^{-1}$ στους σταθμούς Α και C αντίστοιχα (σχ.3.4.4 α). Η κατανάλωση οργανικού άνθρακα τον Απρίλιο είναι 1,1 έως 2,4 $\mu\text{gC ημέρα}^{-1}\text{ m}^{-2}$ και τον Οκτώβριο 1,2 έως 3 $\mu\text{gC ημέρα}^{-1}\text{ m}^{-2}$ (σχ. 3.4.4 β).

3.4.3 Κατανομή και σύνθεση του μειοβένθους στην αβυσσική ζώνη

Στην αβυσσική ζώνη, η ολική αφθονία του μειοβένθους αλλά και οι επιμέρους αφθονίες των διαφόρων ομάδων στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος είναι σημαντικά μικρότερες σε σχέση με τη βαθύαλη ζώνη, τόσο στους σταθμούς Α, Β και C όσο και στη Λεκάνη της Ιεράπετρας αλλά και κατά μήκος της διατομής σταθμών Κεντρικής –Ανατολικής Μεσογείου (Πίν. 3.4.1). Στους σταθμούς Α,Β,С (βάθους 2714-2837m), η ολική αφθονία τον Απρίλιο 2001 κυμαίνεται από μόλις 4,40 άτομα 10cm^{-2} (Στ.С) έως 27,67 άτομα 10cm^{-2} (Στ.В) και από 16,35 (Στ.В) έως 38,04 άτομα 10cm^{-2} (Στ.С) τον Οκτώβριο (Σχ. 3.4.5α). Τον Ιούνιο 1999 κατά μήκος της διατομής T6-T1 η αφθονία δε μεταβάλλεται σημαντικά, από 16,56 έως 29,87 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς T3 και T5 αντίστοιχα (σχ. 3.4.5β), ενώ στη Λεκάνη της Ιεράπετρας το Δεκ.97-Ιαν.98 καταμετρήθηκαν 10,11 έως 26,24 άτομα 10cm^{-2} (Σχ. 3.4.5γ). Εξαίρεση στις χαμηλές τιμές αφθονίας αποτελεί ο σταθμός των 4617m στη Λεκάνη της Πελοποννήσου, όπου η ολική μειοβενθική αφθονία (ακόμα και μόλις στα 4 άνω εκατοστά του ιζήματος που αναλύθηκαν στο σταθμό αυτό) είναι αυξημένη σε σχέση με του υπόλοιπους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης και φτάνει τα 160,64 άτομα 10cm^{-2} (Σχ. 3.4.5γ).

Τα τρηματοφόρα αποτελούν στις περισσότερες περιπτώσεις τη δεύτερη κατά σειρά αφθονίας ομάδα μετά τους νηματώδεις, σε κάποιες περιπτώσεις όμως είναι η πιο άφθονη ομάδα (Στ. T1, Στ. Pel) ή πλησιάζει την αφθονία των νηματωδών αφθονία (Στ. C τον Απρίλιο 2001, Στ. T5). Στους σταθμούς Α,Β,С (βάθους 2714-2837m), τα τρηματοφόρα συνιστούν το 17,31-43,18% του μειοβένθους, στη δε διατομή σταθμών T6-T1 το 28,42-53,85%. Στη Λεκάνη της Ιεράπετρας η συμμετοχή τους κυμαίνεται από 7,91-20,50%, ενώ στη Λεκάνη της

Πελοποννήσου φτάνει το 50,13% της συνολικής βιοκοινωνίας (σχ. 3.4.6α,β,γ). Οι νηματώδεις αποτελούν το 42,86-78,85% (Α,Β,Σ βάθους 2714-2837m), το 37,89-45,57% (διατομή σταθμών Τ6-Τ1) και το 62,19-85,12% (Λεκάνη Ιεράπετρας) και το 43,30% στη Λεκάνη της Πελοποννήσου. Τα ενήλικα άτομα κωπηπόδων αποτελούν την τρίτη κατά σειρά αφθονίας ομάδα, με αφθονίες όμως πολύ μικρότερες σε σχέση με τα τρηματοφόρα και τους νηματώδεις, σε βαθμό που οι δύο αυτές ομάδες να κυριαρχούν στο μειοβένθος (σε ποσοστό μέχρι και 99%). Στους σταθμούς Α,Β,Σ (βάθους 2714-2837m), τα ενήλικα κωπήποδα συνιστούν το 1,23-12,31% του μειοβένθους, στη δε διατομή σταθμών Τ6-Τ1 το 4,21-13,68%, ενώ απουσιάζουν από το σταθμό Τ1. Στη Λεκάνη της Ιεράπετρας αποτελούν το 2,33-14,52%, ενώ στη Λεκάνη της Πελοποννήσου το 3,37% του συνόλου. Η μέγιστη συμμετοχή των ναυπλίων στους σταθμούς Α,Β,Σ (βάθους 2714-2837m), φτάνει το 3,08% ενώ σε κάποιες περιπτώσεις απουσιάζουν, στη δε διατομή σταθμών συμμετέχουν σε ποσοστό 1,10-13,68%. Πολύ μικρότερη είναι η συμμετοχή τους στις Λεκάνες της Ιεράπετρας και Πελοποννήσου, 0,47-1,79% και 1,60% αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες μειοβενθικές ομάδες συμμετέχουν σε πολύ μικρότερο βαθμό στη σύνθεση της μειοβενθικής βιοκοινωνίας ενώ δεν βρέθηκαν αντιπρόσωποι τους σε αρκετούς σταθμούς. Ομάδες όπως οι πολύχαιτοι και οι στροβιλιστικοί που στη βαθύαλη ζώνη εμφανίζονταν σταθερά έστω και με μικρές αφθονίες, δεν βρέθηκαν σε αρκετούς από τους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης.

3.4.4 Οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των τρηματοφόρων

Τα τρηματοφόρα χαρακτηρίζονται από χαμηλή αφθονία στους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης, με εξαίρεση το σταθμό στη Λεκάνη της Πελοποννήσου όπου είναι σημαντικά μεγαλύτερη (Πίν. 3.4.1). Συγκεκριμένα, στα άνω 6cm του ιζήματος, στους σταθμούς Α, Β, Σ (βάθους 2714-2837m), η αφθονία τους κυμαίνεται από 1,89-11,95 άτομα 10cm^{-2} τον Απρίλιο 2001 στους σταθμούς Σ και Β αντίστοιχα, και από 2,83-7,55 άτομα 10cm^{-2} στο σταθμό Β και στους Α και Σ (σχ. 3.4.7α). Ανάμεσα στις δύο δειγματοληπτικές περιόδους, μόνο στο σταθμό Β η αφθονία των τρηματοφόρων μεταβάλλεται σημαντικά (t-test, $p < 0.05$). Κατά μήκος της διατομής σταθμών Τ6-Τ1, η αφθονία δε μεταβάλλεται

σημαντικά (σχ. 3.4.7β), και κυμαίνεται από 5,66 άτομα 10cm^{-2} (Στ. T4) έως 15,40 (Στ. T1), ενώ στη Λεκάνη της Ιεράπετρας από 0,80 (Στ. Ier1) έως 4,33 άτομα 10cm^{-2} (Στ. Ier3, σχ. 3.4.7γ). Στη Λεκάνη της Πελοποννήσου, τα τρηματοφόρα παρουσιάζουν αφθονία 80,52 άτομα 10cm^{-2} (μόλις στα άνω 4cm του ιζήματος, σχ. 3.4.7γ).

Σε συνάρτηση με το βάθος στο ίζημα, η αφθονία των τρηματοφόρων μειώνεται προς τα βαθύτερα στρώματα, ενώ σε πολλές περιπτώσεις απουσιάζουν τελείως κάτω από τα 2cm ιζήματος (σχ.3.4.8). Συγκεκριμένα, μόνο στους σταθμούς B (Απρ.2001), και σταθμούς Ier3 και Pe1 βρέθηκαν τρηματοφόρα σε βάθος κάτω από τα 2cm στο ίζημα, με την πλειοψηφία των ατόμων (73-98%) να συγκεντρώνεται στα άνω 2cm, και μόλις το 2-24% στο στρώμα των 2-4cm. Στους υπόλοιπους σταθμούς, το 100% των ατόμων βρέθηκαν στα άνω 2cm του ιζήματος. Εξετάζοντας το αφθονότερο αυτό στρώμα σε επιμέρους στρώματα πάχους μισού ή ενός εκατοστού διαπιστώνουμε τα παρακάτω (σχ. 3.4.9): σε όλους τους σταθμούς βάθους 2714-2837m και της διατομής T6-T1, πλην του σταθμού T3, και στο ανώτερο στρώμα 0-0,5cm συγκεντρώνεται ο μεγαλύτερος αριθμός ατόμων τρηματοφόρων (70-100%), ενώ το 0-26%, 0-17% και 0-4% αντίστοιχα συγκεντρώνεται στα βαθύτερα στρώματα (0,5-1), (1-1.5) και (1.5-2)cm. Στο σταθμό T3, η % κατανομή των τρηματοφόρων στα επιμέρους στρώματα είναι (προς τα βαθύτερα) 33, 42, 21 και 4%. Στη Λεκάνη της Ιεράπετρας, το 53-100% των ατόμων βρέθηκε στο ανώτερο εκατοστό του ιζήματος (0-1cm) και το 0-20% στο επόμενο (1-2cm).

3.4.5 Οριζόντια κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων

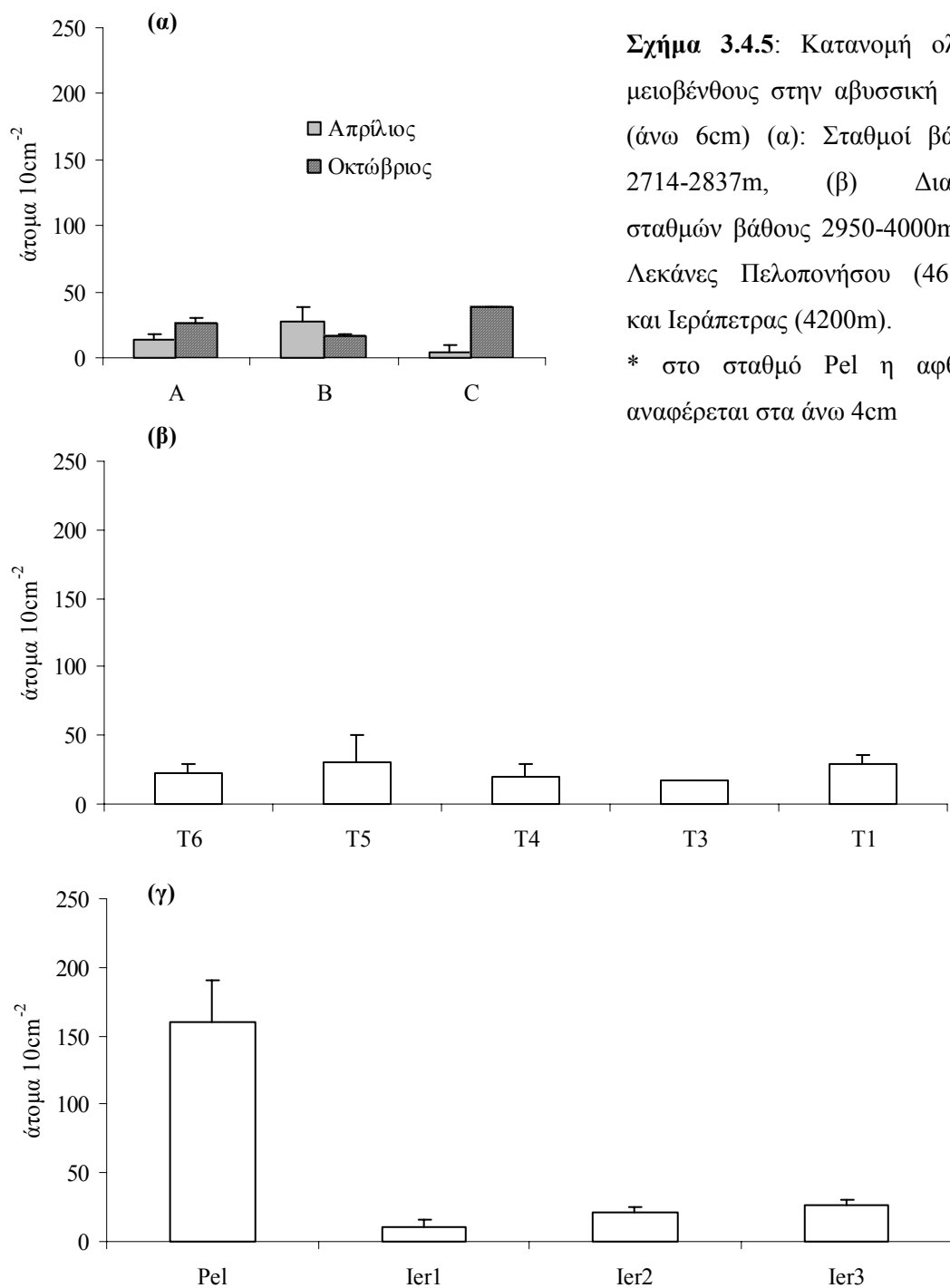
Νηματώδεις

Στην αβυσσική ζώνη, η ομάδα των νηματωδών παρουσιάζει επίσης χαμηλή αφθονία, με εξαίρεση το σταθμό στη Λεκάνη της Πελοποννήσου όπου η αφθονία τους είναι αυξημένη (Πίν. 3.4.1). Στους σταθμούς A, B, C η αφθονία των νηματωδών στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος κυμαίνεται τον Απρίλιο 2001 από 1,89 έως 13,20 άτομα 10cm^{-2} στο σταθμό C και σταθμό B αντίστοιχα, ενώ τον Οκτώβριο 2001 κυμαίνεται από 12,89 έως 28,92 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς B και C αντίστοιχα (σχ. 3.4.10α). Στους σταθμούς A και C, η αφθονία

των νηματώδων μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ των δύο δειγματοληπτικών περιόδων ($p < 0,01$ και $p < 0,05$ αντίστοιχα). Επίσης, και κατά μήκος της διατομής των σταθμών T6-T1, δεν παρατηρείται σημαντική μεταβολή. Καταμετρήθηκαν 7,55 έως 13,20 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς T3,T4 (ελάχιστη τιμή) και T5 αντίστοιχα (σχ. 3.4.10β) και 8,61 (Στ. Ier1) έως 16,32 άτομα 10cm^{-2} (Στ. Ier3) στη Λεκάνη της Ιεράπετρας (σχ.3.4.10γ). Υψηλότερη αφθονία καταμετρήθηκε στο σταθμό Pe1 στη Λεκάνη της Πελοποννήσου, 69,56 άτομα 10cm^{-2} (στα άνω 4 εκατοστά του ιζήματος, σχ. 3.4.10γ).

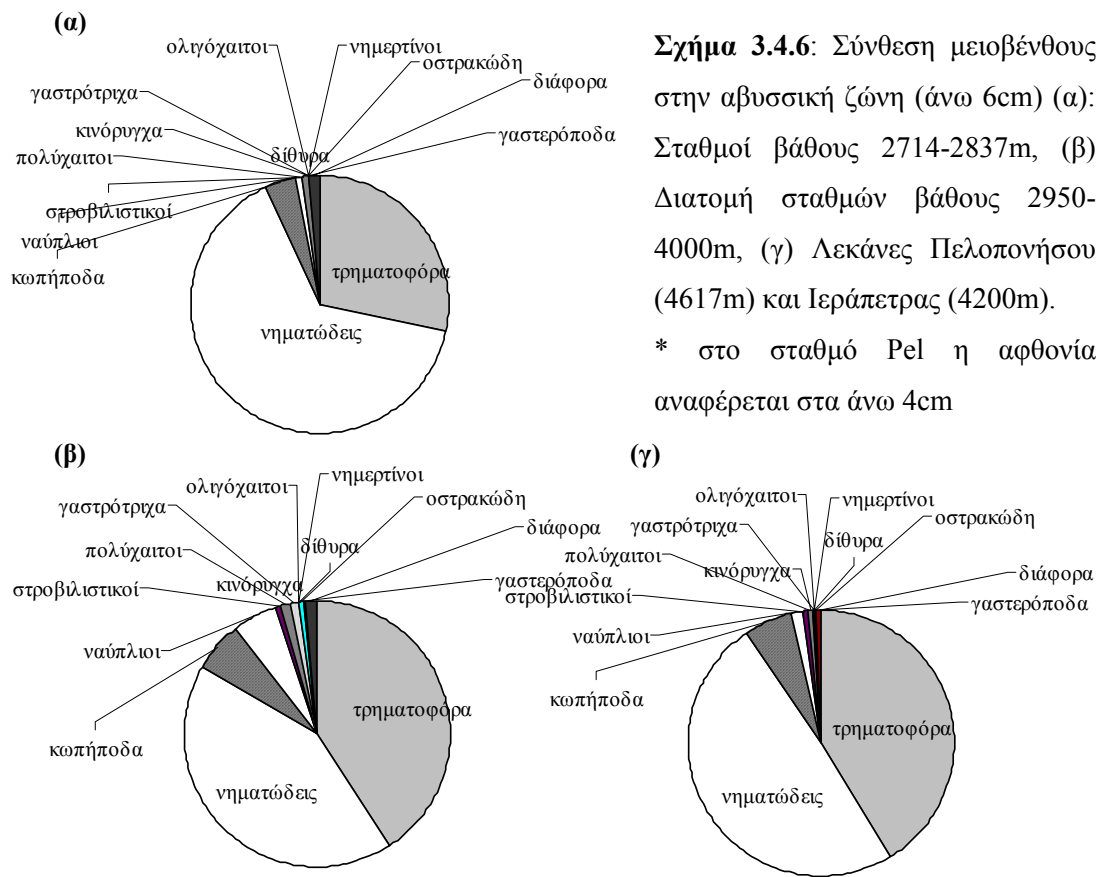
Πίνακας 3.4.1: Αφθονίες ομάδων μειοβένθους στα άνω 6cm του ιζήματος (στο σταθμό Pel στα άνω 4cm) στην αβυσσική ζώνη. Σταθμοί βάθους 2714-2837m, Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m), διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m.

| | | A | B | C | A | B | C | T6 | T5 | T4 | T3 | T1 | Pel | Ier1 | Ier2 | Ier3 |
|---------------------|--------------------------|----------|-------|------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | Απρίλιος | | | Οκτώβριος | | | | | | | | | | | |
| τρηματοφόρα | άτομα 10cm ⁻² | 3,77 | 11,95 | 1,89 | 7,55 | 2,83 | 7,55 | 8,59 | 13,20 | 5,66 | 5,03 | 15,40 | 80,52 | 0,80 | 4,28 | 4,33 |
| | τ.σ. | 2,74 | 3,82 | 2,74 | 4,45 | 0,44 | 0,00 | 3,68 | 14,23 | 4,12 | 2,88 | 7,56 | 14,44 | 0,78 | 0,70 | 0,92 |
| νηματώδεις | άτομα 10cm ⁻² | 6,92 | 13,20 | 1,89 | 17,61 | 12,89 | 28,92 | 9,85 | 13,20 | 7,55 | 7,55 | 11,95 | 69,56 | 8,61 | 13,12 | 16,32 |
| | τ.σ. | 1,09 | 5,15 | 2,18 | 0,00 | 0,44 | 0,89 | 4,09 | 10,67 | 4,53 | 4,12 | 0,00 | 21,94 | 4,42 | 3,55 | 4,97 |
| κωπήποδα | άτομα 10cm ⁻² | 1,68 | 1,05 | 0,21 | 0,31 | 0,31 | 1,26 | 2,10 | 1,26 | 2,72 | 1,26 | 0,00 | 5,41 | 0,24 | 2,92 | 3,81 |
| | τ.σ. | 0,96 | 1,31 | 0,36 | 0,44 | 0,44 | 1,78 | 1,31 | 1,78 | 0,96 | 0,63 | 0,00 | 1,02 | 0,08 | 0,85 | 0,99 |
| ναύπλιοι κωπηπόδων | άτομα 10cm ⁻² | 0,42 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 0,00 | 0,84 | 0,94 | 2,72 | 1,47 | 0,31 | 2,57 | 0,05 | 0,33 | 0,47 |
| | τ.σ. | 0,36 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,96 | 0,44 | 1,58 | 1,58 | 0,44 | 2,76 | 0,08 | 0,16 | 0,08 |
| στροβιλιστικοί | άτομα 10cm ⁻² | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,31 | 0,81 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| | τ.σ. | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,44 | 0,70 | 0,00 | 0,00 | 0,08 |
| πολύχαιτοι | άτομα 10cm ⁻² | 0,21 | 0,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 1,05 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,81 | 0,00 | 0,09 | 0,24 |
| | τ.σ. | 0,36 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,73 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 0,70 | 0,00 | 0,08 | 0,41 |
| κινόρυγχα | άτομα 10cm ⁻² | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,19 | 0,14 | 0,05 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,16 | 0,14 | 0,08 |
| γαστρότριχα | άτομα 10cm ⁻² | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| νημερτίνοι | άτομα 10cm ⁻² | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| ολιγόχαιτοι | άτομα 10cm ⁻² | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| δίθυρα μαλάκια | άτομα 10cm ⁻² | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,08 |
| οστρακώδη | άτομα 10cm ⁻² | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,21 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,36 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| γαστερόποδα μαλάκια | άτομα 10cm ⁻² | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | τ.σ. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| διάφορα | άτομα 10cm ⁻² | 0,42 | 0,84 | 0,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,05 | 0,42 | 0,31 | 0,14 | 0,24 | 0,00 | 0,89 |
| | τ.σ. | 0,36 | 0,96 | 0,73 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,31 | 0,36 | 0,44 | 0,23 | 0,41 | 0,00 | 1,55 |
| ολικό μειοβένθος | άτομα 10cm ⁻² | 13,62 | 27,67 | 4,40 | 25,46 | 16,35 | 38,04 | 22,64 | 29,87 | 19,91 | 16,56 | 28,61 | 160,64 | 10,11 | 20,88 | 26,24 |
| | τ.σ. | 4,04 | 10,35 | 5,48 | 4,89 | 1,78 | 0,44 | 6,65 | 20,90 | 9,16 | 0,36 | 7,56 | 30,44 | 5,55 | 4,30 | 4,45 |



Σχήμα 3.4.5: Κατανομή ολικού μειοβένθους στην αβυσσική ζώνη (άνω 6cm) (α): Σταθμοί βάθους 2714-2837m, (β) Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, (γ) Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).

* στο σταθμό Pel η αφθονία αναφέρεται στα άνω 4cm



Σχήμα 3.4.6: Σύνθεση μειοβένθους στην αβυσσική ζώνη (άνω 6cm) (α): Σταθμοί βάθους 2714-2837m, (β) Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, (γ) Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).
* στο σταθμό Pel η αφθονία αναφέρεται στα άνω 4cm

Κωπήποδα και ναύπλιοι κωπηπόδων

Πολύ μικρές αφθονίες χαρακτηρίζουν τα ενήλικα άτομα των αρπακτικοειδών κωπηπόδων και ιδιαίτερα τους ναύπλιους στην αβυσσική ζώνη (Πίν. 3.4.1), οι οποίοι απουσιάζουν από το σταθμό C τον Απρίλιο 2001, και από τους σταθμούς A και C τον Οκτώβριο 2001. Στους σταθμούς A, B, C βάθους 2714-2837m, η αφθονία των κωπηπόδων στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος κυμαίνεται από 0,21 έως 1,68 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς C και A αντίστοιχα (Απρίλιος 2001), και από 0,31 έως 1,26 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς A,B και C αντίστοιχα (Οκτώβριος, σχ. 3.4.11α). Στους σταθμούς T6-T1 (σχ. 3.4.11β), η αφθονία των ενήλικων κωπηπόδων κυμαίνεται από 0 (Στ. T1) έως 2,72 άτομα 10cm^{-2} (T4), στη δε λεκάνη της Ιεράπετρας (σχ. 3.4.11γ) από 0,24 (Στ. Ier1) έως 3,81 άτομα 10cm^{-2} (Στ. Ier3). Σημαντικά μεταβάλλεται όμως (αν και πάλι σε χαμηλά επίπεδα) στο Σταθμό Pel στη λεκάνη της Πελοποννήσου, όπου καταμετρήθηκαν 5,41 άτομα 10cm^{-2} (σχ. 3.4.11γ).

Οι ναύπλιοι παρουσιάζουν αφθονία 0-0,42 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς C και A αντίστοιχα (Απρίλιος), και 0-0,31 άτομα 10cm^{-2} στους σταθμούς A, C (όπου απουσιάζουν) και B αντίστοιχα (Οκτώβριος, σχ. 3.4.12α). Κατά μήκος της διατομής σταθμών T6-T1 (σχ. 3.4.12β), η αφθονία των ναυπλίων κυμαίνεται από 0,31 (Στ. T1) έως 2,72 άτομα 10cm^{-2} (Στ. T4), στη δε Λεκάνη της Ιεράπετρας (σχ. 3.4.12γ) από 0,05 έως 0,47 άτομα 10cm^{-2} (Στ. Ier1 & Ier3 αντίστοιχα). Στη Λεκάνη της Πελοποννήσου, καταμετρήθηκαν 2,57 άτομα 10cm^{-2} (σχ. 3.4.12γ).

Άλλες μειοβενθικές ομάδες.

Οι υπόλοιπες μειοβενθικές ομάδες (πολύχαιτοι, στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες και άλλες δευτερεύουσες από άποψη συμμετοχής στο ολικό μειοβένθος ομάδες) χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλές έως και μηδενικές σε αρκετές περιπτώσεις αφθονίες (Πίν. 3.4.1), με αποτέλεσμα η κατανομή τους να μπορεί δύσκολα να μελετηθεί. Οι πολύχαιτοι παρουσιάζουν μέγιστη αφθονία μόλις 1,05 άτομα 10cm^{-2} (Στ. T6), οι στροβιλιστικοί 0,81 άτομα 10cm^{-2} (Στ. Pel), τα γαστροτόριχα 1,26 άτομα 10cm^{-2} (Στ. T5), τα οστρακάδη 0,31 άτομα 10cm^{-2} (Στ. T1).

3.4.6 Κατακόρυφη κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων

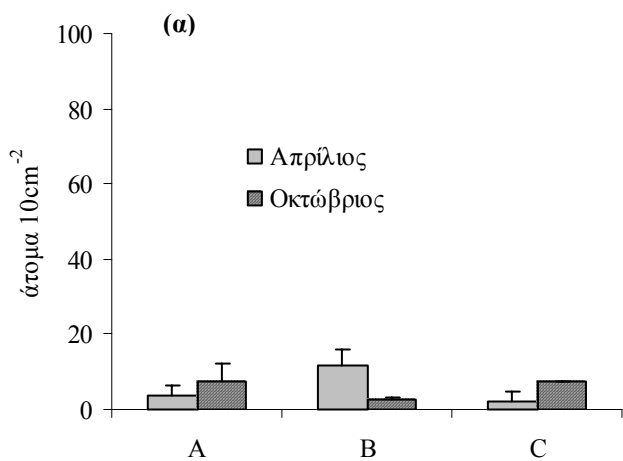
Νηματώδεις

Στην αβυσσική ζώνη, η αφθονία των νηματωδών μειώνεται σε συνάρτηση με το βάθος του ιζήματος (σχ. 3.4.13), ενώ σε αρκετές περιπτώσεις το σύνολο των ατόμων συγκεντρώνεται στα άνω 2cm του ιζήματος. Αναλύοντας το αφθονότερο αυτό επιφανειακό στρώμα σε επιμέρους στρώματα πάχους μισού ή ενός εκατοστού, παρατηρούμε ότι στους περισσότερους σταθμούς, οι νηματώδεις συγκεντρώνονται στο ανώτερο μισό εκατοστό του ιζήματος, ή στο επιφανειακό στρώμα (0,5-1)cm, σε κάθε περίπτωση όμως η πλειοψηφία (μέχρι και σε ποσοστό 95%) των ατόμων συγκεντρώνεται στο ανώτερο εκατοστό του ιζήματος (σχ. 3.4.14). Συγκεκριμένα, στους σταθμούς A, B, C και στη διατομή σταθμών T6-T1, στο ανώτερο στρώμα ιζήματος 0-0,5cm συγκεντρώνεται το 24-71% των ατόμων και το 13-55%, 2-23% και 0-12% αντίστοιχα στα βαθύτερα στρώματα των (0,5-1), (1-1,5) και (1,5-2)cm. Στη

Λεκάνη της Ιεράπετρας, το 43-95% και το 2-29% των ατόμων καταμετρήθηκε στα στρώματα ιζήματος (0-1) και (1-2)cm αντίστοιχα.

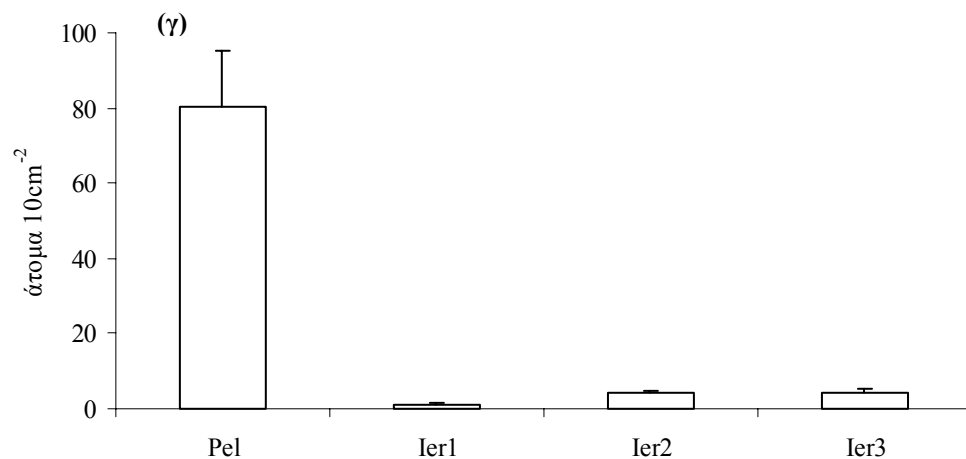
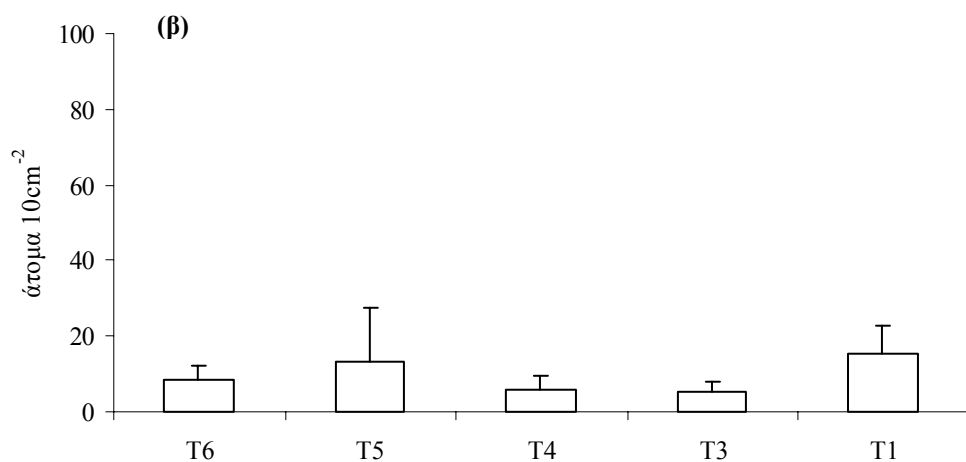
Κωπήποδα και ναύπλιοι κωπηπόδων και υπόλοιπες μειοβενθικές ομάδες

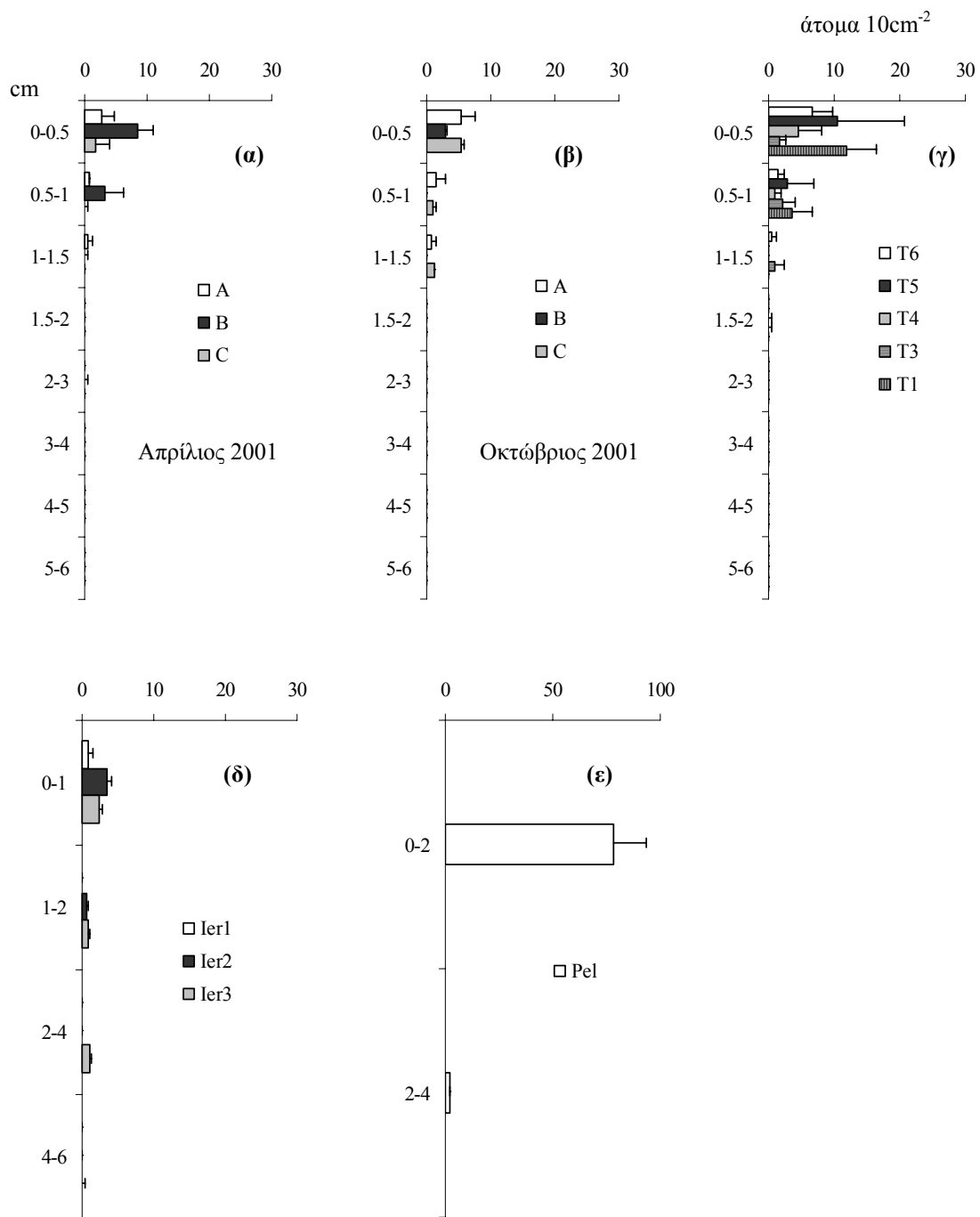
Στους σταθμούς A, B, C βάθους 2714-2837m και κατά μήκος της διατομής σταθμών T6-T1, όλα τα ενήλικα άτομα καθώς και οι ναύπλιοι των κωπηπόδων που βρέθηκαν συγκεντρώνονται στα άνω 2 εκατοστά του ιζήματος (σχ. 3.4.15 & 3.4.17). Εξάλλου, τόσο στη λεκάνη της Ιεράπετρας όσο και της Πελοποννήσου, στο ανώτερο στρώμα των 2 εκατοστών συγκεντρώνεται επίσης η πλειοψηφία των ενήλικων ατόμων (98-100% και 95% αντίστοιχα) καθώς και το σύνολο των ναυπλίων (στη Λεκάνη της Ιεράπετρας) και το 95% των ναυπλίων (στη Λεκάνη της Πελοποννήσου) (σχ. 3.4.16 & 3.4.18). Ως προς τα επιμέρους στρώματα πάχους μισού ή ενός εκατοστού του αφθονότερου επιφανειακού στρώματος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η κατανομή δεν μπορεί να ερμηνευτεί με ασφάλεια, δεδομένης της πολύ μικρής αφθονίας τόσο των ενήλικων ατόμων τόσο και των ναυπλίων, με αποτέλεσμα την εμφάνιση 1 ή 2 ατόμων μόνο σε κάποιο στρώμα. Η τελευταία παρατήρηση αφορά φυσικά και τις άλλες (μικρότερης συμμετοχής) μειοβενθικές ομάδες που χαρακτηρίζονται από πολύ μικρότερες μέχρι και μηδενικές αφθονίες στους σταθμούς που μελετήθηκαν στην αβυσσική ζώνη.



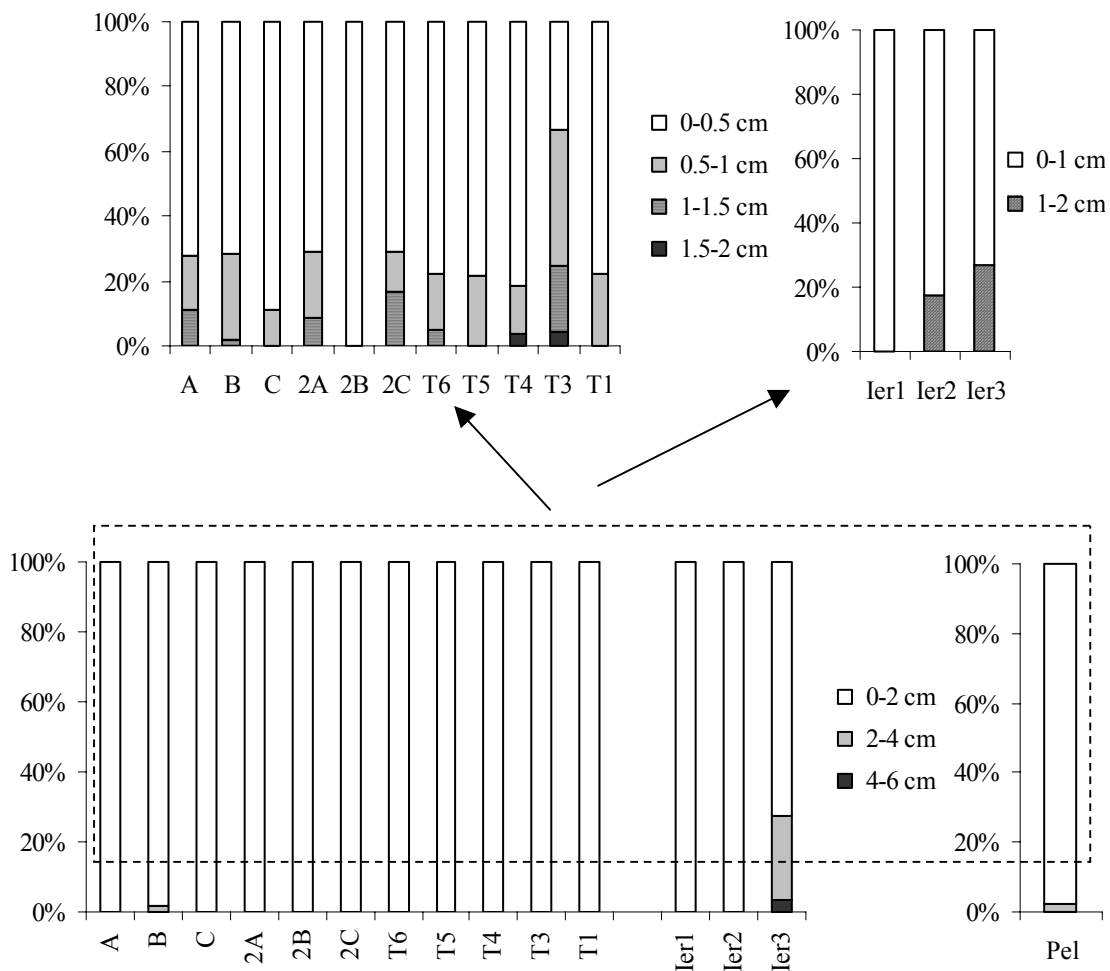
Σχήμα 3.4.7: Κατανομή των τριματοφόρων στην αβυσσική ζώνη (άνω 6cm) (α): Σταθμοί βάθους 2714-2837m, (β) Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, (γ) Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).

* στο σταθμό Pel η αφθονία αναφέρεται στα άνω 4cm

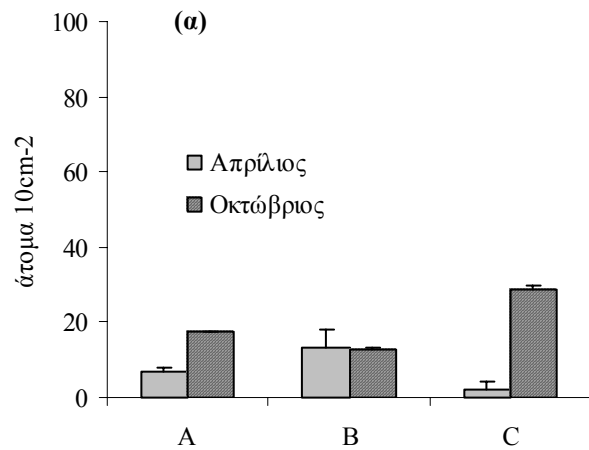




Σχήμα 3.4.8: Κατακόρυφη κατανομή των τρηματοφόρων στην αβυσσική ζώνη (α,β): Σταθμοί βάθους 2714-2837m, (β) Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, (γ) Δεκάμενες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).

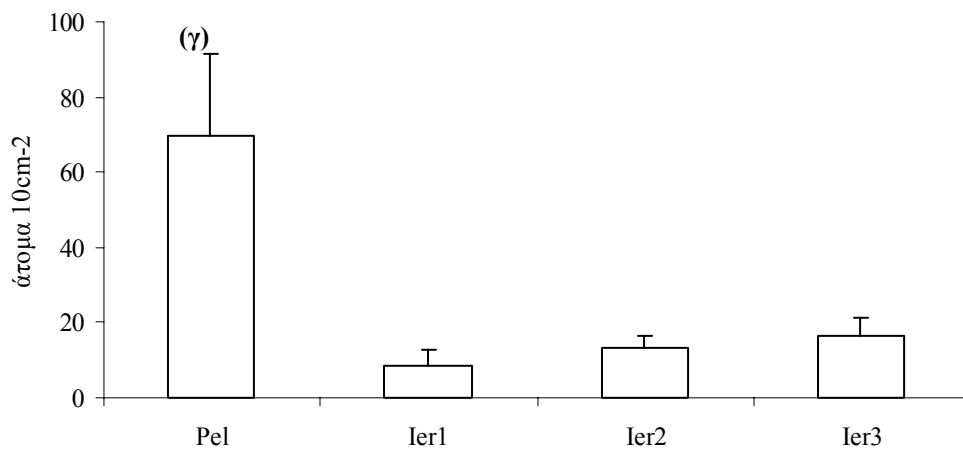
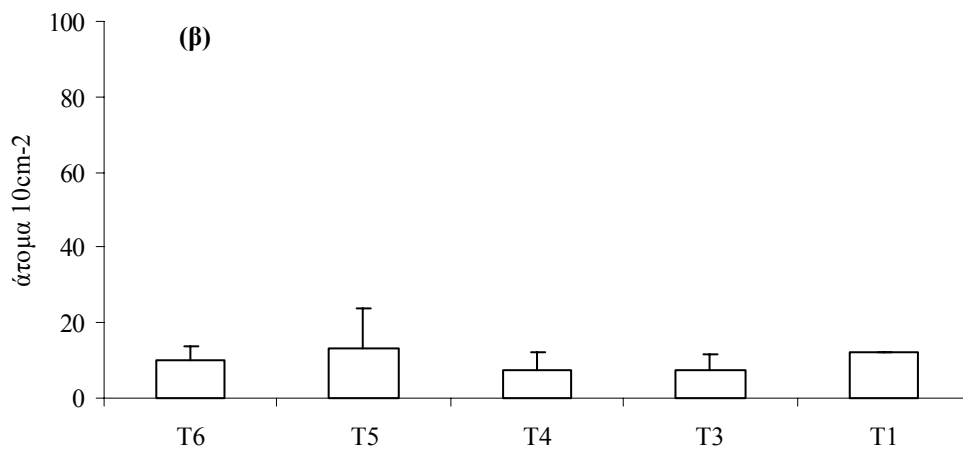


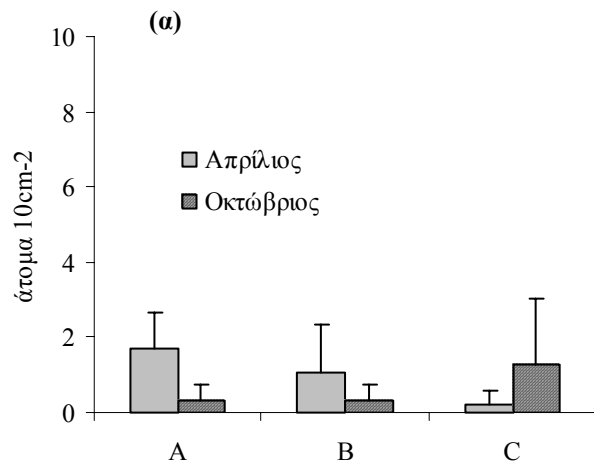
Σχήμα 3.4.9: Ποσοστιαία κατανομή των τρηματοφόρων στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στην αβυσσική ζώνη: Σταθμοί βάθους 2714-2837m, Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).



Σχήμα 3.4.10: Κατανομή των νηματωδών στην αβυσσική ζώνη (άνω 6cm) (α): Σταθμοί βάθους 2714-2837m, (β) Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, (γ) Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).

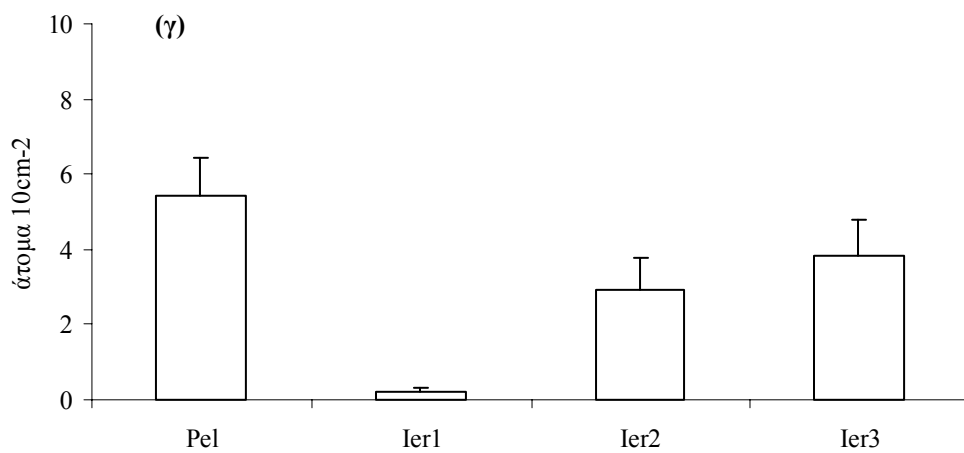
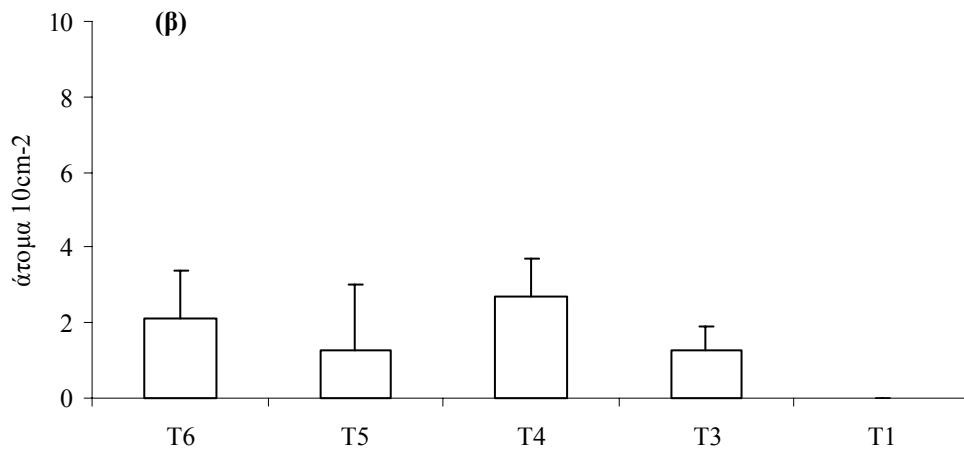
* στο σταθμό Pel η αφθονία αναφέρεται

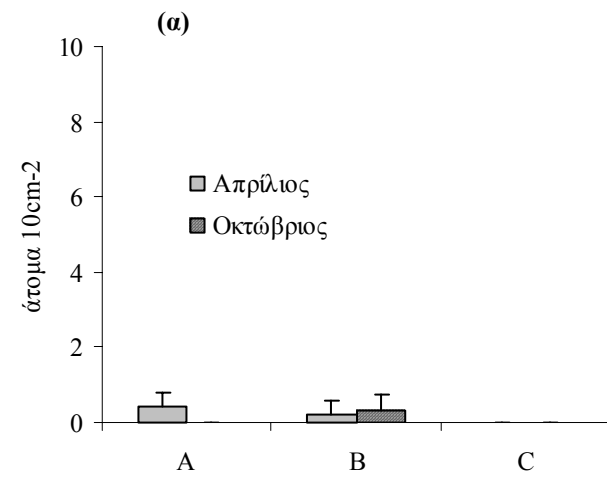




Σχήμα 3.4.11: Κατανομή των ενήλικων κοπηπόδων στην αβυσσική ζώνη (άνω 6cm) (α): Σταθμοί βάθους 2714-2837m, (β) Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, (γ) Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).

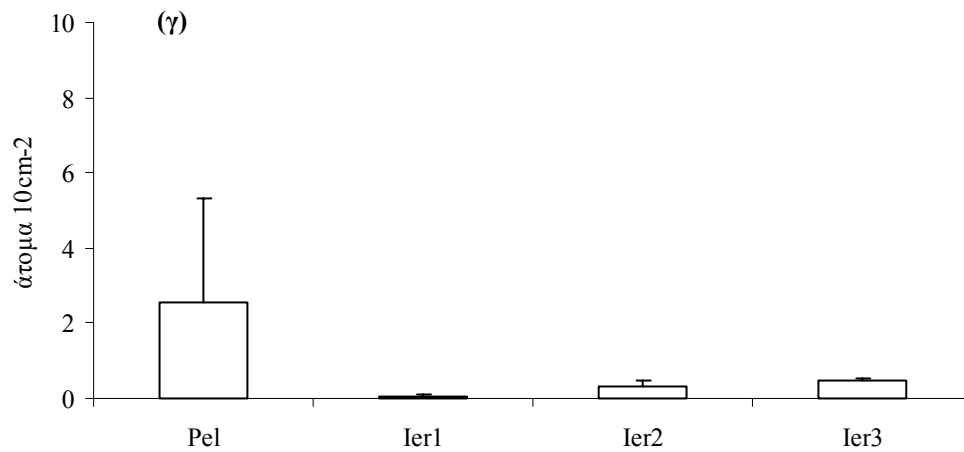
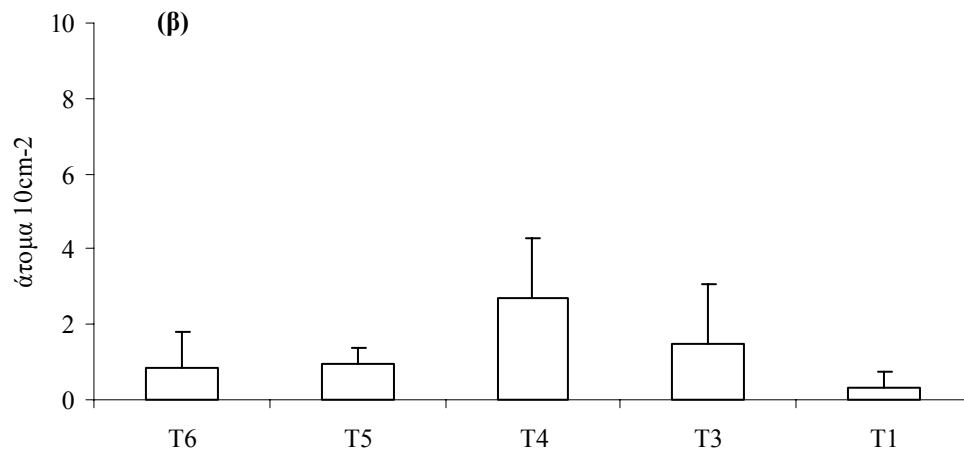
* στο σταθμό Pel η αφθονία αναφέρεται στα άνω 4cm

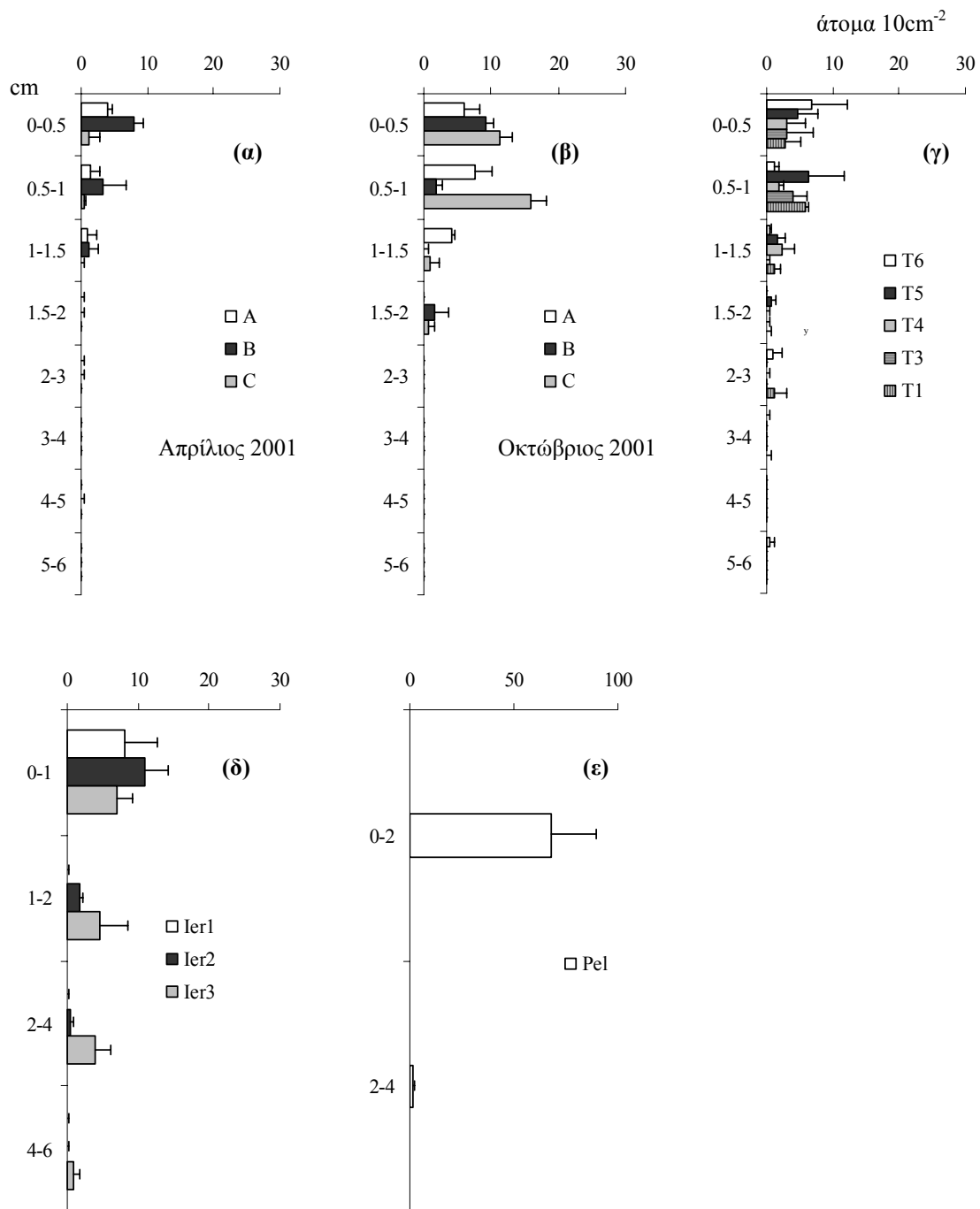




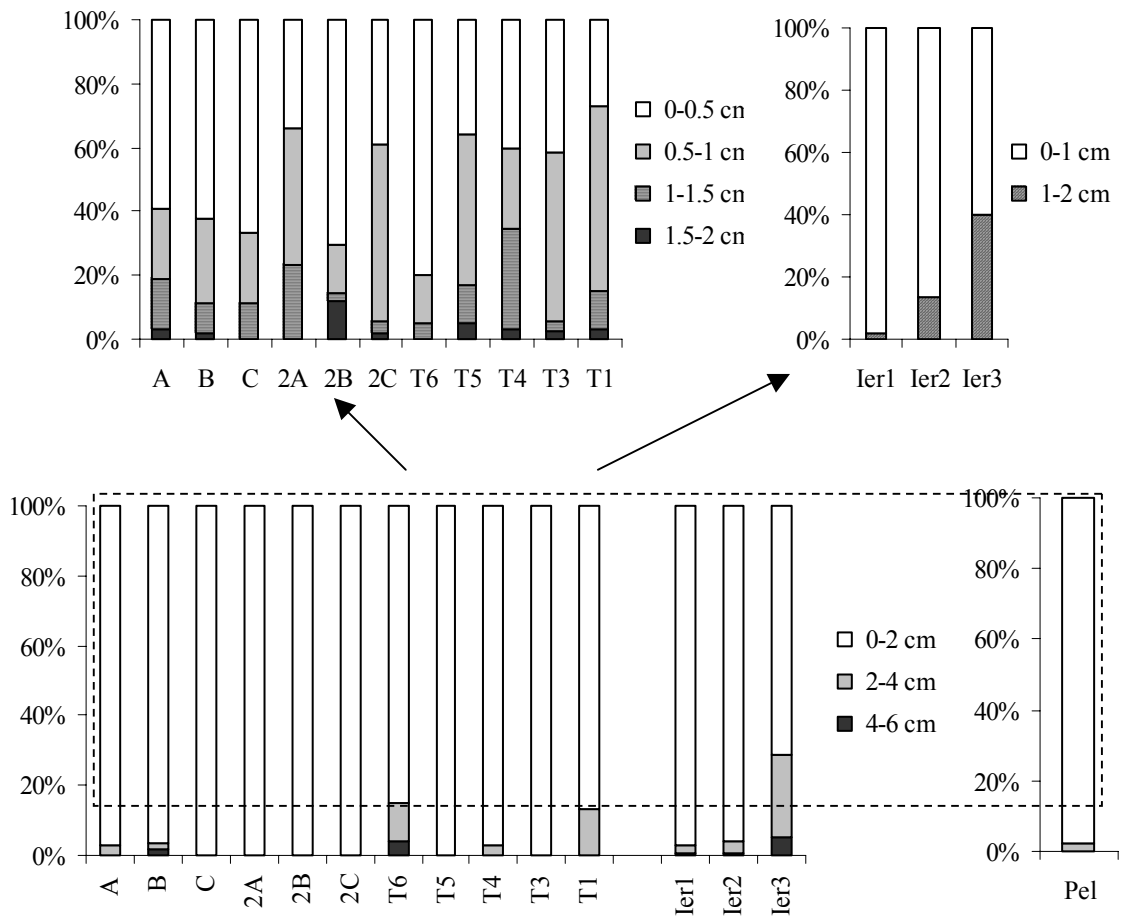
Σχήμα 3.4.12: Κατανομή των ναυπλίων κωπηπόδων στην αβυσσική ζώνη (άνω 6cm) (α): Σταθμοί βάθους 2714-2837m, (β) Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, (γ) Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).

* στο σταθμό Pel η αφθονία αναφέρεται στα άνω 4cm

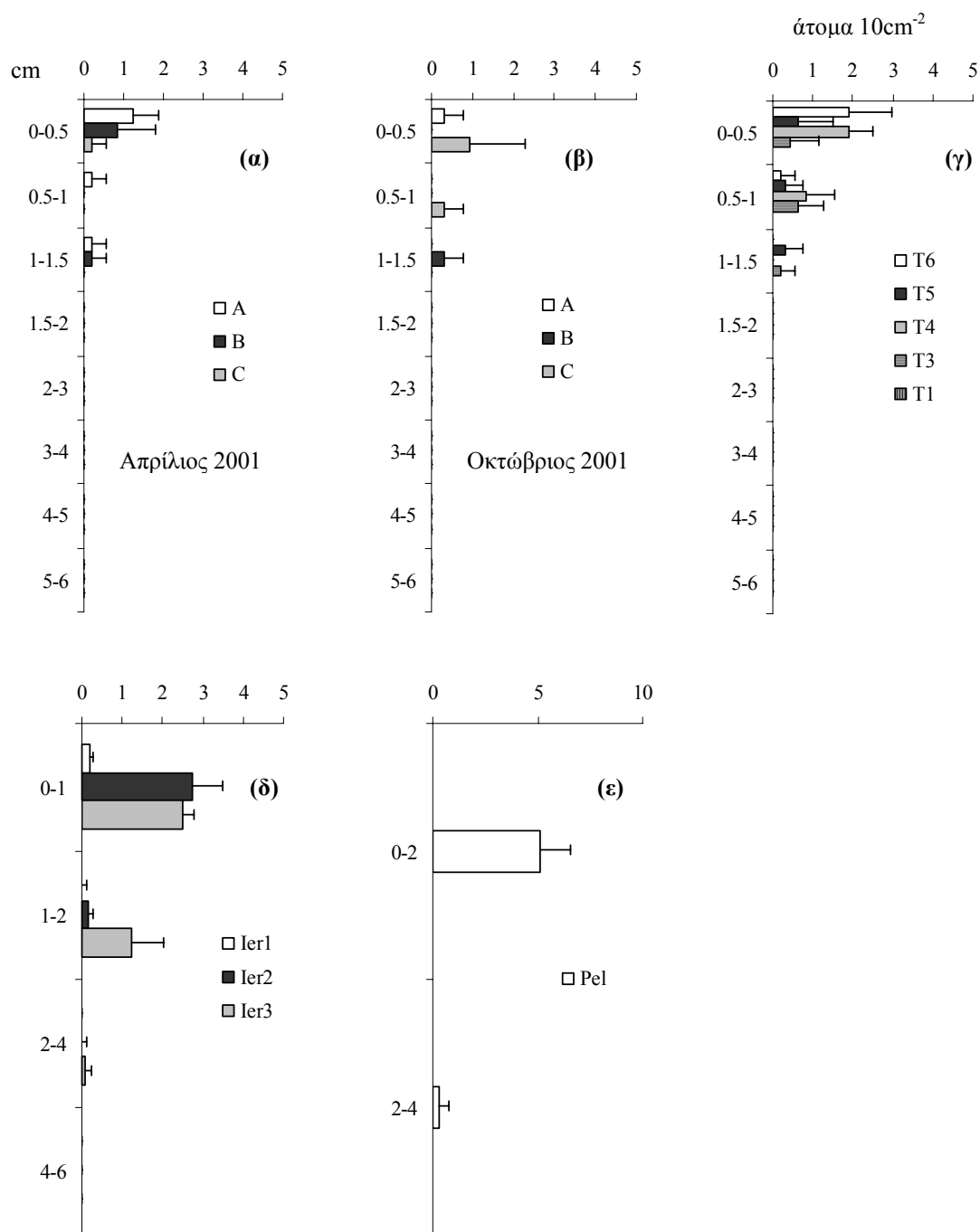




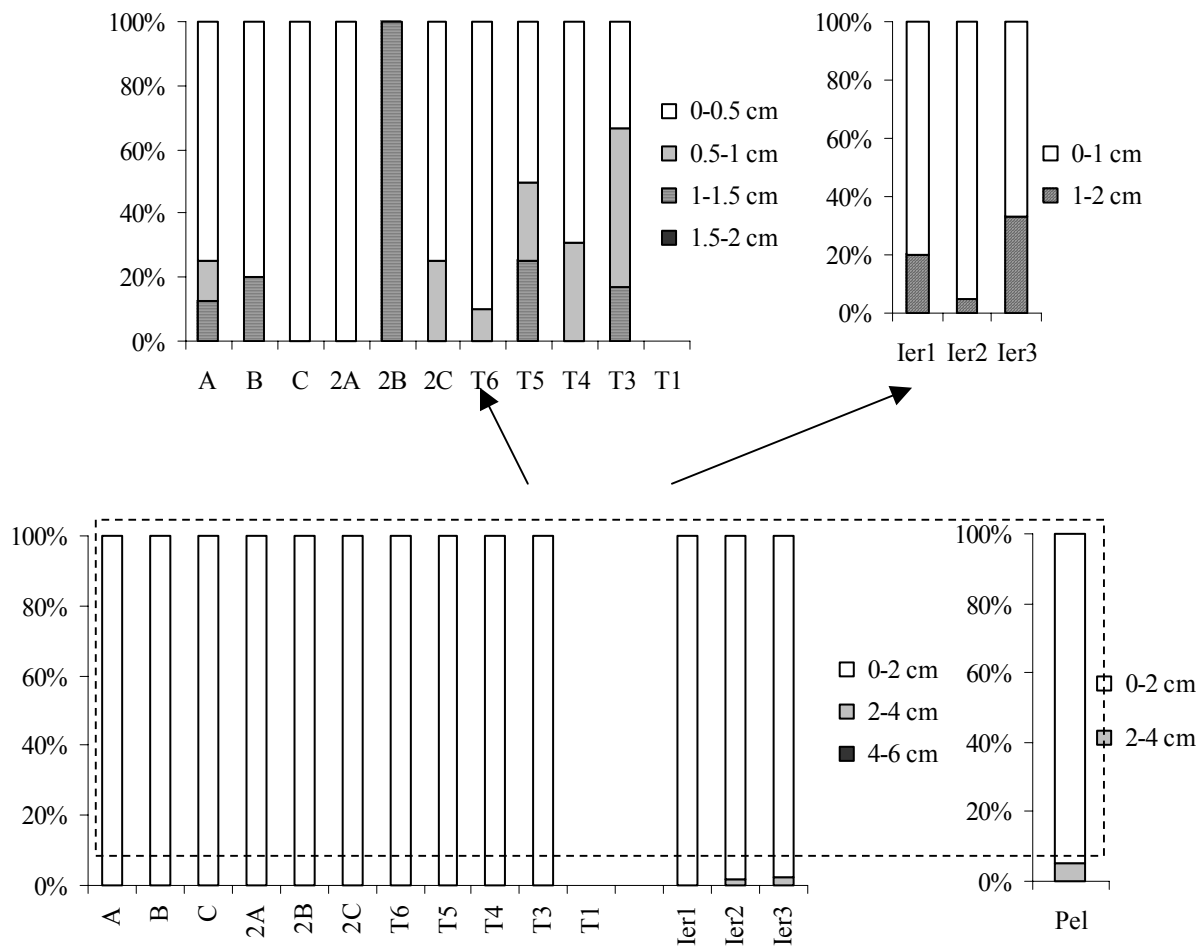
Σχήμα 3.4.13: Κατακόρυφη κατανομή των νηματωδών στην αβυσσική ζώνη (α,β): Σταθμοί βάθους 2714-2837m, (β) Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, (γ) Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).



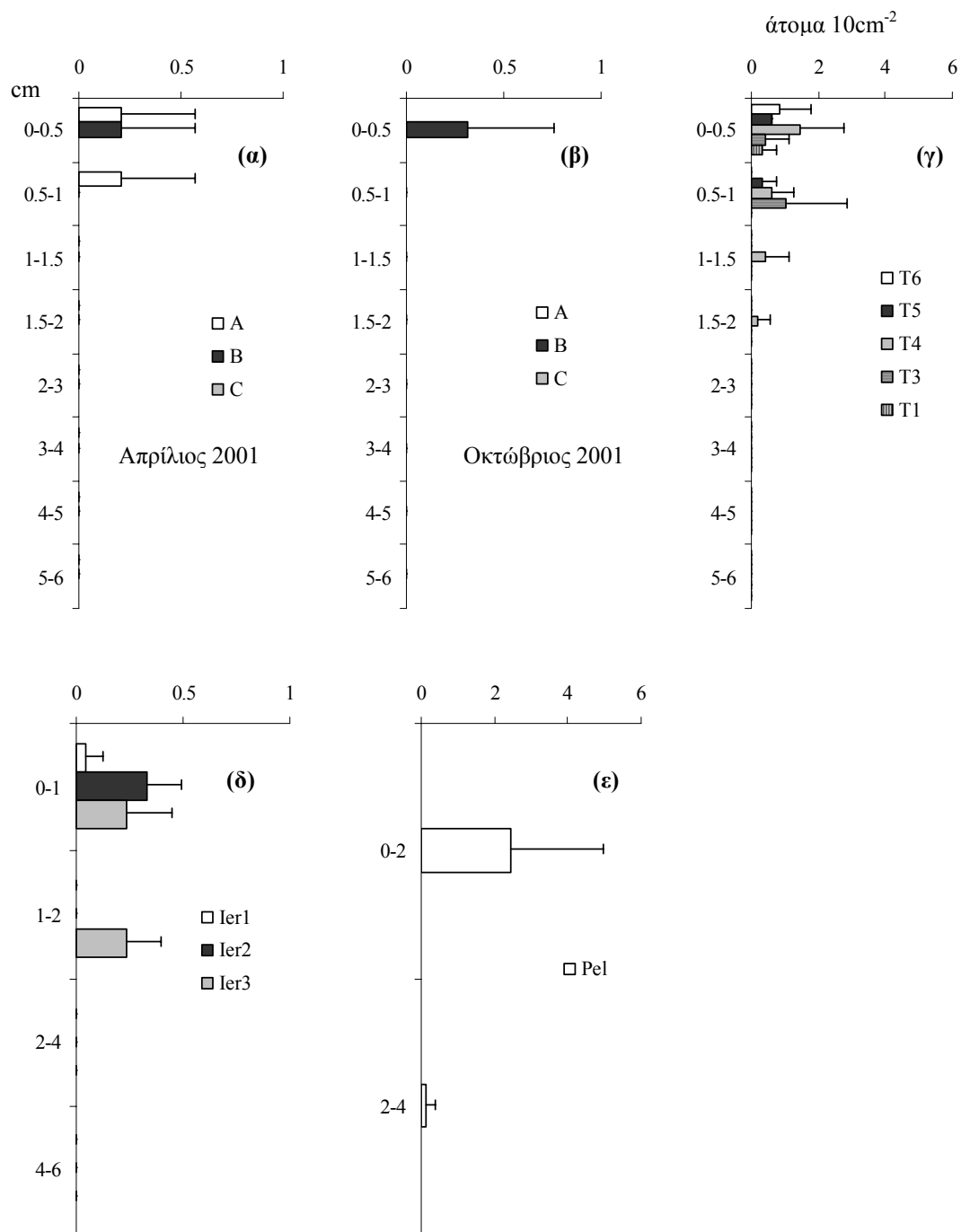
Σχήμα 3.4.14: Ποσοστιαία κατανομή των νηματωδών στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στην αβυσσική ζώνη: Σταθμοί βάθους 2714-2837m, Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).



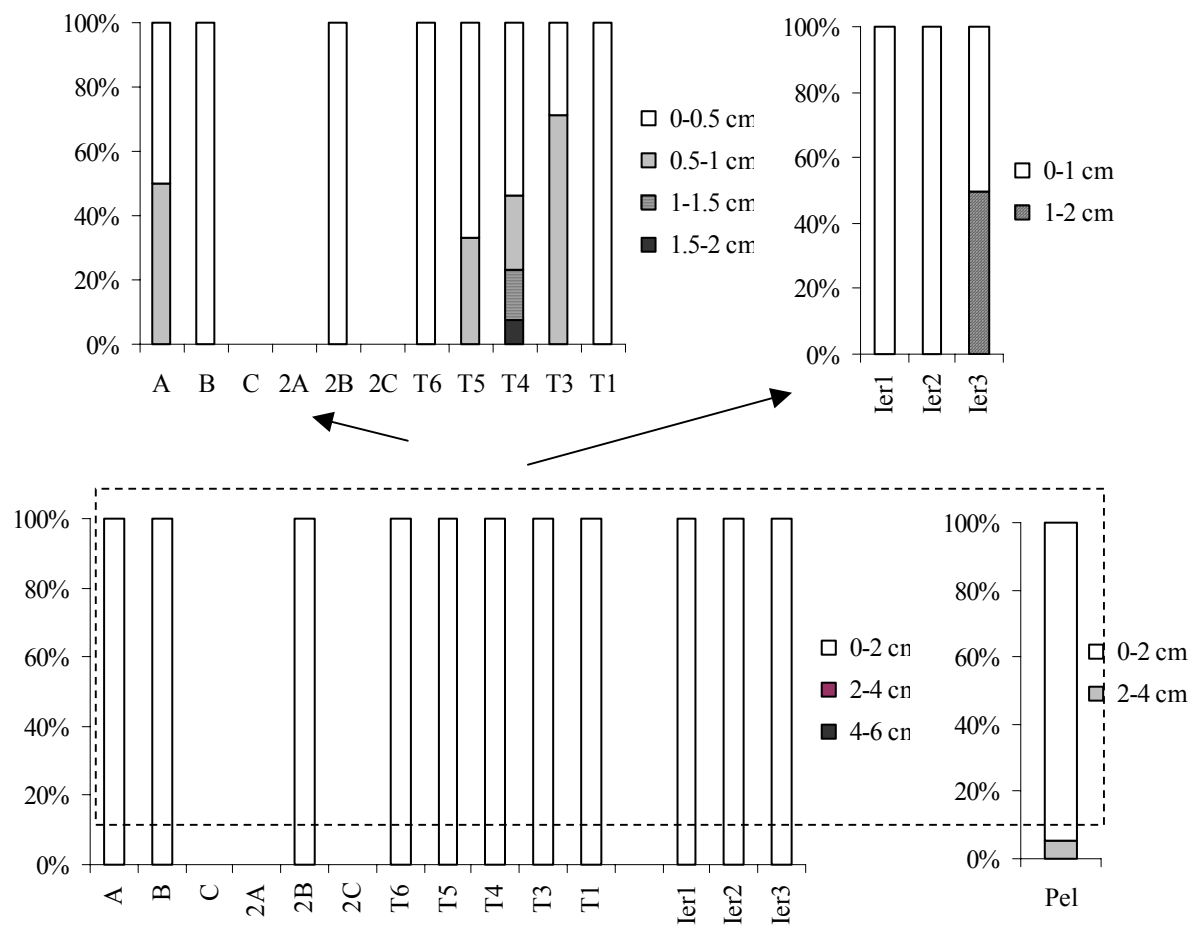
Σχήμα 3.4.15: Κατακόρυφη κατανομή των κωπηπόδων (ενήλικα άτομα) στην αβυσσική ζώνη (α,β): Σταθμοί βάθους 2714-2837m, (β) Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, (γ) Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).



Σχήμα 3.4.16: Ποσοστιαία κατανομή των κορηπόδων (ενήλικα άτομα) στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στην αβυσσική ζώνη : Σταθμοί βάθους 2714-2837m, Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).



Σχήμα 3.4.17: Κατακόρυφη κατανομή των ναυπλίων κωπηπόδων στην αβυσσική ζώνη (α,β): Σταθμοί βάθους 2714-2837m, (β) Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, (γ) Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).

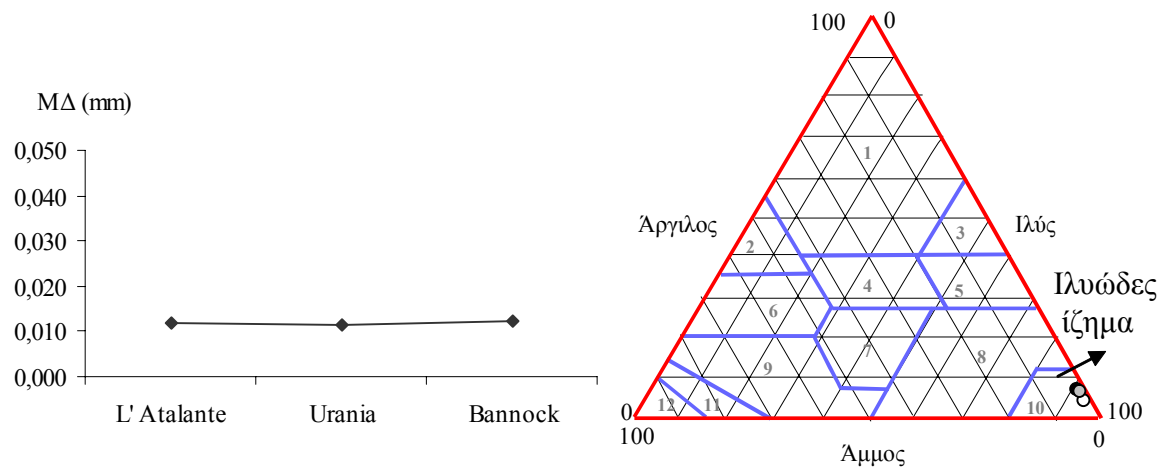


Σχήμα 3.4.18: Ποσοστιαία κατανομή των ναυπλίων στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στην αβυσσική ζώνη: Σταθμοί βάθους 2714-2837m, Διατομή σταθμών βάθους 2950-4000m, Λεκάνες Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4200m).

3.5 Το σύστημα των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας (*Deep Hypersaline Anoxic Basins*)

3.5.1 Ιζηματολογία

Τα επιφανειακά ιζήματα στην αβυσσική ζώνη, στην περιοχή των ανοξικών λεκανών διαφοροποιούνται σημαντικά εντός και εκτός της ανοξικής περιοχής υψηλής αλατότητας. Στη φυσιολογική περιοχή, η εικόνα των επιφανειακών ιζημάτων (άνω 5cm) είναι η τυπική εικόνα που συναντά κανείς στην αβυσσική ζώνη της Ανατολικής Μεσογείου, δηλαδή λεπτόκοκκα και ιλυώδη (σχ. 3.5.1). Η μέση τιμή της διαμέτρου των κόκκων είναι 0,012mm (στοιχεία από τη φυσιολογική περιοχή εκτός των λεκανών Atalante, Urania και Bannock), και αποτελούνται κυρίως από ιλύ και άργιλο (σε ποσοστό 93,97% κατά μ.ο.). Η ταξινόμηση (σ) είναι φτωχή (1,102-1,404φ), η λοξότητα (Sk1) συμμετρική (-0,075 έως 0,041φ) ενώ ως προς την παράμετρο της κύρτωσης (k_u) απέχουν από τη συμμετρία κατανομής των κόκκων σε επίπεδο εξαιρετικά λεπτόκυρτης

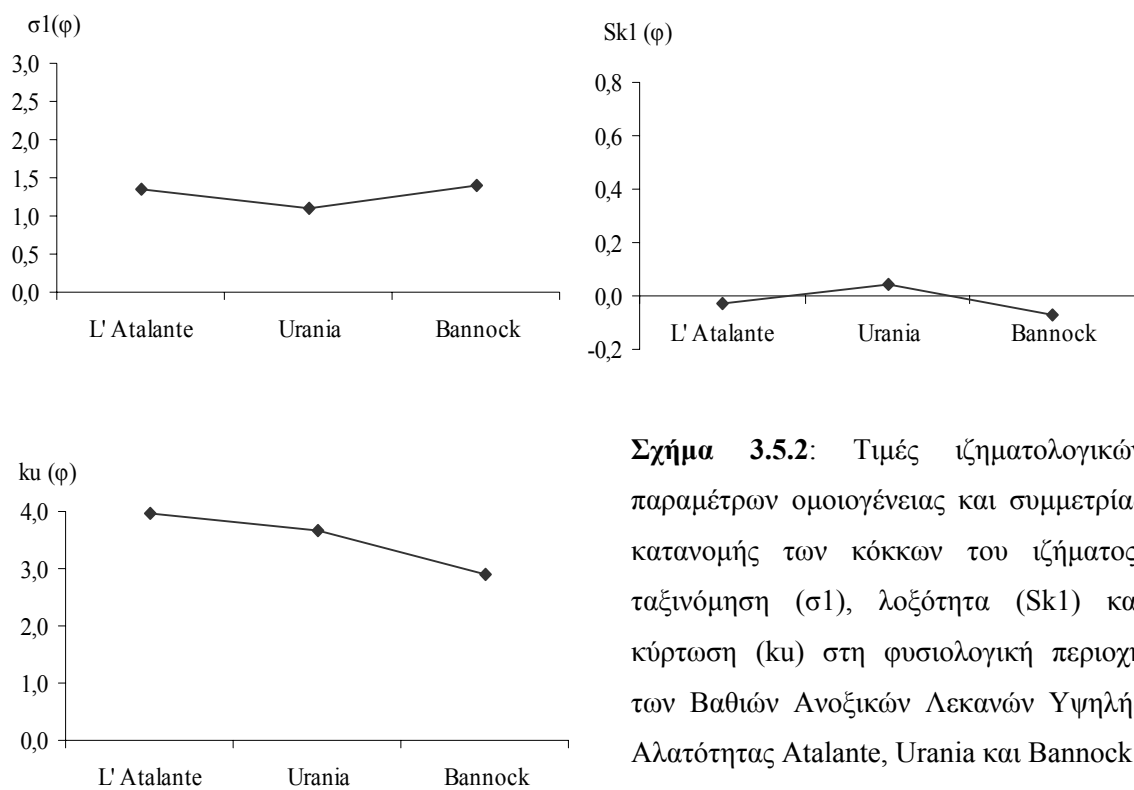


Σχήμα 3.5.1: (α) Μέση τιμή της διαμέτρου των κόκκων του ιζήματος (ΜΔ), (β) Χαρακτηρισμός των επιφανειακών ιζημάτων με το σύστημα τριγωνικής απεικόνισης των % αναλογιών άμμου-ιλύος-αργίλου στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας Atalante, Urania και Bannock.

(2,900-3,971φ, σχ. 3.5.2).

Μέσα στην ανοξική περιοχή των λεκανών, το ιζημα δεν παρουσιάζει την κλασσική εικόνα του θαλάσσιου ιζήματος στη βαθιά θάλασσα της Ανατολικής

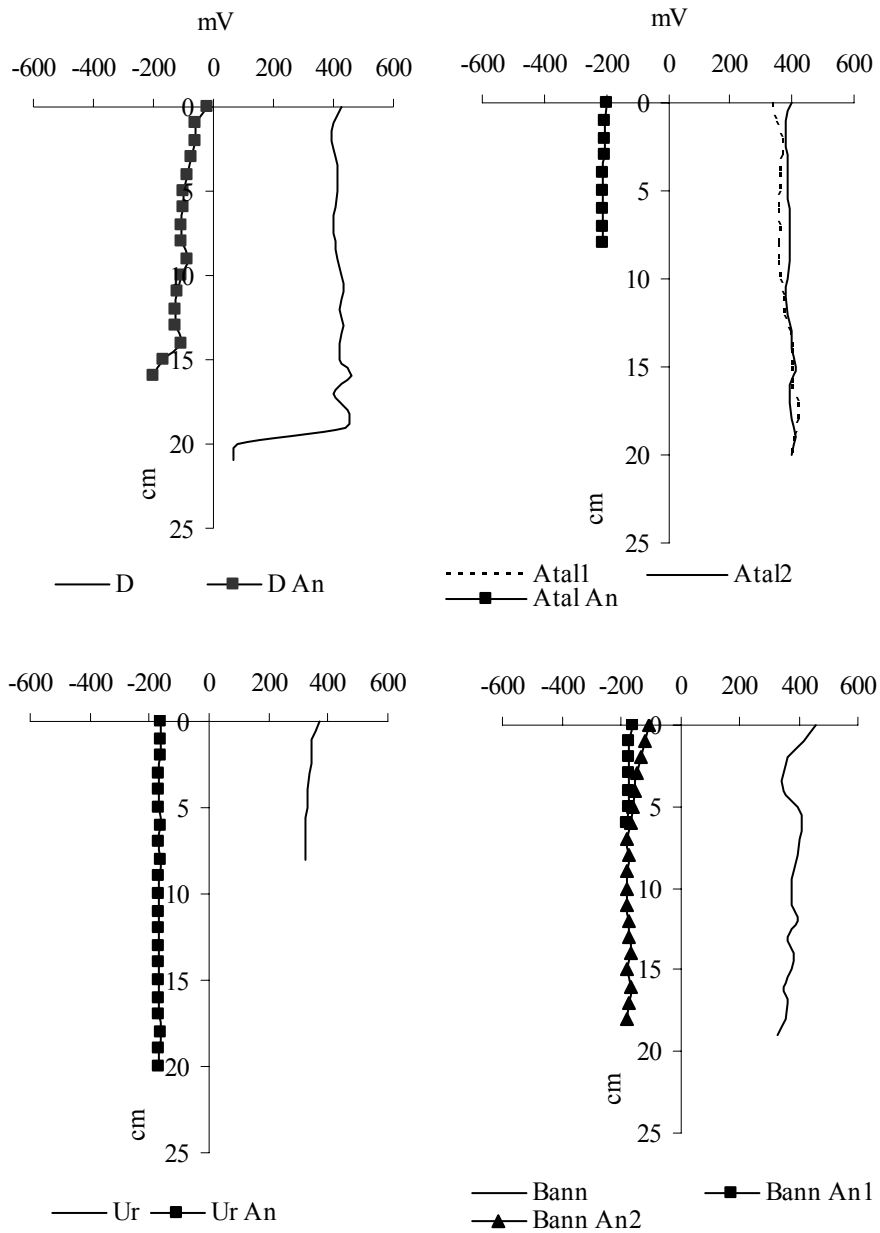
Μεσογείου (Εικ. 3.5.1). Πρόκειται για ένα ανοξικό υπόστρωμα γκρίζου ή και μαύρου χρώματος. Στη Λεκάνη Discovery, το υπόστρωμα αυτό είναι ιδιαίτερα ρευστό, με μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό (υπερκεείμενο του βυθού «νερό», παχύρρευστο και με υψηλή αλατότητα). Στις Λεκάνες Urania και Bannock και ιδιαίτερα στην πρώτη, το ίζημα το βυθού ακόμα και μετά την ανέλκυση του δειγματολήπτη πάνω στο σκάφος χαρακτηρίζεται από έντονη οσμή υδροθείου, που γίνεται και ορατά αντιληπτό με τη συνεχή δημιουργία φυσαλίδων για αρκετή ώρα στο υπερκεείμενο του ιζήματος νερό ενώ το δείγμα είναι ακόμα μέσα στο δειγματολήπτη.



Σχήμα 3.5.2: Τιμές ιζηματολογικών παραμέτρων ομοιογένειας και συμμετρίας κατανομής των κόκκων του ιζήματος: ταξινόμηση (σ_1), λοξότητα (Sk_1) και κύρτωση (ku) στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας Atalante, Urania και Bannock.

Οι τιμές του οξειδοαναγωγικού δυναμικού και η κάθετη κατανομή του στο ίζημα παρουσιάζει χαρακτηριστικές διαφορές εντός και εκτός της ανοξικής περιοχής των Λεκανών. Στην φυσιολογική περιοχή, οι τιμές του οξειδοαναγωγικού δυναμικού είναι θετικές στο υπερκεείμενο νερό και στην επιφάνεια του ιζήματος αλλά και σε βάθος μέχρι και 20cm στο ίζημα (67 έως 481mV). Αντίθετα, εντός της ζώνης υψηλής αλατότητας που χαρακτηρίζεται και από ανοξία, οι τιμές του οξειδοαναγωγικού δυναμικού είναι – όπως αναμενόταν–

αρνητικές ακόμα και στην επιφάνεια του ιζήματος (-22 έως -220mV), και στις τέσσερις λεκάνες που μελετήθηκαν (σχ.3.5.3).

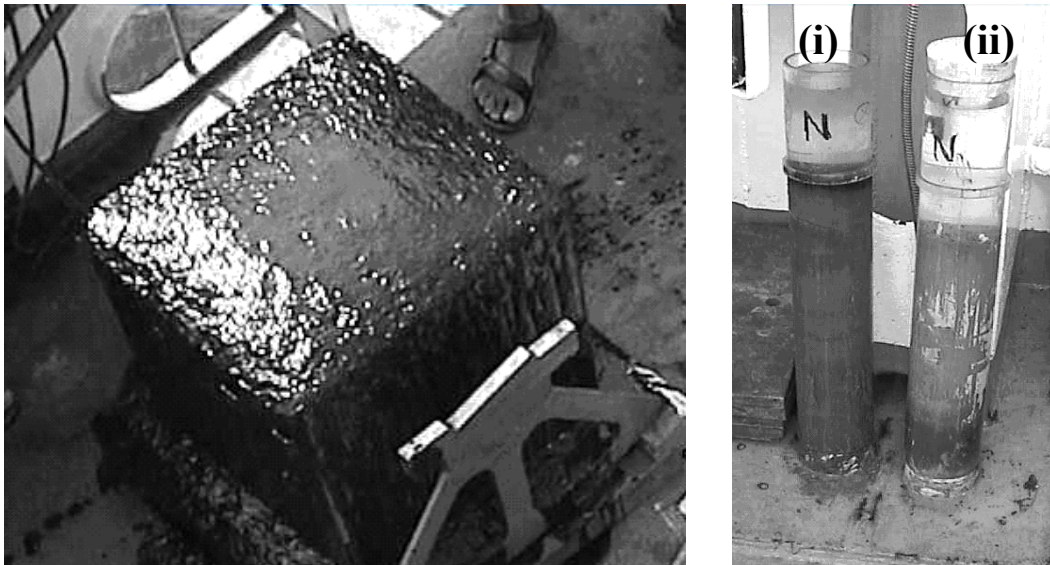


Σχήμα 3.5.3: Μεταβολή του οξειδοαναγωγικού δυναμικού του ιζήματος εντός και εκτός της ανοξικής περιοχής των Αβυσσικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας (α. Discovery, β. Atalante, γ. Urania, δ. Bannock).

3.5.2 Χημεία ιζήματος

Οργανικός άνθρακας

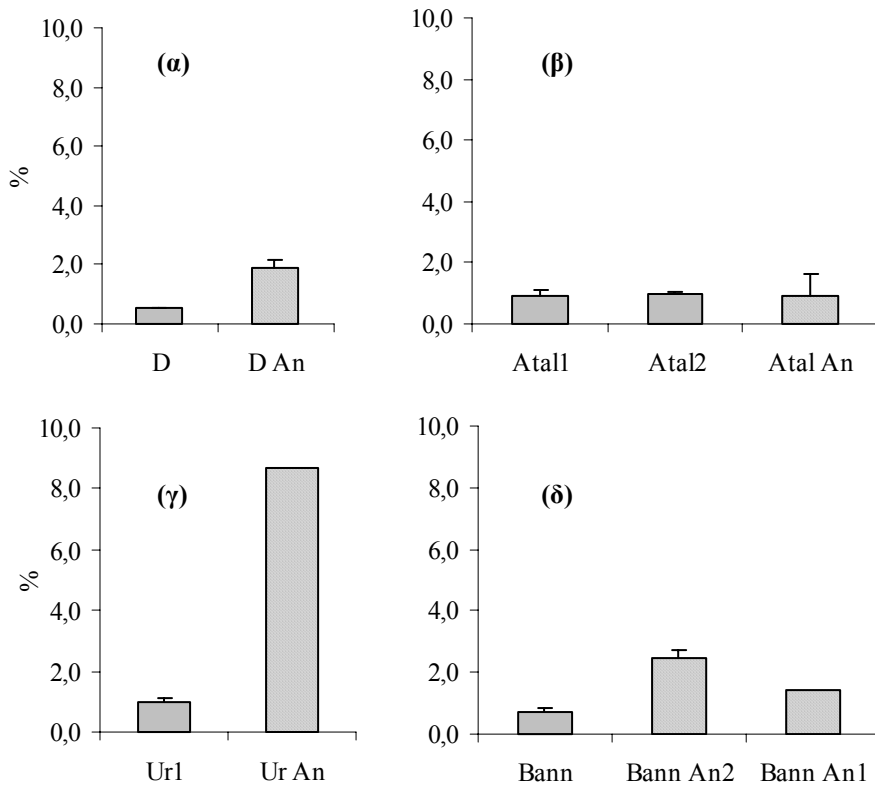
Η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα (μέτρηση με υγρή οξείδωση) στο ίζημα παρουσιάζει εντυπωσιακές μεταβολές μεταξύ της φυσιολογικής περιοχής και της ανοξικής ζώνης των Λεκανών (σχ. 3.5.4), με ιδιαίτερα υψηλές τιμές εντός της ανοξικής ζώνης, μέχρι 8,710% στη Λεκάνη Urania (άνω 3mm ιζήματος). Εντός της ανοξικής ζώνης στη Λεκάνη Discovery η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα είναι 1,873%, στη δε Bannock 1,429-2,444%. Στη φυσιολογική περιοχή των παραπάνω Λεκανών, η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα στα άνω 3mm του ιζήματος κυμαίνεται από 0,551% (Στ. D) έως 0,970% (Στ. Ur). Στη Λεκάνη Atalante, η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα δεν μεταβάλλεται μεταξύ της φυσιολογικής και ανοξικής περιοχής (0,903-0,961%).



Εικόνα 3.5.1: (α) Επιφανειακό ίζημα που συλλέχθηκε με δειγματολήπτη Box Corer εντός της ανοξικής περιοχής στη Λεκάνη Discovery, (β) Πυρήνες Multiple Corer ιζήματος εντός (i) και εκτός (ii) της ανοξικής περιοχής στη Λεκάνη Urania.

Χλωροφύλλη α και φαιοχρωστικές

Στη φυσιολογική περιοχή των Αβυσσικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α και των φαιοχρωστικών κυμαίνεται από 0,079 (Bannock) έως 0,175 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Atalante, Στ. Atal2) και από 0,500 (Bannock) έως 0,962 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Atalante, Στ. Atal2) αντίστοιχα (Σχ. 3.5.5α,β). Το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών (CPE) παίρνει τιμές από 0,579 έως 1,137 $\mu\text{g g}^{-1}$ αντίστοιχα στους παραπάνω σταθμούς (Σχ. 3.5.5β). Ο λόγος χλωροφύλλης α/CPE παίρνει τιμές από 0,119 (Discovery) έως 0,159 (Urania, σχ. 3.5.5β).

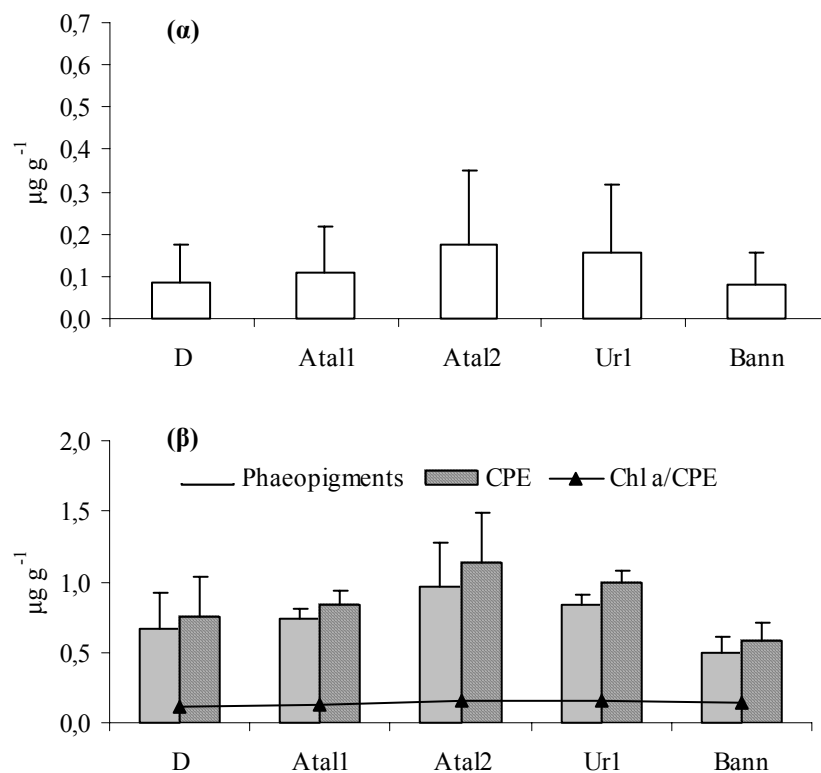


Σχήμα 3.5.4: Συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα* στα άνω 3mm του ιζήματος εντός και εκτός της ανοξικής περιοχής των Αβυσσικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας (α. Discovery, β. Atalante, γ. Urania, δ. Bannock).

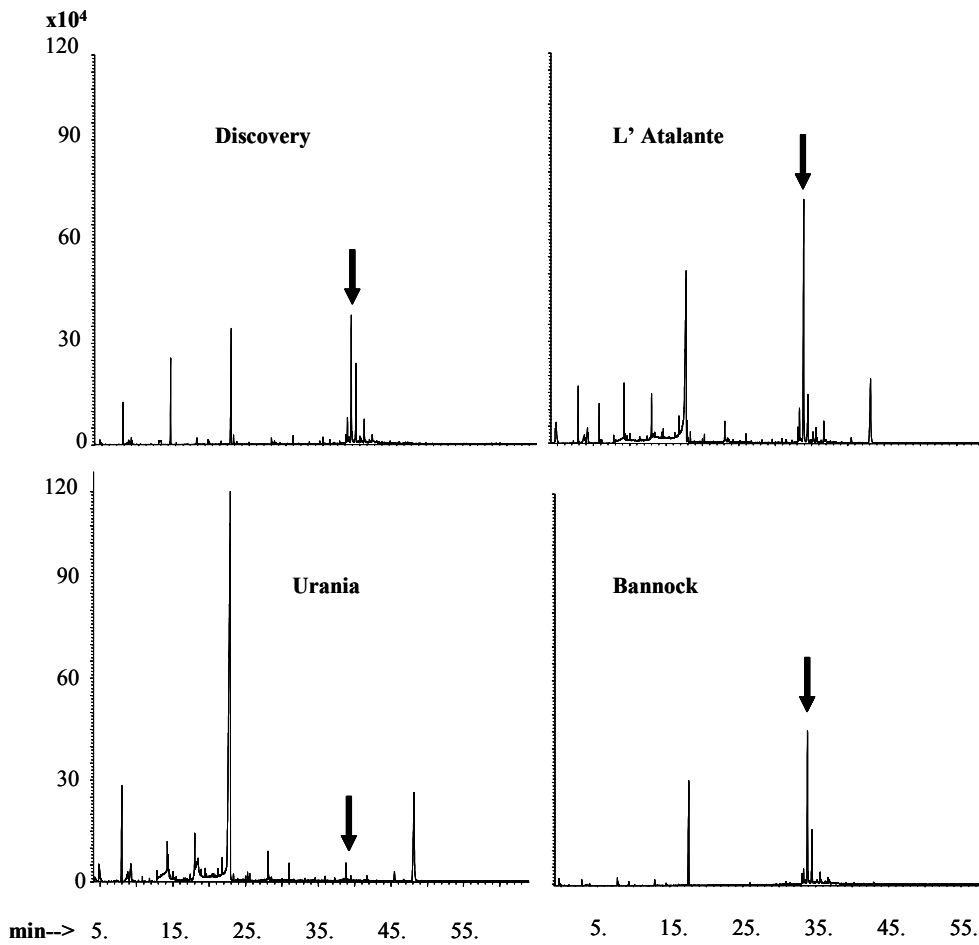
*Μέτρηση με υγρή οξείδωση

Μέσα στην ανοξική περιοχή, πραγματοποιήθηκε ακριβώς η ίδια ανάλυση των δειγμάτων ιζήματος που ελήφθησαν για την μέτρηση συγκεντρώσεων χλωροφύλλης και φαιοχρωστικών, και με την εφαρμοσθείσα μεθοδολογία (με τη

χρήση φθοριομέτρου) μετρήθηκαν πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις. Έπειτα από περαιτέρω ανάλυση που ακολούθησε σε φασματογράφο μάζας, αποδείχθηκε η αναποτελεσματικότητα χρήσης φθοριομέτρου για τα συγκεκριμένα δείγματα, εξαιτίας των πολύ υψηλών συγκεντρώσεων θείου στο ίζημα. Η ανάλυση των δειγμάτων ιζήματος στο φασματογράφο μάζας είχε ως αποτέλεσμα την ανίχνευση της στερόλης cholest-5-en-3 β -ol. Η cholest-5-en-3 β -ol ανιχνεύθηκε σε μεγάλες ποσότητες στην ανοξική περιοχή των Λεκανών Discovery, Atalante και Bannock, ενώ στην Λεκάνη Urania δεν ανιχνεύθηκαν μεγάλες συγκεντρώσεις (σχ. 3.5.6).



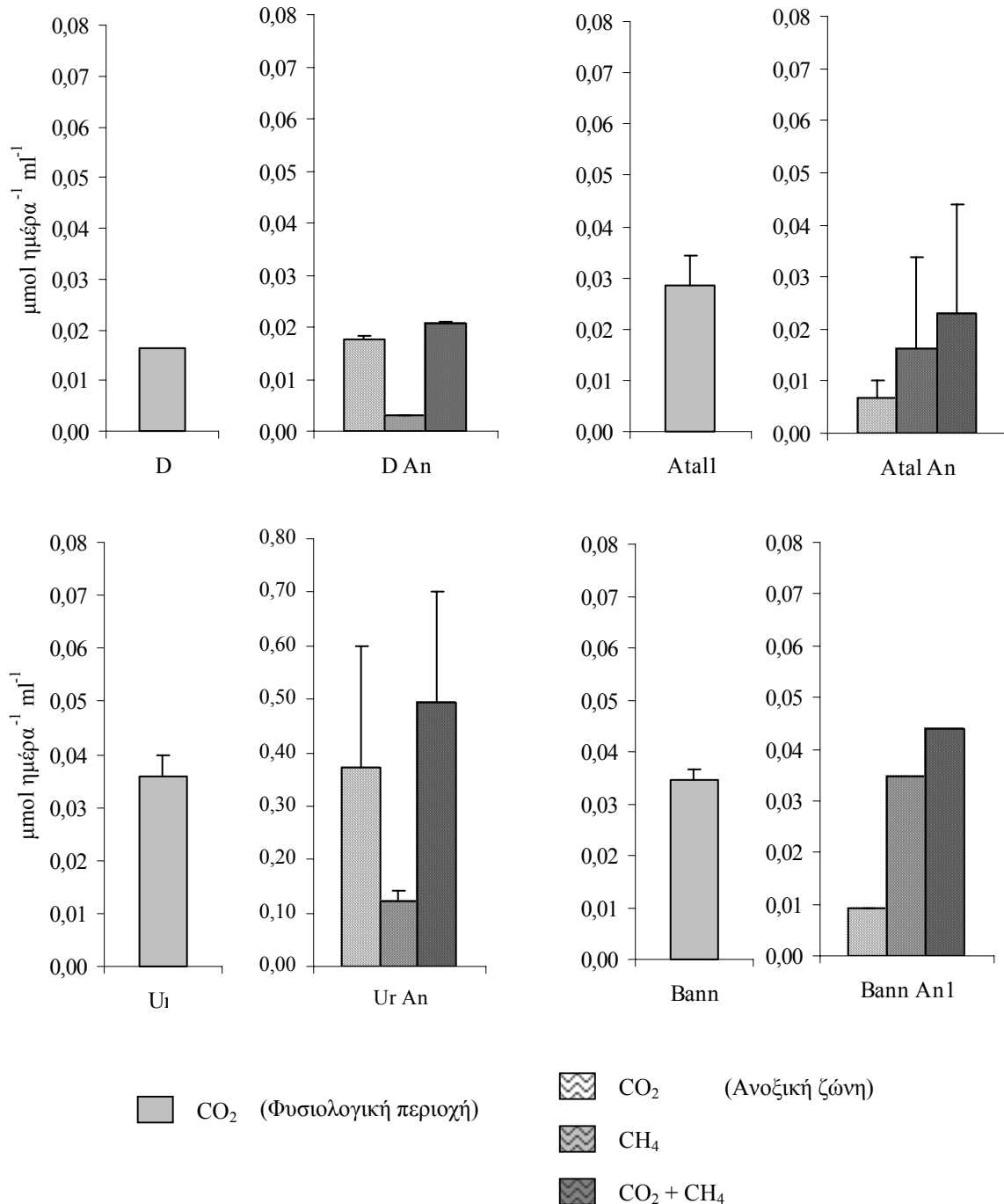
Σχήμα 3.5.5: Συγκεντρώσεις χλωροφύλλης (α), συγκεντρώσεις φαιοχρωστικών, ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών και λόγος χλωροφύλλης *a*/CPE στα άνω 3mm του ιζήματος στη φυσιολογική περιοχή των Αβυσσικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.



Σχήμα 3.5.6: Χρωματογράφημα ανάλυσης των ιζημάτων από τις ανοξικές περιοχές των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας στο φασματογράφο μάζας. Το βέλος δείχνει την ανίχνευση της στερόλης cholest-5-en-3β-ol.

Κατανάλωση οργανικής ύλης στο ίζημα

Στους σταθμούς που μελετήθηκαν στις Βαθιές Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας, η κατανάλωση της οργανικής ύλης στο ίζημα εκτιμήθηκε ως α) παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα στην φυσιολογική περιοχή που χαρακτηρίζεται από αερόβιες διαδικασίες, και β) ως παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου στην ανοξική ζώνη. Στο σχήμα 3.5.7 παριστάνεται ο ρυθμός παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα στο άνω εκατοστό του ιζήματος στη φυσιολογική περιοχή των Λεκανών και οι ρυθμοί παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου καθώς και των δύο συνολικά ($\text{CO}_2 + \text{CH}_4$).



Σχήμα 3.5.7: Ρυθμός παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα (στη φυσιολογική περιοχή) και διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου στην ανοξική ζώνη των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.

Στις φυσιολογικές περιοχές εκτός της ζώνης υψηλής αλατότητας, ο ρυθμός παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα στο άνω εκατοστό του ιζήματος κυμαίνεται από 0,016 (Discovery) έως 0,051 $\mu\text{mol ημέρα}^{-1} \text{ml}^{-1}$ ιζήματος (Urania). Στις Λεκάνες Discovery, Atalante και Bannock, εντός της ανοξικής ζώνης, ο ρυθμός

κατανάλωσης της οργανικής ύλης (παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου συνολικά) κυμαίνεται από 0,021 έως 0,044 $\mu\text{mol ημέρα}^{-1} \text{ ml}^{-1}$ ιζήματος, είναι όμως πολύ γρηγορότερος στη Λεκάνη Urania, όπου φτάνει τα 0,494 $\mu\text{mol ημέρα}^{-1} \text{ ml}^{-1}$ ιζήματος. Αντίστοιχα, μεταξύ των τριών Λεκανών οι ρυθμοί παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου κυμαίνονται από 0,007-0,018 και από 0,003-0,035 $\mu\text{mol ημέρα}^{-1} \text{ ml}^{-1}$ ιζήματος, στη δε Urania φτάνουν τα 0,373 και 0,122 $\mu\text{mol ημέρα}^{-1} \text{ ml}^{-1}$ ιζήματος αντίστοιχα.

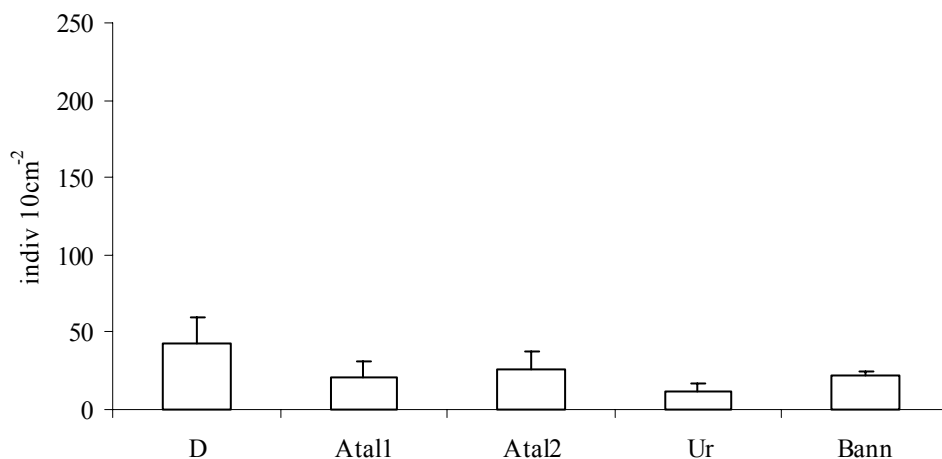
3.5.3 Σύνθεση και κατανομή του μειοβένθους στη φυσιολογική περιοχή των Λεκανών

Πίνακας 3.5.1: Αφθονίες ομάδων μειοβένθους στα άνω 6cm του ιζήματος στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.

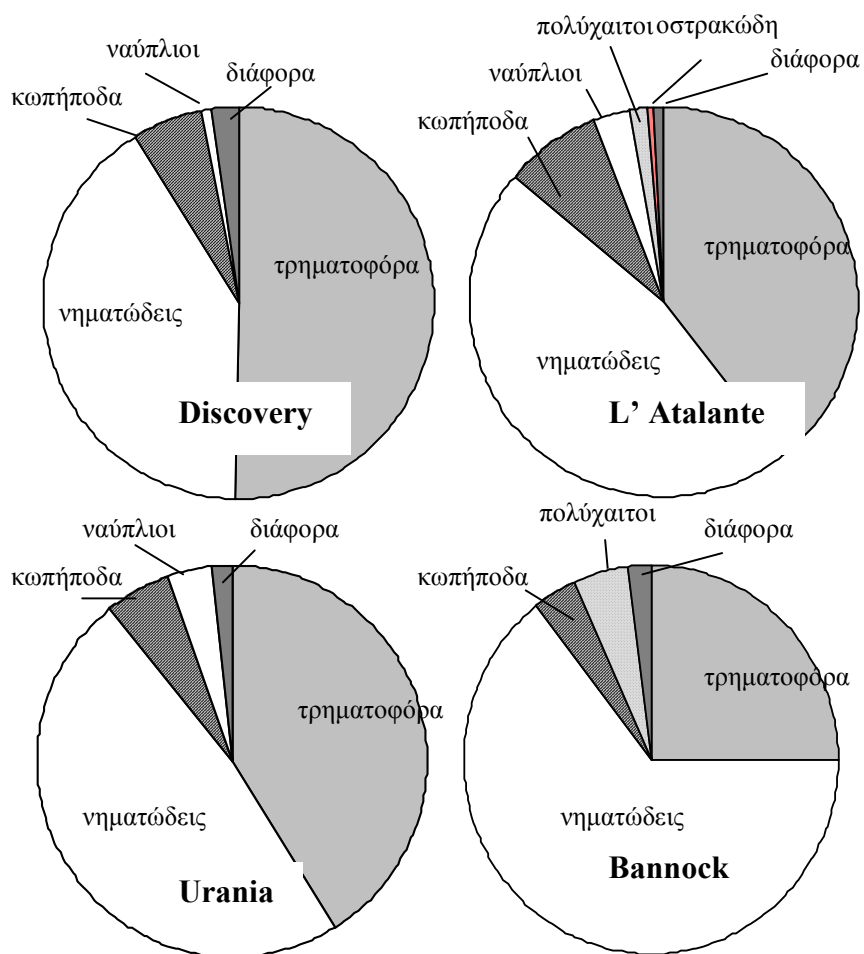
| | | D | Atal1 | Atal2 | Ur | Bann |
|--------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| τρηματοφόρα | άτομα 10cm^{-2} | 21,69 | 7,13 | 11,32 | 4,82 | 5,45 |
| | τ.σ. | 5,78 | 5,12 | 5,03 | 2,21 | 1,92 |
| νηματώδεις | άτομα 10cm^{-2} | 17,61 | 10,27 | 11,53 | 5,66 | 14,04 |
| | τ.σ. | 8,00 | 3,68 | 5,84 | 1,89 | 2,54 |
| κωπήποδα | άτομα 10cm^{-2} | 2,52 | 1,89 | 1,89 | 0,63 | 0,84 |
| | τ.σ. | 1,78 | 1,66 | 1,66 | 0,63 | 0,96 |
| ναύπλιοι κωπηπόδων | άτομα 10cm^{-2} | 0,31 | 0,84 | 0,63 | 0,42 | - |
| | τ.σ. | 0,44 | 1,45 | 0,63 | 0,73 | 0,00 |
| στροβιλιστικοί | άτομα 10cm^{-2} | - | - | - | - | - |
| | τ.σ. | - | - | - | - | - |
| πολύχαιτοι | άτομα 10cm^{-2} | - | 0,42 | 0,21 | - | 1,05 |
| | τ.σ. | - | 0,73 | 0,36 | 0,00 | 0,73 |
| κινόρυγα | άτομα 10cm^{-2} | - | - | - | - | - |
| | τ.σ. | - | - | - | - | - |
| γαστρότριχα | άτομα 10cm^{-2} | - | - | - | - | - |
| | τ.σ. | - | - | - | - | - |
| νημερτίνοι | άτομα 10cm^{-2} | - | - | - | - | - |
| | τ.σ. | - | - | - | - | - |
| ολιγόχαιτοι | άτομα 10cm^{-2} | - | - | - | - | - |
| | τ.σ. | - | - | - | - | - |
| δίθυρα | άτομα 10cm^{-2} | - | - | - | - | - |
| | τ.σ. | - | - | - | - | - |
| οστρακώδη | άτομα 10cm^{-2} | - | - | 0,21 | - | - |
| | τ.σ. | - | - | 0,36 | - | - |
| γαστερόποδα | άτομα 10cm^{-2} | - | - | - | - | - |
| | τ.σ. | - | - | - | - | - |
| διάφορα | άτομα 10cm^{-2} | 0,94 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,42 |
| | τ.σ. | 0,44 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| ολικό μειοβένθος | άτομα 10cm^{-2} | 43,07 | 20,75 | 25,99 | 11,74 | 21,80 |
| | τ.σ. | 16,45 | 9,82 | 11,84 | 4,76 | 3,16 |

Η μειοβενθική βιοκοινωνία στη φυσιολογική περιοχή των Λεκανών δε διαφέρει από τους υπόλοιπους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης, τόσο από άποψη σύνθεσης όσο και ως προς τα επίπεδα αφθονίας των διαφόρων ομάδων. Μεταξύ των Λεκανών που εξετάστηκαν (Πίν. 3.5.1, σχ. 3.5.8), η ολική μειοβενθική αφθονία κυμαίνεται από 11,74 (Στ. Ur, Urania) έως 43,07 άτομα cm^{-2} (Στ. D, Discovery).

Στις Λεκάνες Atalante, Urania και Bannock, τα τρηματοφόρα αποτελούν τη δεύτερη ομάδα ως προς την αφθονία μετά τους νηματώδεις και αποτελούν το 25-43,5% του μειοβένθους (σχ. 3.5.9). Στη Λεκάνη Discovery όμως είναι η πιο άφθονη ομάδα συνιστώντας το 50,40% έναντι του 40,90% που αποτελούν οι νηματώδεις. Επίσης, στο σταθμό Atal2 στη φυσιολογική περιοχή της Λεκάνης Atalante, η συμμετοχή των τρηματοφόρων είναι όμοια με αυτή των νηματωδών (44% του συνόλου η κάθε ομάδα). Η συμμετοχή των ενήλικων αρπακτικοειδών κωπηπόδων και ιδιαίτερα των ναυπλίων είναι μικρή, και κυμαίνεται για τα μεν ενήλικα άτομα από 3,8 έως 9,1%, για τους δε ναυπλίους από 0,7 έως 4% (οι ναύπλιοι απουσιάζουν τελείως από το σταθμό Bann στη λεκάνη Bannock). Οι υπόλοιπες μειοβενθικές ομάδες συναντώνται σε πολύ μικρές αφθονίες, έχοντας έτσι πολύ μικρή ή και μηδενική σε πολλές περιπτώσεις συμμετοχή στο ολικό μειοβένθος. Η μεγάλη συμμετοχή τόσο των νηματωδών όσο και των τρηματοφόρων έχει ως αποτέλεσμα την κυριαρχία των δύο αυτών ομάδων στη βιοκοινωνία, σε ποσοστό που φτάνει συνολικά και το 91%.



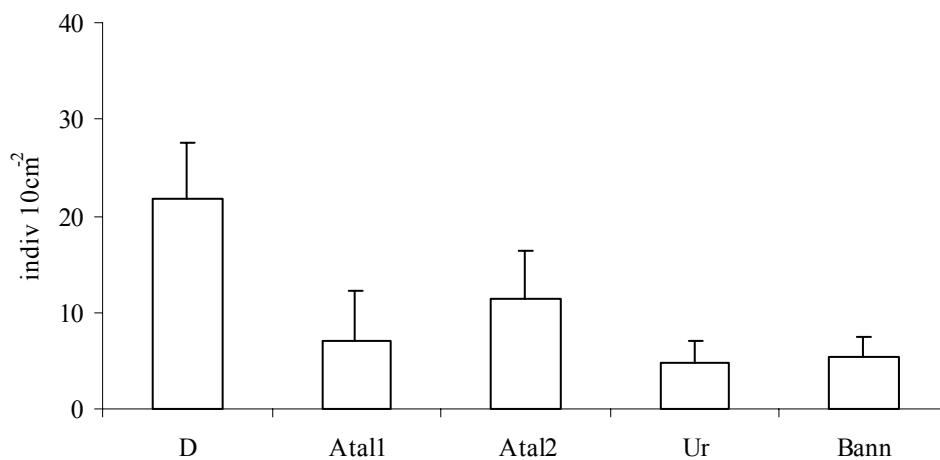
Σχήμα 3.5.8: Κατανομή ολικού μειοβένθους στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας (άνω 6 cm).



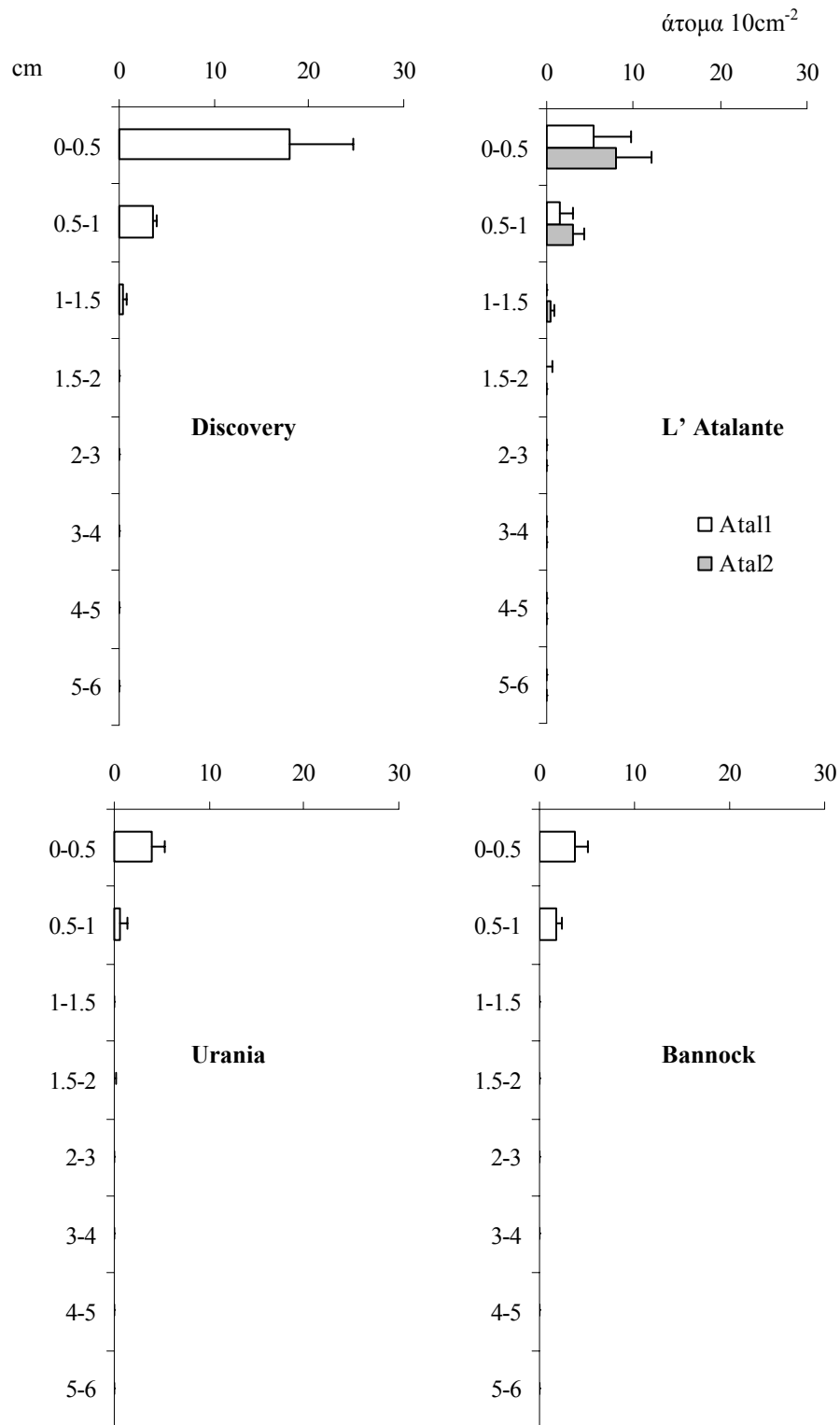
Σχήμα 3.5.9: Σύνθεση μειοβένθους στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας (άνω 6 cm).

3.5.4 Οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των τρηματοφόρων στη φυσιολογική περιοχή των Λεκανών

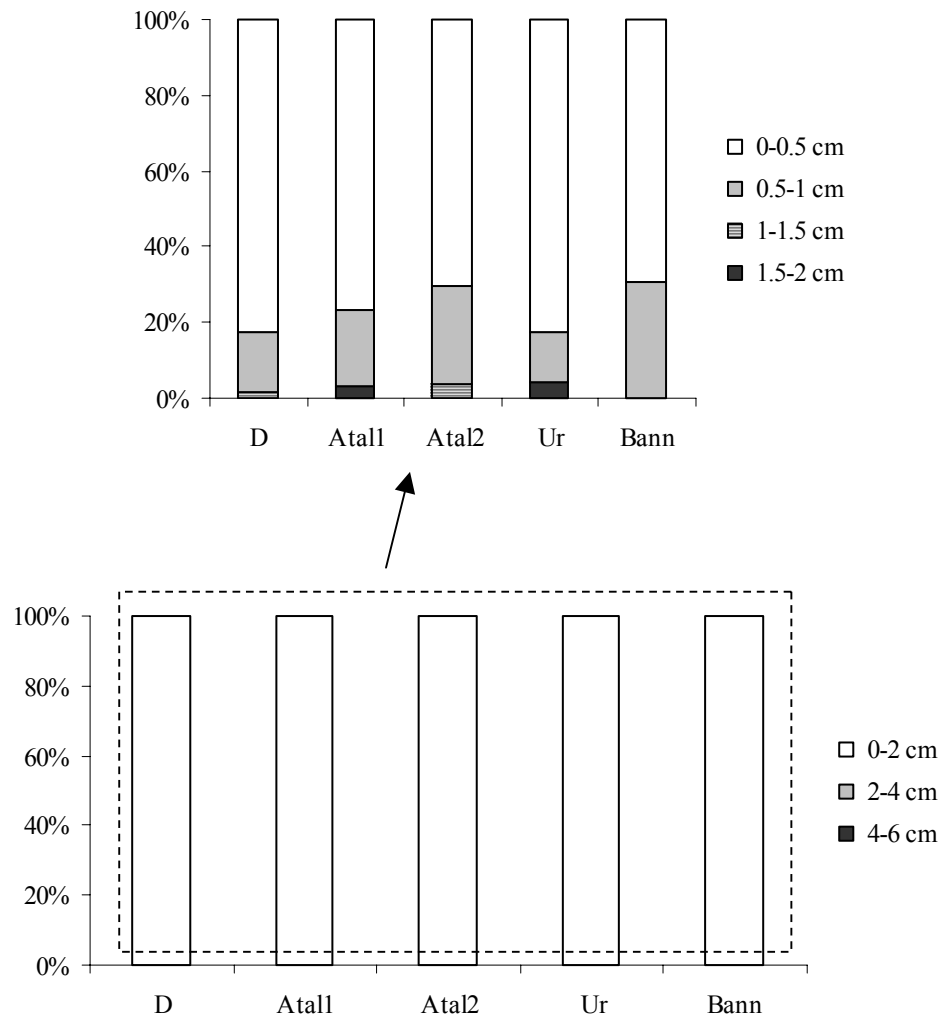
Στη φυσιολογική περιοχή των Λεκανών Discovery, Atalante, Urania και Bannock, τα τρηματοφόρα παρουσιάζουν χαμηλή σχετικά αφθονία (Πίν. 3.5.1), σε επίπεδα αντίστοιχα με τους υπόλοιπους σταθμούς στην αβυσσική ζώνη. Στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος, η αφθονία τους κυμαίνεται από 4,82 (Στ. Ur, Urania) έως 21,69 άτομα cm^{-2} (Στ. D, Discovery, σχ. 3.5.10). Σε σχέση με το βάθος στο ίζημα, η αφθονία τους μειώνεται σημαντικά προς τα βαθύτερα στρώματα (σχ.3.5.11), και απουσιάζουν κάτω από τα 2 εκατοστά. Ειδικά στο σταθμό Bann στη Λεκάνη Bannock, δε βρέθηκαν τρηματοφόρα κάτω από το 1 μόλις εκατοστό του ιζήματος. Πιο αναλυτικά ακόμα, στα άνω 2 εκατοστά του ιζήματος, το 69-83% των ατόμων συγκεντρώνεται στο ανώτερο μισό εκατοστό του ιζήματος (σχ. 3.5.12), το 13-31% στο υποεπιφανειακό μισό εκατοστό του ιζήματος (0,5-1cm), και το 0-4% στο στρώμα των (1-1,5) και των (1,5-2cm).



Σχήμα 3.5.10: Κατανομή των τρηματοφόρων στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας (άνω 6 cm).



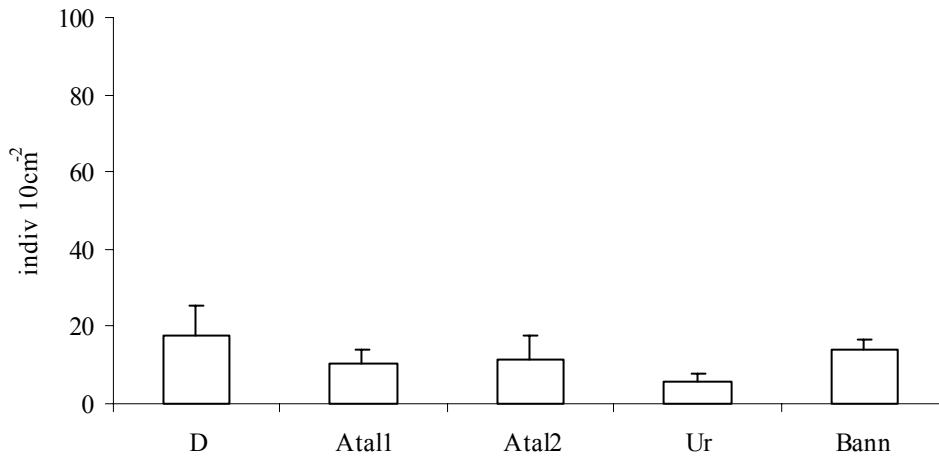
Σχήμα 3.5.11: Κατακόρυφη κατανομή των τριματοφόρων στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.



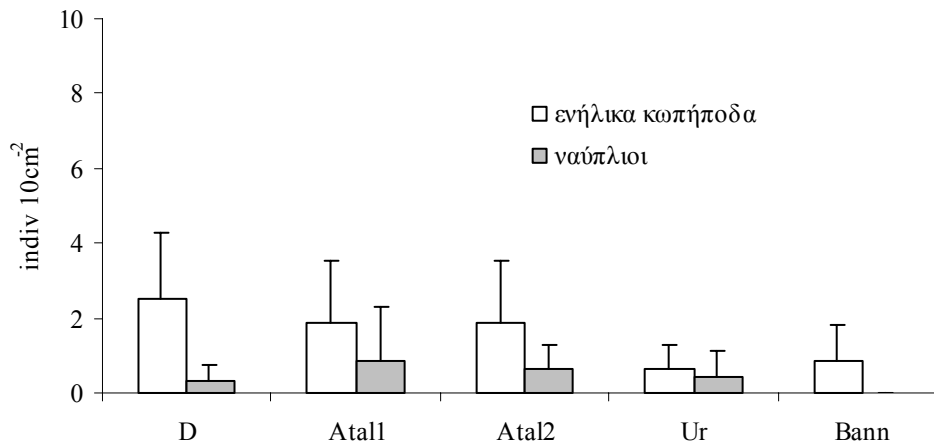
Σχήμα 3.5.12: Κατανομή των τριματοφόρων στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.

3.5.5 Οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων στη φυσιολογική περιοχή των Λεκανών

Οι νηματώδεις χαρακτηρίζονται επίσης από χαμηλή αφθονία στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών, που κυμαίνεται από 5,66 (Στ. Ur, Urania) έως 17,61 άτομα 10cm^{-2} (Στ. D, Discovery) στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος (Πίν. 3.5.1, σχ.3.5.13). Σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα βρίσκεται η αφθονία των ενήλικων κωπηπόδων αλλά και των ναυπλίων, από 0,63 66 (Στ. Ur, Urania) έως 2,52 (Στ. D, Discovery) άτομα 10cm^{-2} και από 0,31 (Στ. D,



Σχήμα 3.5.13: Κατανομή των νηματωδών στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας (άνω 6 cm).



Σχήμα 3.5.14: Κατανομή των κωπήποδων και των ναυπλίων στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας (άνω 6 cm).

Discovery) έως 0,84 άτομα 10cm⁻² (Στ. Atal1, L' Atalante, σχ. 3.5.14). Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, σε ελάχιστες περιπτώσεις καταμετρήθηκαν αντιπρόσωποι άλλων ομάδων, σε αφθονίες μικρότερες του 1 ατόμου 10cm⁻².

Σε συνάρτηση με το βάθος του ιζήματος, παρατηρείται μείωση της αφθονίας τόσο των νηματωδών όσο και των κωπήποδων και των ναυπλίων, και πάντα στα άνω 2 εκατοστά του ιζήματος (σχ. 3.5.15 & 3.5.16). Μοναδική

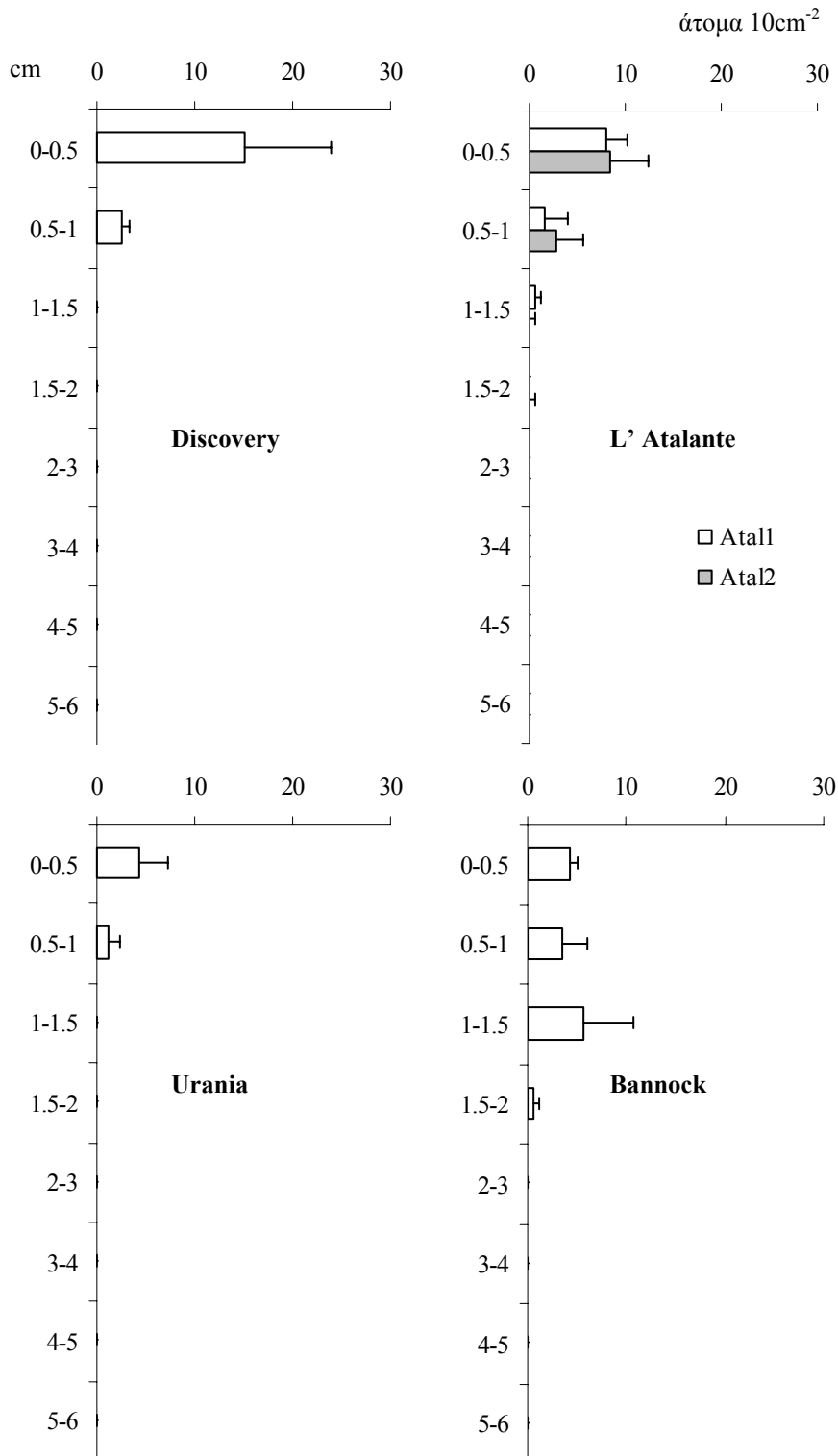
εξαίρεση το 1 κωπήποδο που καταμετρήθηκε στο στρώμα 5-6cm στο σταθμό Atall, και που πιθανότατα αποτελεί τυχαία εμφάνιση στο στρώμα αυτό. Αναλυτικότερα, μέσα στο στρώμα των άνω 2 cm, η κατανομή των ατόμων έχει ως εξής (σχ. 3.5.17α): Στις Λεκάνες Discovery, Atalante και Urania, το 73-86% των νηματωδών συγκεντρώνεται στο άνω μισό εκατοστό του ιζήματος, και το 14-24%, 0-6% και 0-2% στα επόμενα στρώματα των (0,5-1), (1-1,5) και (1,5-2) cm. Στη φυσιολογική περιοχή της Λεκάνης Bannock όμως, η κατακόρυφη κατανομή των νηματωδών είναι διαφορετική: το 30% συγκεντρώνεται στο άνω μισό εκατοστό και το 25%, 40% και 5% στα επόμενα στρώματα.

Ως προς τα κωπήποδα, το 67-100% των ατόμων καταμετρήθηκε στο ανώτερο μισό εκατοστό του ιζήματος (σχ. 3.5.17β), και το 0-11%, 0-25% και 0-11% στα στρώματα των (0,5-1), (1-1,5) και (1,5-2) cm. Οι ναύπλιοι των κωπηπόδων συγκεντρώνονται κατά το 50-100% στο ανώτερο μισό εκατοστό και κατά 0-50%, 0-25% και 0% στα επόμενα. Ειδικά στη φυσιολογική περιοχή της Λεκάνης Bannock, δεν βρέθηκαν καθόλου άτομα ναυπλίων σε κανένα από τα στρώματα του ιζήματος (σχ. 3.5.17γ).

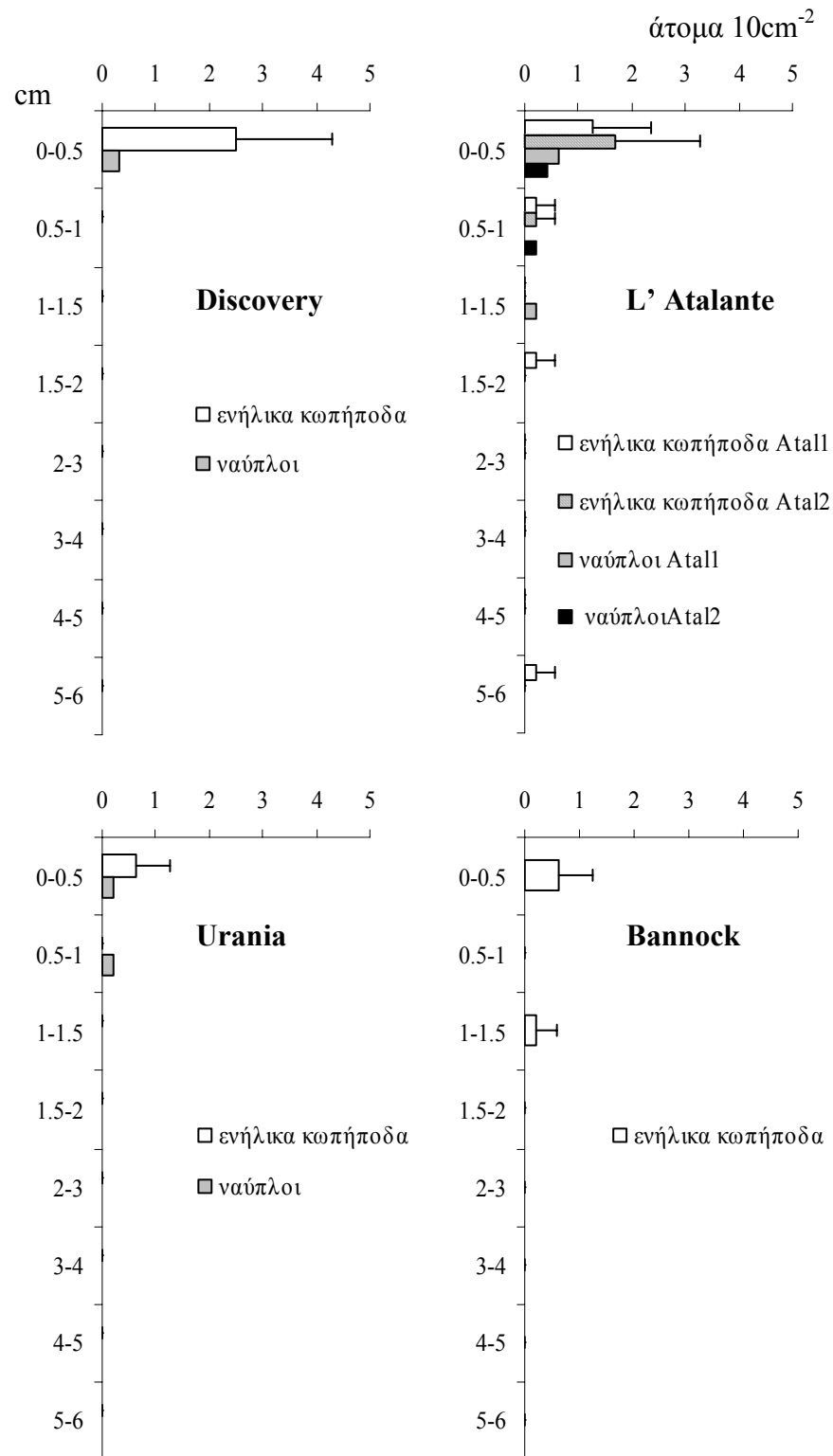
3.5.6 Η βιοκοινωνία του ιζήματος μέσα στην ανοξική, υψηλής αλατότητας ζώνη

Μέσα στο «ίζημα» στην ανοξική περιοχή των Λεκανών Υψηλής Αλατότητας καταμετρήθηκε ένας σημαντικός αριθμός οργανισμών τόσο μεταζώων όσο και τρηματοφόρων, με αναφορά πάντα μόνο στα άτομα που εμφάνισαν χρώση του κυτταροπλάσματος, ακολουθώντας τις κλασσικές εργαστηριακές τεχνικές συντήρησης και χρώσης των βενθικών οργανισμών. Η βιοκοινωνία που βρέθηκε να ζει στο βενθικό υπόστρωμα εντός της ανοξικής, υψηλής αλατότητας περιοχής αποτελείται από τυπικούς βενθικούς αλλά και πλαγκτονικούς οργανισμούς (σχ. 3.5.18). Συγκεκριμένα, καταμετρήθηκαν αντιπρόσωποι από τις τυπικές ομάδες που χαρακτηρίζουν στην πλειοψηφία τους το μειοβένθος στη βαθιά θάλασσα όπως νηματώδεις, τρηματοφόρα, ενήλικα κωπήποδα και ναύπλιοι, παράλληλα όμως, βρέθηκε ένας σημαντικός αριθμός διθύρων μαλακίων και γαστεροπόδων καθώς και καρκινοειδών. Επιπλέον, καταμετρήθηκε σημαντικός αριθμός πλαγκτονικών τρηματοφόρων, πλαγκτονικών κωπηπόδων και πελαγικών σταδίων βενθικών οργανισμών. Η

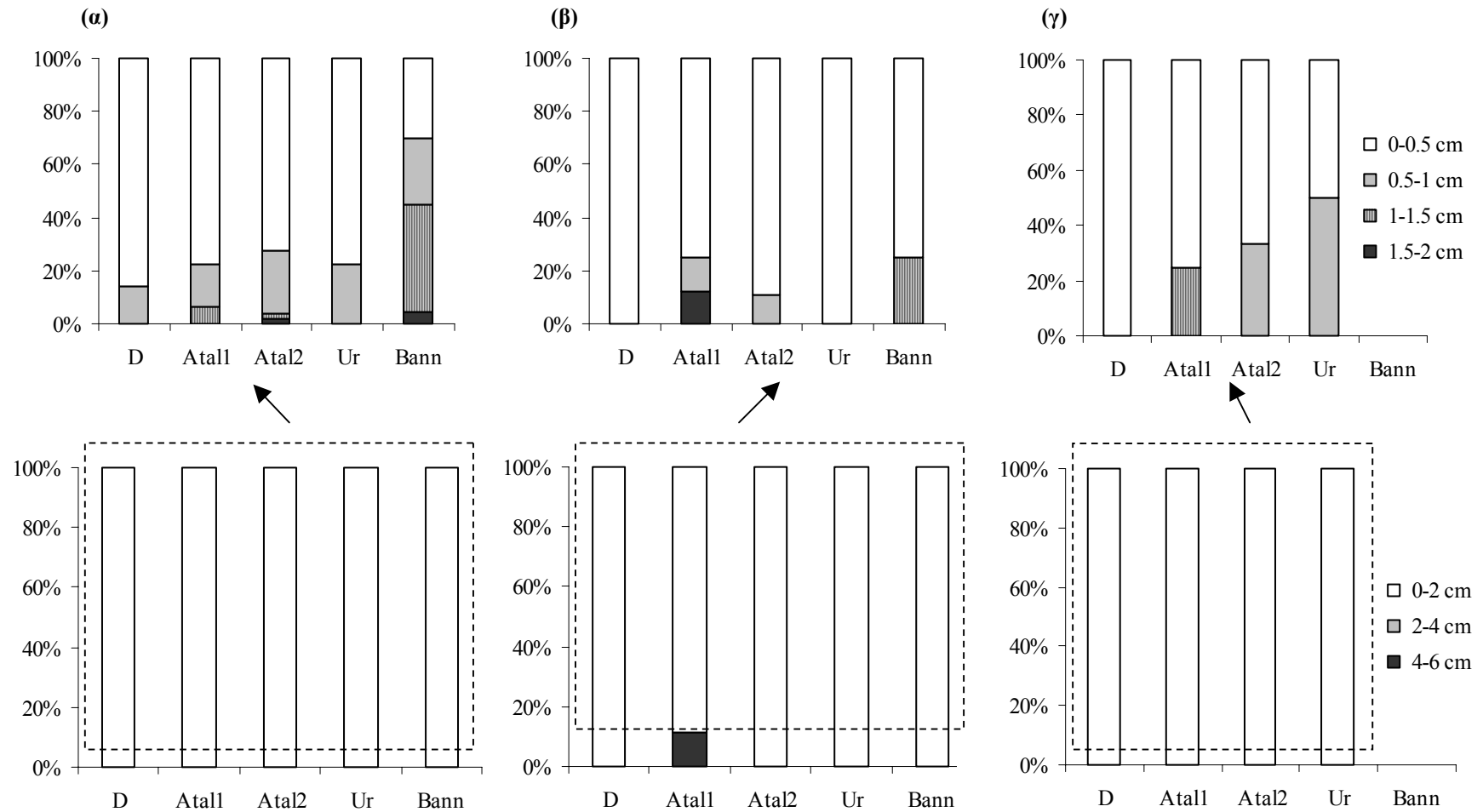
συμμετοχή του πλαγκτού (είτε τυπικά πλαγκτονικοί οργανισμοί είτε πελαγικά στάδια βενθικών οργανισμών) φτάνει μέχρι και σε υψηλά ποσοστά.



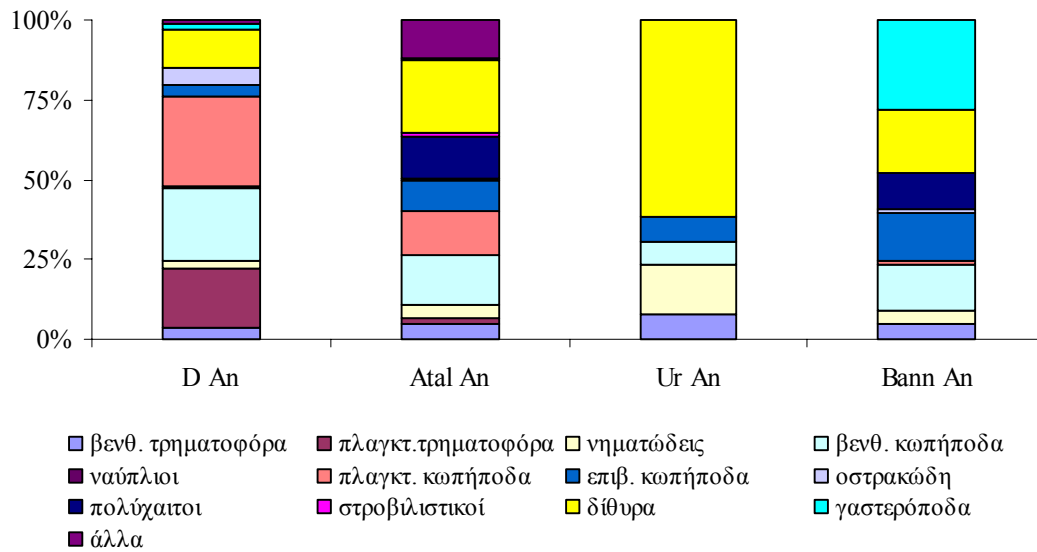
Σχήμα 3.5.15: Κατακόρυφη κατανομή των νηματωδών στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.



Σχήμα 3.5.16: Κατακόρυφη κατανομή των ενηλίκων κωπήπόδων και των ναυπλίων στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.



Σχήμα 3.5.17: Κατανομή των νηματωδών (α), ενηλίκων κωπηπόδων (β) και ναυπλίων (γ) στα διάφορα στρώματα του ιζήματος στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.

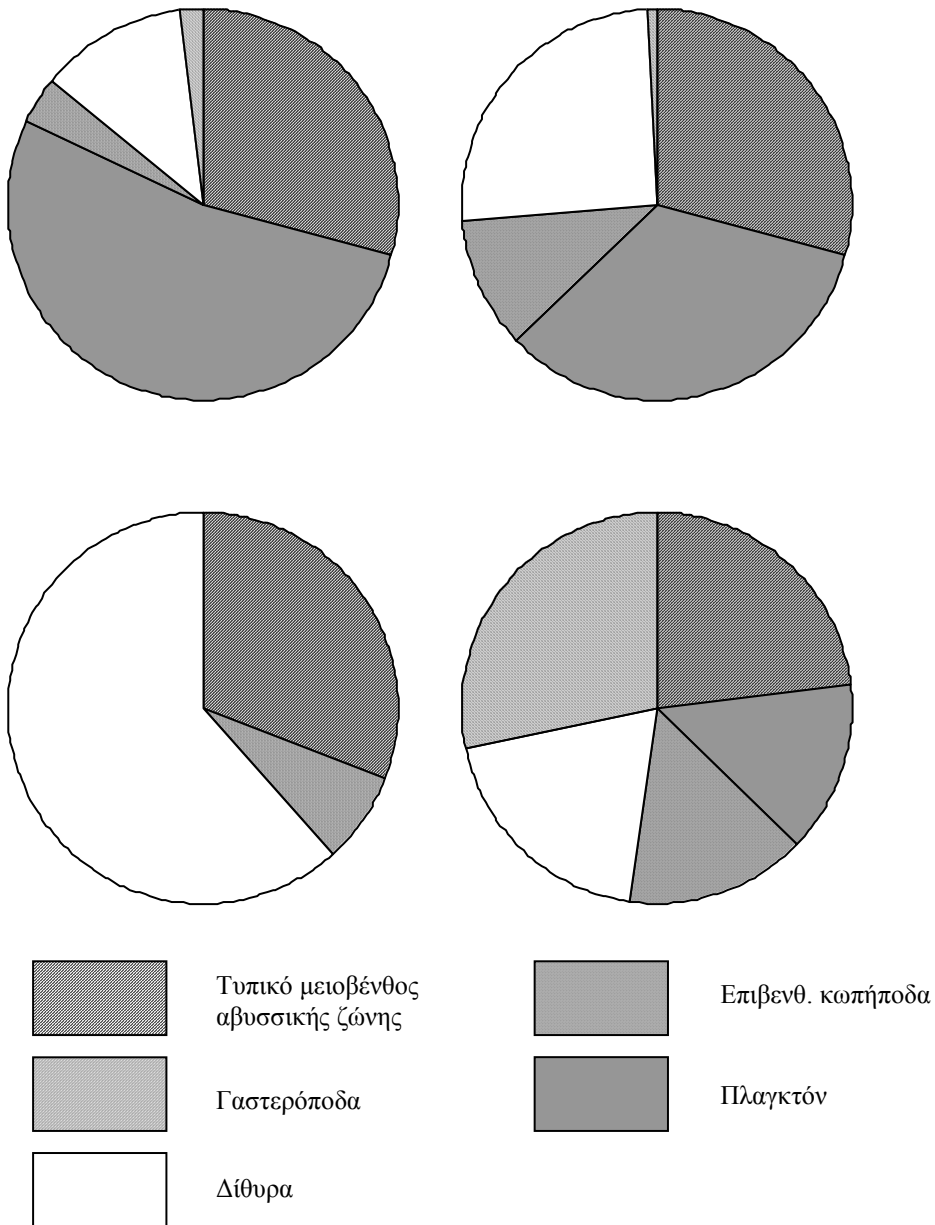


Σχήμα 3.5.18: Σύνθεση της βιοκοινωνίας του ιζήματος μέσα στην ανοξική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.

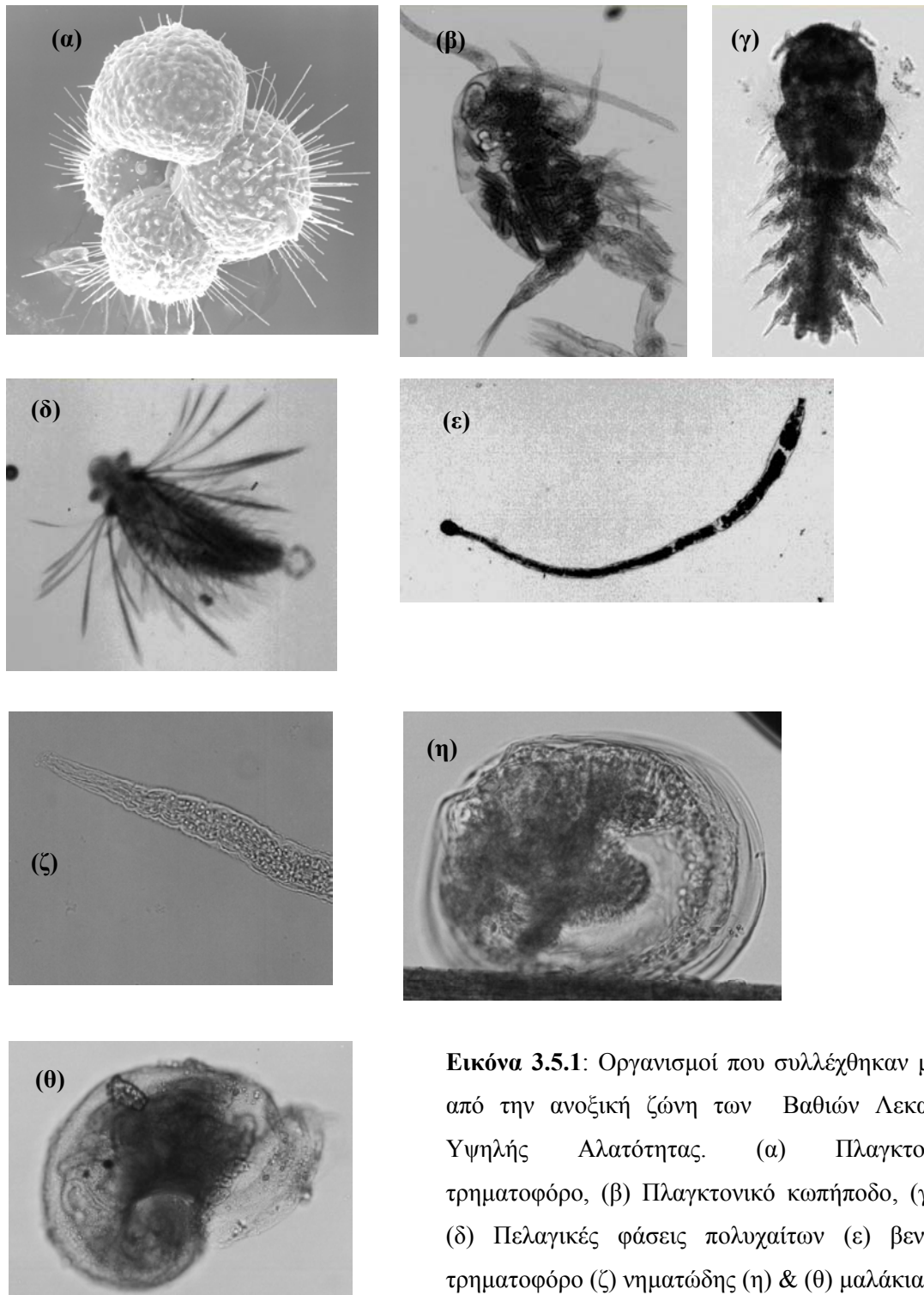
Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το πλαγκτονικό κομμάτι να αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα της βιοκοινωνίας που βρέθηκε μέσα στη ζώνη αυτή (σχ. 3.5.19). Στην εικόνα 3.5.1 διακρίνονται κάποιοι από τους οργανισμούς που βρέθηκαν μέσα στην ανοξική περιοχή των Βαθιών Λεκανών υψηλής αλατότητας. Η αφθονία τόσο των πλαγκτονικών οργανισμών όσο και του βένθους δεν ήταν ίδια και στις τέσσερις Λεκάνες που μελετήθηκαν (σχ. 3.5.19). Η ολική αφθονία όλων των ατόμων που καταμετρήθηκαν μέσα στις ανοξικές περιοχές κυμαίνεται από 4,09 (Στ. Ur An) έως 191,14 άτομα 10cm^{-2} (Στ. D An), στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος.

Τα βενθικά τρηματοφόρα συμμετέχουν στη συνολική βιοκοινωνία σε ποσοστό 3,45-7,69% στις Λεκάνες Discovery και Urania αντίστοιχα, και τα πλαγκτονικά σε ποσοστό 0,76 (L' Atalante, Στ. Atal An1)-18,91% (Discovery), ενώ τα τελευταία απουσιάζουν από τις Λεκάνες Urania και Bannock. Νηματώδεις βρέθηκαν στις ανοξικές περιοχές των Λεκανών Discovery, Atalante και Urania, και συμμετέχουν σε ποσοστό 2,47 (Discovery)-15,38%(Urania) του συνόλου. Σημαντική είναι η συμμετοχή των αρπακτικοειδών κοπήποδων, από 7,69 (Urania) έως 22,20% (Discovery), καθώς και των πλαγκτονικών, από 2,38 (Bannock, Στ. Bann An1) έως 28,29% (Discovery). Σημαντικό τμήμα της βιοκοινωνίας της ανοξικής ζώνης συνιστούν τα δίθυρα μαλάκια, που φτάνει και

το 61,54% στην Λεκάνη Urania (η μικρότερη συμμετοχή παρατηρήθηκε στη Λεκάνη Bannock, Στ. Bann An1, 11.90%). Τα γαστερόποδα συνιστούν το 1,53 έως και το 45,24% στις Λεκάνες Discovery και Bannock (Στ. Bann An1) αντίστοιχα, ενώ απουσιάζουν από το σταθμό Atal An1 και από τη Λεκάνη Urania.



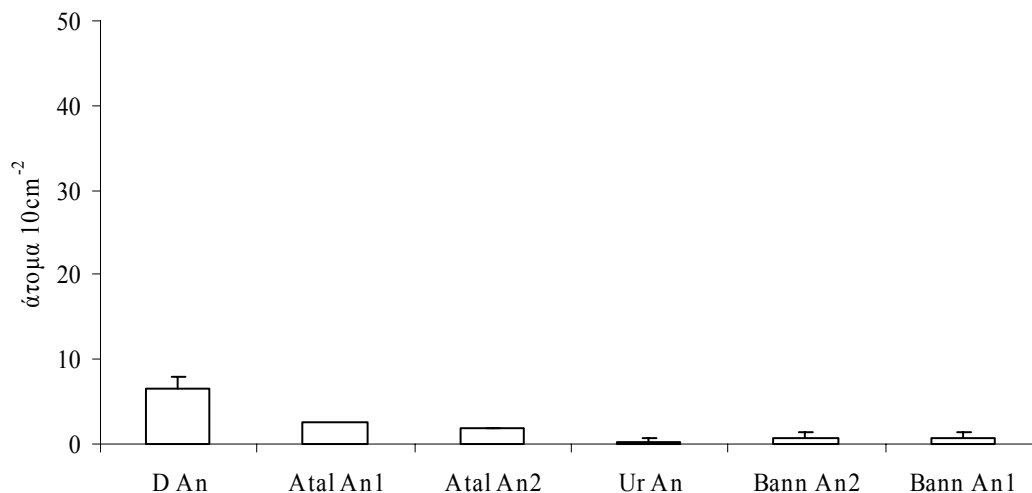
Σχήμα 3.5.19: Συμμετοχή του πλαγκτού (τυπικοί πλαγοτονικοί οργανισμοί και πελαγικές φάσεις βενθικών οργανισμών) στη βιοκοινωνία του ιζήματος μέσα στην ανοξική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.



Εικόνα 3.5.1: Οργανισμοί που συλλέχθηκαν μέσα από την ανοξική ζώνη των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας. (α) Πλαγκτονικό τριματοφόρο, (β) Πλαγκτονικό κωπήποδο, (γ) & (δ) Πελαγικές φάσεις πολυχαίτων (ε) βενθικό τριματοφόρο (ζ) νηματώδης (η) & (θ) μαλάκια

3.5.7 Παρουσία και κατανομή των τρηματοφόρων μέσα στην ανοξική περιοχή

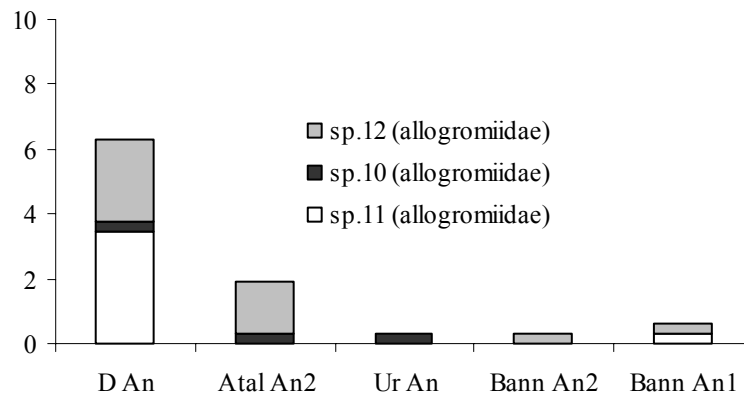
Μέσα στην ανοξική περιοχή και των τεσσάρων λεκανών που μελετήθηκαν, βρέθηκαν βενθικά τρηματοφόρα σε αφθονίες από 0,31 (*Urania*) έως 6,60 άτομα 10cm^{-2} (στα άνω 6 εκατοστά του ιζήματος, σχ. 3.5.20). Τα βενθικά τρηματοφόρα που βρέθηκαν μέσα στις ανοξικές ζώνες προσδιορίστηκαν ως τρία διαφορετικά είδη της οικογένειας *allogromiidae* (σχ. 3.5.21), που παρουσιάζουν σαφή χαρακτηριστικά αυτής της οικογένειας, δεν ταυτίζονται όμως με κάποια από τα είδη που περιγράφηκαν σε άλλους σταθμούς, και αναγράφονται ως *sp10,11 & 12* (*allogromiidae*). Όπως και με τους υπόλοιπους αντιπροσώπους της παραπάνω οικογένειας, συνοδεύονται αντίστοιχες φωτογραφίες ατόμων (Παράρτημα).



Σχήμα 3.5.20: Κατανομή των τρηματοφόρων στην αναξική ζώνη των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.

Εξετάζοντας την κατανομή των ατόμων σε συνάρτηση με το βάθος του ιζήματος μέσα στην ανοξική ζώνη, δεν παρατηρήθηκε μία σαφής κατανομή στα διάφορα στρώματα στα οποία χωρίστηκαν οι πυρήνες ιζήματος. Στη Λεκάνη Discovery, εξαιτίας της ιδιαίτερα ρευστής υφής του υποστρώματος, ήταν δυνατός ο χωρισμός μόνο σε τμήματα πάχους 3 εκατοστών, μεταξύ των οποίων

η κατανομή των ατόμων των τρηματοφόρων ήταν ομοιόμορφη (48-52% σε κάθε στρώμα).



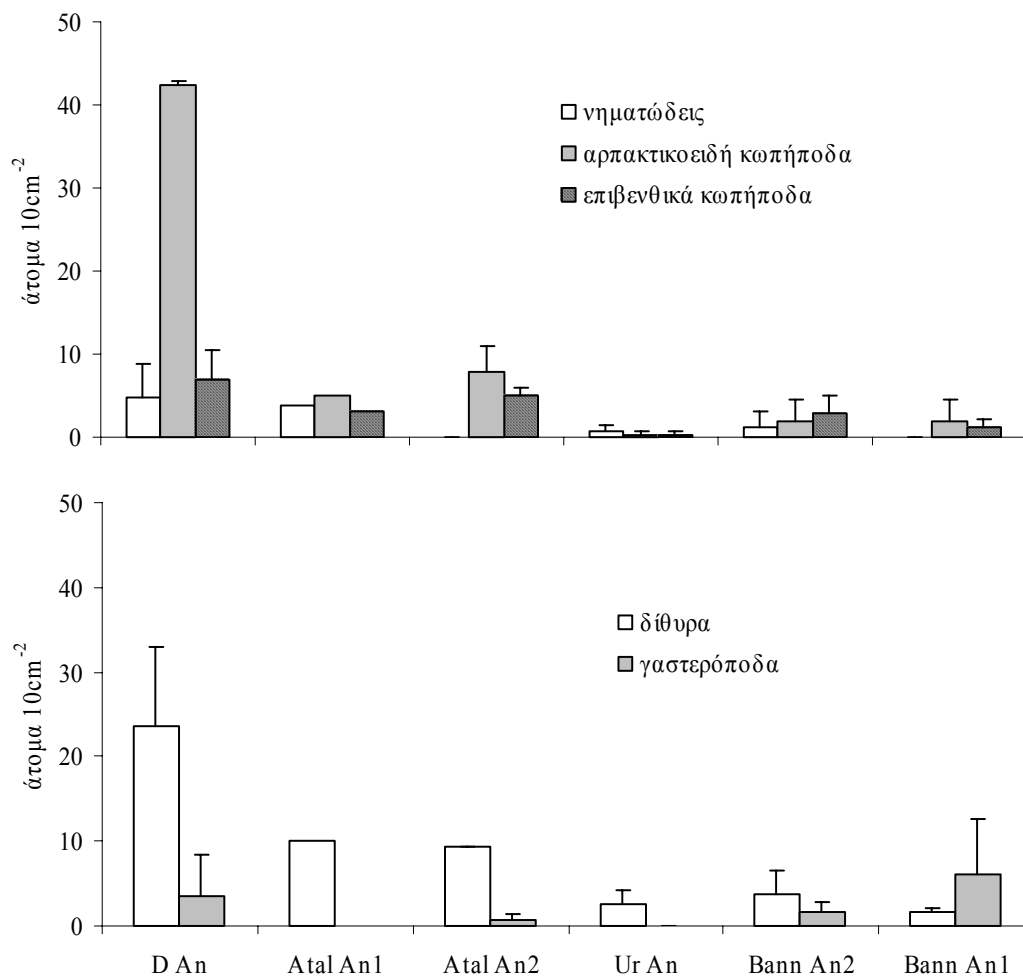
Σχήμα 3.5.21: Σύνθεση της βιοκοινωνίας των βενθικών τρηματοφόρων μέσα στην ανοξική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.

3.5.8 Παρουσία και κατανομή των άλλων μειοβενθικών ομάδων μέσα στην ανοξική ζώνη

Στο σχήμα 3.5.22 παριστάνεται η κατανομή των κυριότερων ομάδων μειοβένθους των οποίων καταμετρήθηκαν αντιπρόσωποι μέσα στην ανοξική ζώνη των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας. Η αφθονία των νηματωδών κυμαίνεται από 0,63 (Urania) έως 4,72 άτομα 10cm^{-2} (Discovery), ενώ απουσιάζουν από το σταθμό Atal An2 και από τη Λεκάνη Bannock. Η αφθονία των αρπακτικοειδών κωπηπόδων κυμαίνεται από 0,31 (Urania) έως 42,44 άτομα 10cm^{-2} (Discovery), των δε επιβενθικών κωπηπόδων από 0,31 (Urania) έως 6,92 άτομα 10cm^{-2} (Discovery). Τα δίθυρα μαλάκια χαρακτηρίζονται από αφθονία που κυμαίνεται από 1,57 έως 23,58 άτομα 10cm^{-2} στις Λεκάνες Bannock και Discovery αντίστοιχα, τα δε γαστερόποδα από 0,63 έως 5,97 άτομα 10cm^{-2} στις Λεκάνες Atalante (Στ. Atal An2) και Bannock, ενώ απουσιάζουν από τη Λεκάνη Urania και από το σταθμό Atal An1 στη Λεκάνη Atalante.

Σε συνάρτηση με το βάθος στο ίζημα, όπως και για τα τρηματοφόρα, δεν παρατηρήθηκε μια σαφής κατανομή. Σε κάποιες περιπτώσεις η πλειοψηφία των ατόμων συγκεντρώνεται στο επιφανειακό στρώμα, σε κάποιες άλλες

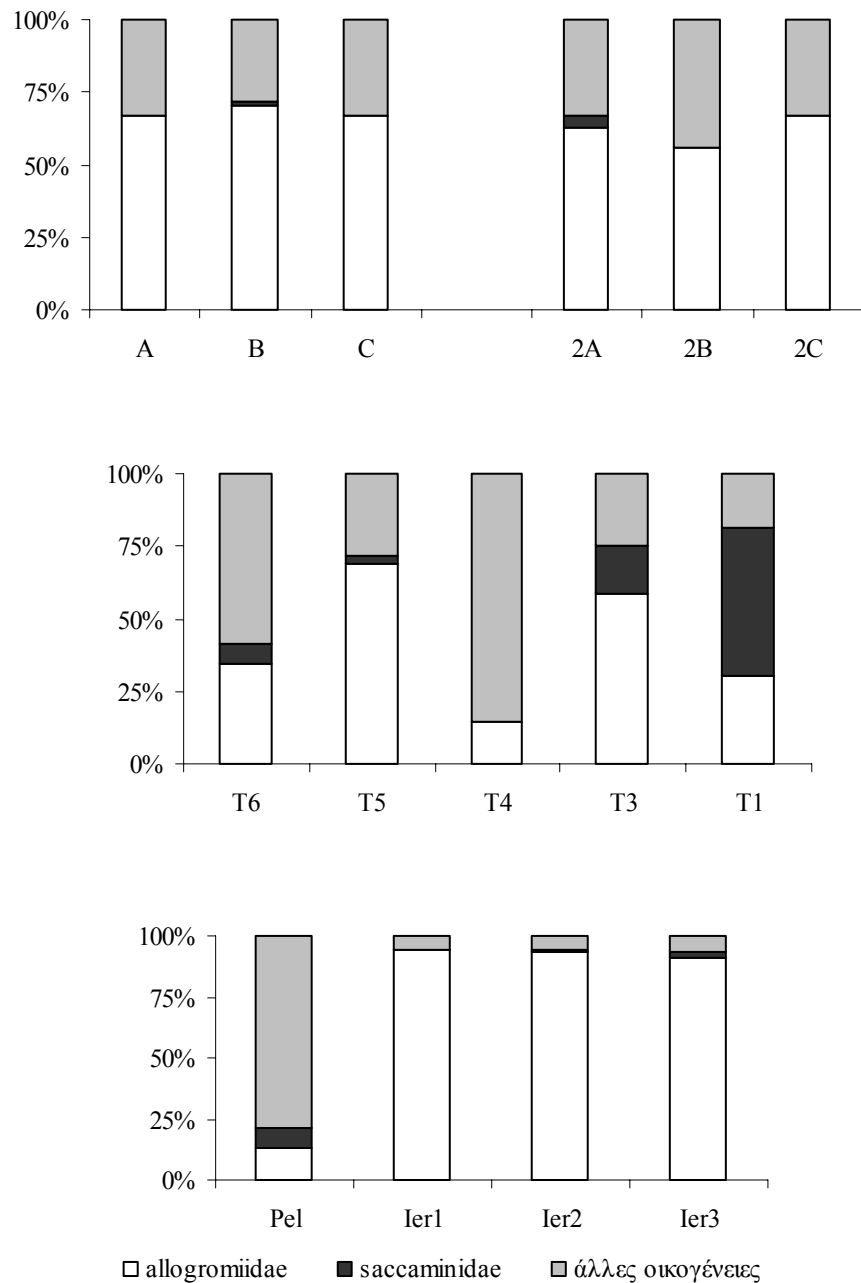
καταμετρήθηκαν άτομα (όπως για παράδειγμα διθύρων μαλακίων και γαστεροπόδων) ακόμη και στα βαθύτερα στρώματα 4-5 και 5-6cm.



Σχήμα 3.5.22: Κατανομή των νηματωδών, αρπακτικοειδών και επιβενθικών κωπηπόδων και μαλακίων στην ανοξική ζώνη των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.

3.6 Η βιοκοινωνία των τρηματοφόρων στην αβυσσική ζώνη

Στο σύνολο των σταθμών που μελετήθηκαν στην αβυσσική ζώνη (συμπεριλαμβανομένων και των σταθμών στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας) καταμετρήθηκαν συνολικά 1326 άτομα τρηματοφόρων, και προσδιορίστηκαν 46 συνολικά διαφορετικά είδη.



Σχήμα 3.6.1: Συμμετοχή των τρηματοφόρων της οικογένειας allogromiidae στο σύνολο της βιοκοινωνίας στους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης (Σταθμοί Κεντρικής Μεσογείου, διατομή σταθμών, Λεκάνη Ιεράπετρας και Πελοποννήσου).

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της αβυσσικής ζώνης είναι οι πολύ μικρές τιμές αφθονίας (Πίν.3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 3.6.4), έτσι ώστε σε αρκετές περιπτώσεις και για πολλά από τα είδη να καταμετρηθεί μόνο 1 άτομο στο δείγμα. Στο σύνολο των σταθμών της Κεντρικής Μεσογείου, διατομής σταθμών Ανατολικής Κεντρικής Μεσογείου και Λεκανών Ιεράπετρας και Πελοποννήσου προσδιορίστηκαν συνολικά 43 είδη, ενώ μόλις 16 στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.

Πίνακας 3.6.1: Αφθονίες ειδών τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος ιζήματος (ανά 10cm⁻²) στους σταθμούς μέσου βάθος 2800m στην Κεντρική Μεσόγειο τον Απρίλιο και Οκτώβριο 2001.

| | A | | B | | C |
|------------------------|----|----------------------------|----|------------------------|----|
| sp.8 (allogromiidae) | 1 | Nodellum membranacea | 6 | Nodellum membranacea | 1 |
| sp.5 (allogromiidae) | 1 | sp.8 (allogromiidae) | 3 | | |
| | | Leavidentalina inflexa | 2 | | |
| | | Bathysiphon aff. capillare | 1 | | |
| | 2A | | 2B | | 2C |
| sp.6 (allogromiidae) | 3 | Leavidentalina inflexa | 1 | Nodellum membranacea | 3 |
| Leavidentalina inflexa | 1 | Nodellum membranacea | 1 | Leavidentalina inflexa | 3 |
| Nodellum membranacea | 1 | | | sp.6 (allogromiidae) | 1 |
| Peneroplis pertusus | 1 | | | | |
| sp.8 (allogromiidae) | 1 | | | | |

Πίνακας 3.6.2: Αφθονίες ειδών τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος ιζήματος (ανά 10cm⁻²) στους σταθμούς της διατομής T6-T1 στην αβυσσική ζώνη.

| | T6 | T5 | T4 | T3 | T1 |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|----|
| Leavidentalina inflexa | 3 sp.6 (allogromiidae) | 3 unidentified | 2 sp.7 (allogromiidae) | 1 sp.3 (Saccaminidae) | 8 |
| Bathysiphon aff. capillare | 1 Nodellum membranacea | 2 Articulina tubulosa | 1 Nodellum membranacea | 1 sp.5 (allogromiidae) | 4 |
| sp.7 (allogromiidae) | 1 Leavidentalina inflexa | 2 Melonis barleeanum | 1 sp.3 (Saccaminidae) | 1 Reophax scorpiurus | 2 |
| Reophax scorpiurus | 1 sp.7 (allogromiidae) | 2 | | Leavidentalina inflexa | 1 |
| sp.5 (allogromiidae) | 1 sp.5 (allogromiidae) | 1 | | unidentified | 1 |
| sp.8 (allogromiidae) | 1 unidentified | 1 | | | |
| | sp.1 (allogromiidae) | 1 | | | |

Πίνακας 3.6.3: Αφθονίες ειδών τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος ιζήματος (ανά 10cm⁻²) στη Λεκάνη της Πελοποννήσου και Ιεράπετρας

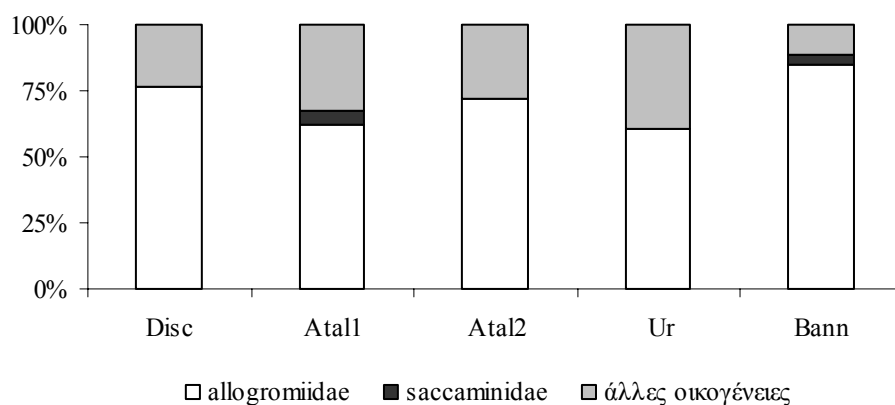
* στο σταθμό Pel η αφθονία αναφέρεται στα άνω 4cm

| | Pel | Ier1 | Ier2 | Ier3 |
|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------|
| Articulina tubulosa | 58 sp.3 (allogromiidae) | 1 sp.3 (allogromiidae) | 2 sp.3 (allogromiidae) | 3 |
| sp.3 (Saccaminidae) | 5 | sp.5 (allogromiidae) | 2 sp.5 (allogromiidae) | 1 |
| sp.8 (allogromiidae) | 4 | sp.4 (allogromiidae) | 1 | |
| sp.5 (allogromiidae) | 4 | | | |
| Leavidentalina inflexa | 2 | | | |
| sp.7 (allogromiidae) | 2 | | | |
| sp.2 (saccaminidae) | 1 | | | |
| unidentified | 1 | | | |
| Glomospira charoides | 1 | | | |
| Nodellum membranacea | 1 | | | |

Πίνακας 3.6.4: Αφθονίες ειδών τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος ιζήματος (ανά 10cm⁻²) στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας

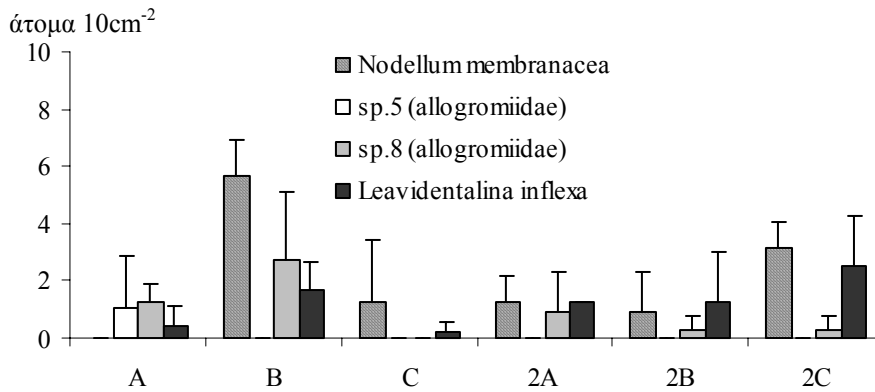
| | Disc | | Atal1 | | Atal2 | | Ur | | Bann |
|------------------------|------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|----|----------------------------|------|
| Nodellum membranacea | 12 | Nodellum membranacea | 3 | Nodellum membranacea | 4 | Leavidentalina inflexa | 1 | sp.2 (allogromiidae) | 2 |
| Leavidentalina inflexa | 3 | Leavidentalina inflexa | 1 | Leavidentalina inflexa | 3 | sp.6 (allogromiidae) | 1 | sp.6 (allogromiidae) | 1 |
| sp.6 (allogromiidae) | 2 | sp.6 (allogromiidae) | 1 | sp.6 (allogromiidae) | 2 | Nodellum membranacea | 1 | Nodellum membranacea | 1 |
| sp.2 (allogromiidae) | 2 | sp.2 (allogromiidae) | 1 | sp.2 (allogromiidae) | 1 | sp.2 (allogromiidae) | 1 | Reophax scorpiurus | |
| Dentalina sp. | 1 | | | sp.7 (allogromiidae) | 1 | | | Leavidentalina inflexa | |
| Reophax scorpiurus | 1 | | | | | | | sp.2 (saccaminidae) | |
| Saccorhiza sp. | 1 | | | | | | | sp.5 (allogromiidae) | |
| sp.5 (allogromiidae) | 1 | | | | | | | Bathysiphon aff. capillare | |

Στους περισσότερους σταθμούς κυριαρχούν τα τρηματοφόρα που ανήκουν στη οικογένεια allogromiidae (σχ. 3.6.1, 3.6.2), σε ποσοστό που φτάνει μέχρι και το 94% της συνολικής βιοκοινωνίας. Εξαιρέση αποτελούν οι σταθμοί T1,T4,T6 και Pel, που κριαρχούνται από άλλα είδη. Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή των σταθμών A, B, C μέσου βάθους 2800m, η συμμετοχή της οικογένειας allogromiidae είναι 56-70% (λαμβάνομένων υπόψη και των δύο δειγματοληπτικών περιόδων), στους δε σταθμούς T3 & T5 της διατομής 58-69%. Στη Λεκάνη της Ιεράπετρας, τα τρηματοφόρα της παραπάνω οικογένειας συμμετέχουν σε ποσοστό 91-94% (η ισχυρότερη κυριαρχία στην αβυσσική ζώνη), ενώ στους σταθμούς εκτός της ανοξικής ζώνης των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών η συμμετοχή τους ανέρχεται στο 61-88% (η χαμηλότερη στη Λεκάνη Urania και η υψηλότερη στη Λεκάνη Bannock (σχ. 3.6.2).



Σχήμα 3.6.2: Συμμετοχή των τρηματοφόρων της οικογένειας allogromiidae στο σύνολο της βιοκοινωνίας στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας

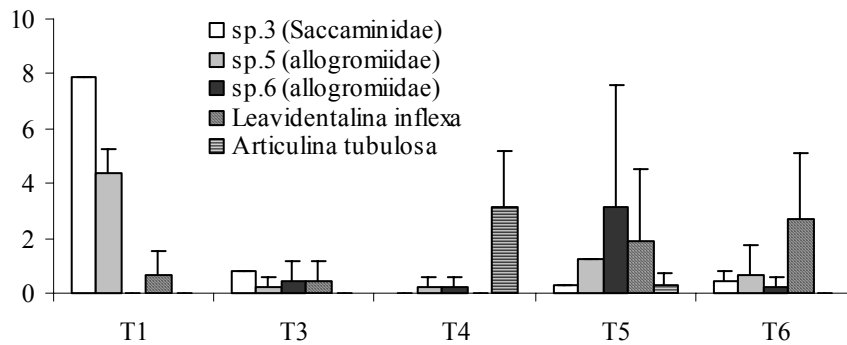
Στο σταθμό T1, τη μεγαλύτερη συμμετοχή στη βιοκοινωνία την έχει το είδος *sp.3* της οικογένειας *saccaminidae* (51%) ενώ τα τρηματοφόρα της οικογένειας *allogromiidae* συμμετέχουν σε ποσοστό 31%. Στο σταθμό T4, κυρίαρχα είναι τα είδη *Articulina tubulosa* (56%) και *Melonis barleeaanum* (15%), ενώ στη λεκάνη της Πελοποννήσου είναι χαρακτηριστική η κυριαρχία του είδους *Articulina tubulosa*, σε ποσοστό συμμετοχής 72% της συνολικής βιοκοινωνίας.



Σχήμα 3.6.3: Κατανομή των πιο άφθονων ειδών στους σταθμούς A,B,C τον Απρίλιο και τον Οκτώβριο 2001

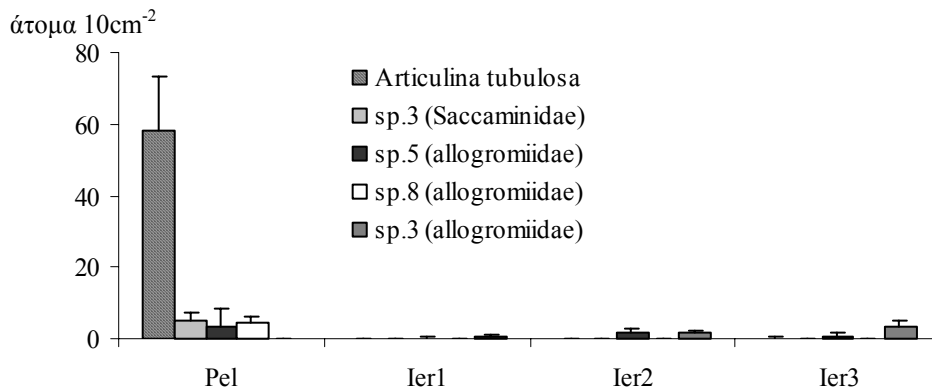
Στην περιοχή των σταθμών της A,B,C μέσου βάθους 2800m, το αφθονότερο είδος είναι το *Nodellum membranacea* (1-6 άτομα 10cm^{-2}), και ακολουθείται από τα είδη *sp.5* και *sp.8* (*allogromiidae*) και *Leavidentalina inflexa* (1-4, 1-3 και 1-3 άτομα 10cm^{-2} αντίστοιχα (σχ. 3.6.3).

άτομα 10cm^{-2}



Σχήμα 3.6.4: Κατανομή των πιο άφθονων ειδών στους σταθμούς της διατομής Ανατολικής - Κεντρικής Μεσογείου

Στους σταθμούς της διατομής Ανατολικής-Κεντρικής Μεσογείου, μεγαλύτερη αφθονία εμφανίζει το είδος *sp.3* (saccaminidae) *sp.5* & *sp.6* (allogromiidae) *Leavidentalina inflexa* με αφθονίες αντίστοιχα 1-4, 3 και 1-3 άτομα 10cm^{-2} (σχ. 3.6.4).

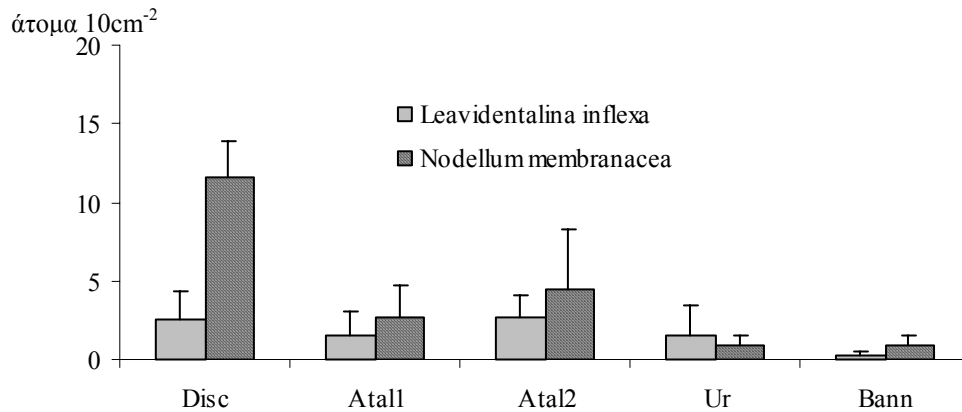


Σχήμα 3.6.5: Κατανομή των πιο άφθονων ειδών στη Λεκάνη της Πελοποννήσου και στη Λεκάνη της Ιεράπετρας

Στη Λεκάνη της Πελοποννήσου όπου εμφανίζεται και η μεγαλύτερη αφθονία των τρηματοφόρων (και μάλιστα ιδιαίτερα αυξημένη σε σχέση με τους υπολοίπους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης), το είδος *Articulina tubulosa* το οποίο κυριαρχεί παρουσιάζει αφθονία 58 άτομα 10cm^{-2} και ακολουθούν τα *sp.3*

(saccaminidae), *sp. 8* & *sp.5* (allogromiidae) με αφθονίες 5 και 4 άτομα 10cm^{-2} αντίστοιχα (σχ. 3.6.5).

Στη Λεκάνη της Ιεράπετρας όπου σημειώνεται και η μέγιστη συμμετοχή των τρηματοφόρων της οικογένειας allogromiidae, οι αφθονίες των ειδών είναι ελάχιστες (σχ. 3.6.5), 2-3 άτομα 10cm^{-2} και 1-2 άτομα 10cm^{-2} αντίστοιχα για τα είδη *sp.3* και *sp.5* (allogromiidae).

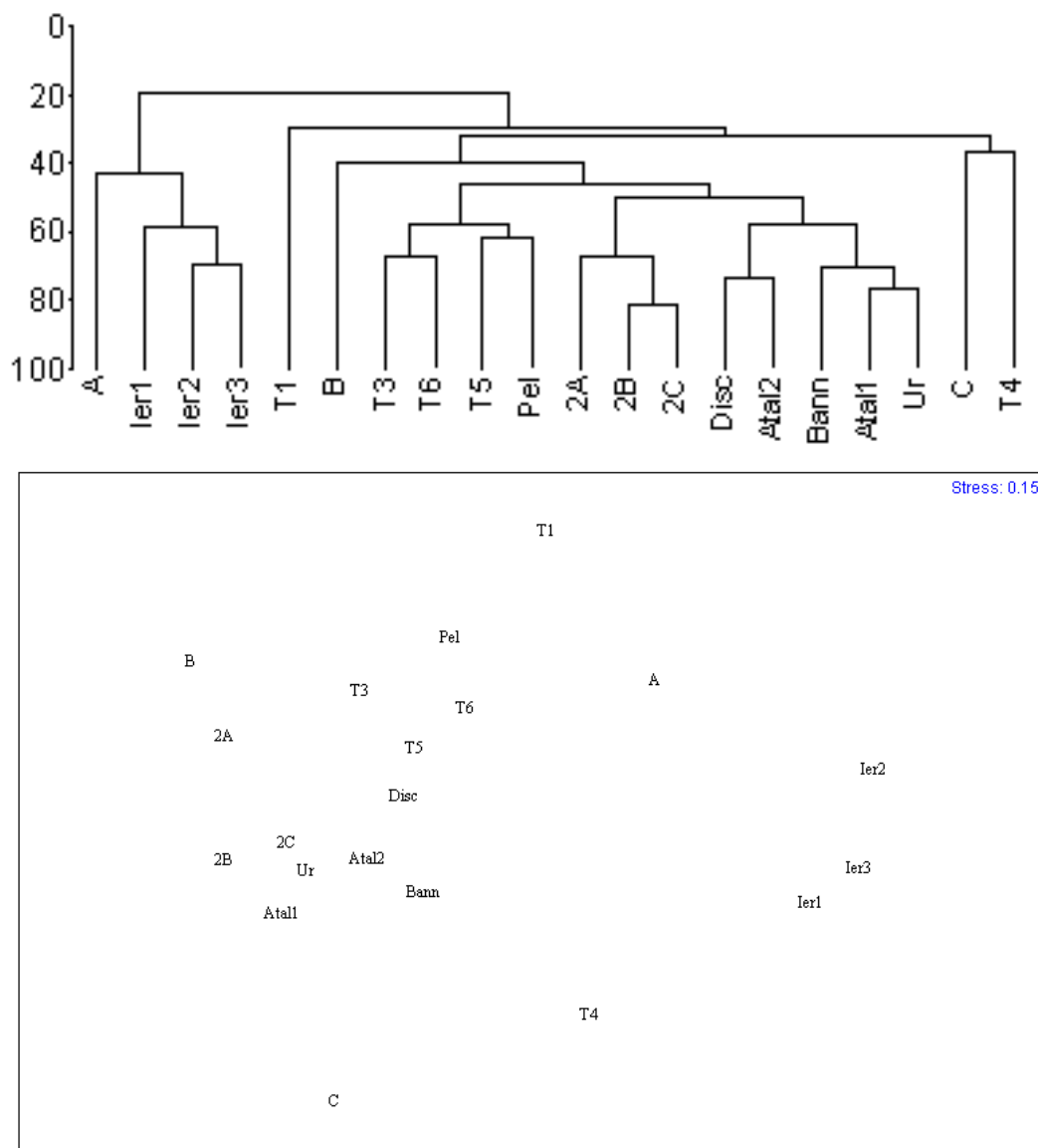


Σχήμα 3.6.6: Κατανομή των πιο αφθονων ειδών στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.

Στους σταθμούς που μελετήθηκαν στις φυσιολογικές περιοχές των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας, το αφθονότερο είδος που βρέθηκε είναι το *Nodellum membranacea* (1-12 άτομα 10cm^{-2}), και ακολουθεί το είδος *Leavidentalina inflexa* με αφθονία 1-3 άτομα 10cm^{-2} (σχ. 3.6.6).

Αναλύοντας τα πανιδικά δεδομένα του συνόλου των σταθμών της αβυσσικής ζώνης πλην των ανοξικών περιοχών με πολυμεταβλητή ανάλυση, παρατηρούνται τα εξής (σχ. 3.6.7): οι σταθμοί των φυσιολογικών περιοχών εκτός της ανοξικής ζώνης των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας αποτελούν μία διακριτή ομάδα, σε βαθμό ομοιότητας 58%. Ειδικότερα, οι σταθμοί Disc και Atal2 παρουσιάζουν ομοιότητες ως προς την πανιδική τους σύνθεση σε ποσοστό 73%, οι δε σταθμοί Atal1, Bann και Ur σε ποσοστό 70%. Μια άλλη διακριτή ομάδα είναι οι σταθμοί A, B, C στην Κεντρική Μεσόγειο κατά την δειγματοληπτική περίοδο του Οκτωβρίου, που χαρακτηρίζονται από βαθμό ομοιότητας 67%. Επίσης, στο επίπεδο του 58% βαθμού ομοιότητας ομαδοποιούνται και οι σταθμοί T3, T5, T6 και Pel. Ειδικότερα, οι σταθμοί T3 &

T6 και οι T5 & Pel παρουσιάζουν ομοιότητα ως προς την πανιδική τους σύνθεση κατά 67 και 62% αντίστοιχα.



Σχήμα 3.6.7: Δενδρόγραμμα ομοιότητας (Bray-Curtis) και διάγραμμα MDS των σταθμών του αβυσσικής ζώνης πλην των ανοξικών περιοχών με βάση τη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος. (Μετασχηματισμός 4^{th} ρίζας).

Όπως προέκυψε από την ανάλυση SIMPER σχετικά με τη συμμετοχή κάθε είδους από τα τρηματοφόρα στη συνολική ανομοιότητα του δείκτη Bray-Curtis μεταξύ των διακριτών ομάδων (α: σταθμοί στη φυσιολογική περιοχή των

Βαθιών Ανοξικών Λεκανων Υψηλής Αλατότητας, β: σταθμοί βάθους 2800m Α, Β, C τον Οκτώβριο, γ: σταθμοί Τ3,Τ5,Τ6 και Λεκάνη Πελοποννήσου και δ: Λεκάνη Ιεράπετρας) παρατηρήθηκαν τα παρακάτω:

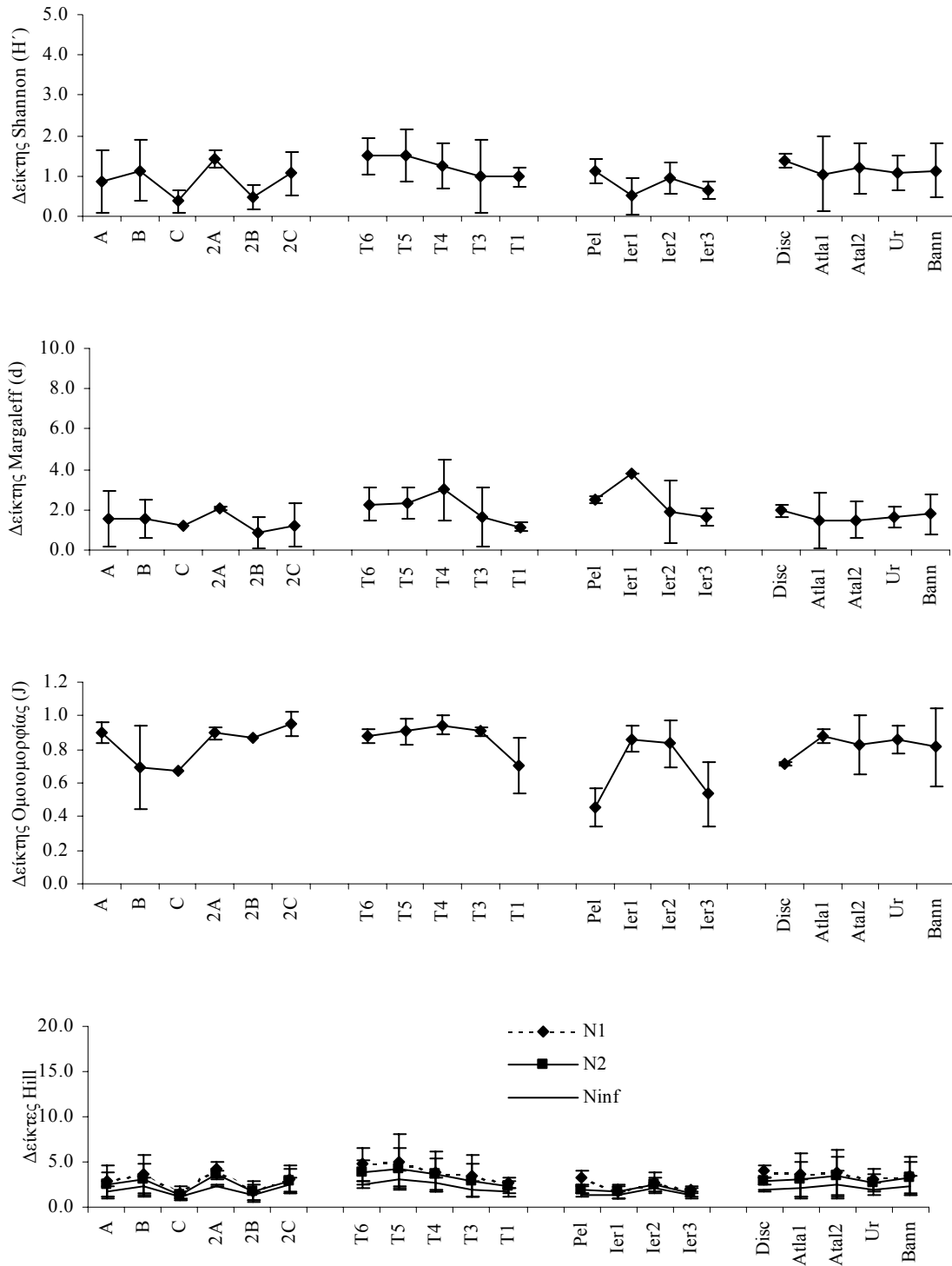
Τα είδη *Nodellum membranacea*, *sp.2*, *sp.6* (allogromiidae), *Leavidentalina inflexa* και *sp.8* (allogromiidae) επεξηγούν καλύτερα το 90% της ανομοιότητας μεταξύ των ομάδων α και β με αντίστοιχες συμμετοχές 29,34%, 16,67%, 11,80%, 11,46% και 6,81%. Μεταξύ των ομάδων β και γ, για την ανομοιότητα είναι υπεύθυνα κατά μεγαλύτερο ποσοστό τα είδη *Articulina tubulosa*, *sp.7*, *sp.6* (allogromiidae), *Nodellum membranacea*, *Leavidentalina inflexa*, συμμετέχοντας στο 90% του δείκτη κατά 25,31%, 10,24%, 9,31%, 9,19%, και 8,61%. Μεταξύ των ομάδων γ και δ, για την ανομοιότητα είναι υπεύθυνα κατά μεγαλύτερο ποσοστό τα είδη *Articulina tubulosa*, *sp.3* (allogromiidae), *Leavidentalina inflexa*, *sp.7*, *sp.6* (allogromiidae), *Nodellum membranacea* με αντίστοιχες συμμετοχές 19,57%, 12,72%, 11,86%, 9,33%, 7,32% και 7,18%. Τα είδη *Articulina tubulosa*, *Nodellum membranacea*, *sp.6*, *sp.2* (allogromiidae), *Leavidentalina inflexa* επεξηγούν καλύτερα το 90% της ανομοιότητας μεταξύ των ομάδων α και γ με αντίστοιχες συμμετοχές 23,16%, 16,41%, 8,44%, 8,18% και 7,27%. Τα είδη *Nodellum membranacea*, *sp.3*, (allogromiidae), *Leavidentalina inflexa*, *sp.6*, *sp.2* (allogromiidae) επεξηγούν καλύτερα το 90% της ανομοιότητας μεταξύ των ομάδων α και δ (26,02%, 16,06%, 13,66%, 13,64% και 11,63% αντίστοιχα).

Στα παρακάτω σχήματα (σχ. 3.6.8 & 3.6.9) παριστάνονται οι τιμές των διαφόρων δεικτών ποικιλότητας που υπολογίστηκαν για τους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης, καθώς και του αριθμού ατόμων και ειδών των τρηματοφόρων.

Στους σταθμούς μέσου βάθους 2800m (σταθμοί Α,Β,С) καταμετρήθηκαν 2-5 είδη, οι δε δείκτες Shannon, Margaleff, Ομοιομορφίας, και Hill N1, N2 και Ninf παίρνουν τιμές από 0,4-1,4, από 0,9-2,1, από 0,7-0,9, από 1,5-4,2, από 1,3-3,6 και από 1,2-2,5 αντίστοιχα. Μεταξύ των σταθμών της διατομής Κεντρικής Ανατολικής Μεσογείου, ο αριθμός των ειδών που βρέθηκαν είναι 4-7 είδη, και οι τιμές των παραπάνω δεικτών 1-1,5 (Shannon), 1,1-3 (Margaleff), 0,7-0,9 (Ομοιομορφίας), 2,7-5 (N1), 2,2-4,3 (N2), 1,7-3,1 (Ninf).

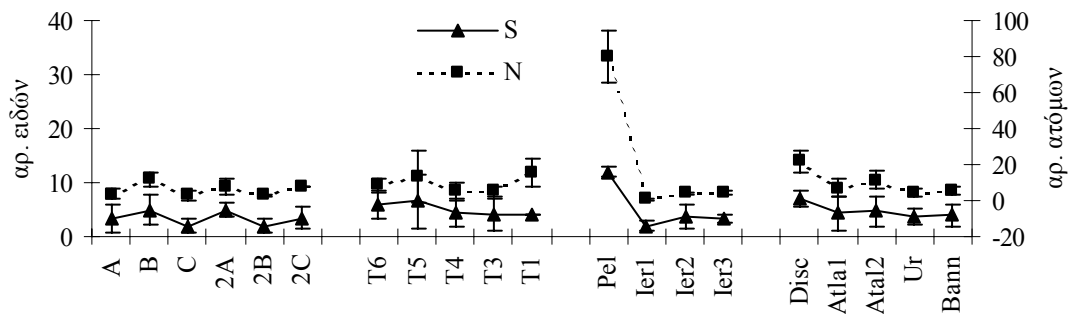
Στη Λεκάνη της Πελοποννήσου σημειώνεται σημαντικά μεγαλύτερος αριθμός ειδών (12 είδη), και οι τιμές των δεικτών ποικιλότητας είναι 1,1 (Shannon), 2,5 (Margaleff), 0,5 (Ομοιομορφίας), 3,2 (N1), 2 (N2), 1,4 (Ninf).

Στη λεκάνη της Ιεράπετρας, οι τιμές των δεικτών ποικιλότητας είναι 0,5-1 (Shannon), 1,6-3,8 (Margaleff), 0,5-0,9 (Ομοιομορφίας), 1,8-2,8 (N1), 1,6-2,5 (N2), 1,4-2,1 (Ninf). Στην περιοχή αυτή καταμετρήθηκαν 2-4 είδη.



Σχήμα 3.6.8 Τιμές δεικτών ποικιλότητας των σταθμών της αβυσσικής ζώνης με βάση τη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στα άνω 6cm του ιζήματος.

Στους σταθμούς που μελετήθηκαν στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας, βρέθηκαν 4-7 είδη τρηματοφόρων, ενώ οι τιμές των δεικτών ποικιλότητας που υπολογίστηκαν είναι 1-1,4 (Shannon), 1,5-1,9 (Margaleff), 0,7-0,9 (Ομοιομορφίας), 3,1-4 (N1), 2,7-3,4 (N2), 1,9-2,5 (Ninf).



Σχήμα 3.6.9 Αριθμός ειδών και ατόμων τρηματοφόρων στους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης .

Βασικό χαρακτηριστικό εξάλλου αποτελεί η σημαντική (Ανονα, $p < 0,05$) μείωση του αριθμού των ειδών αλλά και των δεικτών ποικιλότητας στους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης, σε σχέση με τη βαθύαλη ζώνη. Με ανάλυση που πραγματοποιήθηκε ανάμεσα στους δείκτες ποικιλότητας και στα διαθέσιμα αβιοτικά στοιχεία για τη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη (που αφορούν σε παραμέτρους όπως το βάθος και διαθέσιμη τροφή) με το συντελεστή συσχέτισης Spearman, βρέθηκε ότι: ο αριθμός των ειδών και οι δείκτες ποικιλότητας της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων συσχετίζονται σημαντικά με τη διαθεσιμότητα σε τροφή όπως αυτή εκφράζεται με τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης a , των φαιοχρωστικών και το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών, ενώ μειώνονται σημαντικά σε συνάρτηση με το βάθος (Πίν. 3.6.5).

Στην αβυσσική ζώνη, χαρακτηριστικό της κατακόρυφης κατανομής των τρηματοφόρων στο ίζημα αποτελεί η συγκέντρωσή τους στα ανώτερα τμήματα του ιζήματος και συγκεκριμένα (στους περισσότερους σταθμούς) σε βάθος μέχρι 1,5cm. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα, περιορίζονται ακόμα και στο ανώτερο εκατοστό ή ακόμα και στο επιφανειακό μισό εκατοστό του ιζήματος, απουσιάζοντας βαθύτερα. Έτσι, μικρότερες τιμές μέσου βάθους εμφάνισης των διαφόρων ειδών υπολογίστηκαν για τους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης (Πίν. 3.6.6, 3.6.7), σε σχέση με αυτούς της βαθύαλης.

Πίνακας 3.6.5: Αποτελέσματα ανάλυσης με το συντελεστή συσχέτισης Spearman για τη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν τα πανιδικά δεδομένα από τα άνω 6cm του ιζήματος και οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων από τα άνω 2cm του ιζήματος. (τιμές σε πλαίσιο: $p < 0,05$).

| Αρ. Ειδών | D | J ₋ | H | N1 | N2 | NINF | βάθος | Οργαν. Άνθρακας | Χλωροφ. Α | Φαιτοχλωστ. | CPE | Χλωρ./CPE | |
|----------------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-------------|--------|-----------|-------|
| Αρ. Ειδών | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| D | 0.970 | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| J ₋ | -0.605 | -0.587 | 1.000 | | | | | | | | | | |
| H | 0.891 | 0.886 | -0.314 | 1.000 | | | | | | | | | |
| N1 | 0.862 | 0.864 | -0.262 | 0.996 | 1.000 | | | | | | | | |
| N2 | 0.711 | 0.692 | 0.002 | 0.930 | 0.938 | 1.000 | | | | | | | |
| NINF | 0.539 | 0.543 | 0.213 | 0.815 | 0.824 | 0.943 | 1.000 | | | | | | |
| βάθος | -0.594 | -0.582 | 0.279 | -0.727 | -0.745 | -0.609 | -0.446 | 1.000 | | | | | |
| Οργ. Άνθρ. | 0.198 | 0.204 | 0.051 | 0.266 | 0.288 | 0.297 | 0.134 | -0.270 | 1.000 | | | | |
| Χλωροφ. Α | 0.810 | 0.754 | -0.604 | 0.684 | 0.662 | 0.477 | 0.270 | -0.569 | 0.327 | 1.000 | | | |
| Φαιτοχλωστ. | 0.722 | 0.719 | -0.354 | 0.543 | 0.538 | 0.424 | 0.270 | -0.130 | 0.327 | 0.701 | 1.000 | | |
| CPE | 0.737 | 0.732 | -0.402 | 0.556 | 0.552 | 0.420 | 0.253 | -0.174 | 0.319 | 0.736 | 0.996 | 1.000 | |
| Χλωρ./CPE | 0.134 | 0.055 | -0.253 | 0.253 | 0.240 | 0.165 | 0.099 | -0.618 | -0.020 | 0.358 | -0.389 | -0.345 | 1.000 |

 $p < 0,05$

Σε όλους τους σταθμούς που αναλύθηκαν (σταθμοί A,B,C, κατά μήκος της διατομής σταθμών T6-T1 και στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας), το μέσο βάθος εμφάνισης ήταν μικρότερο του μισού εκατοστού, για όλα τα είδη που βρέθηκαν. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι στους σταθμούς αυτούς ο τρόπος υποδειγματοληψίας του ιζήματος επέτρεψε την ανάλυση ανά μισό εκατοστό στα 2 πρώτα cm του ιζήματος. Στους υπόλοιπους σταθμούς στη λεκάνη της Ιεράπετρας και Πελοποννήσου, το μέσο βάθος εμφάνισης δεν ξεπερνάει το 1 εκατοστό του ιζήματος, για όλα τα είδη τρηματοφόρων που βρέθηκαν (στη Λεκάνη της Πελοποννήσου το ίζημα τεμαχίστηκε ανά 2cm, στη δε Λεκάνη της Ιεράπετρας ανά 1cm για τα 2 πρώτα cm του ιζήματος).

Στην αβυσσική ζώνη, και δεδομένου του ότι όλα τα είδη περιορίζονται στο ανώτερο επιφανειακό στρώμα, με μέσο βάθος εμφάνισης στο ίζημα μικρότερο του μισού εκατοστού σε όλους τους σταθμούς όπου υπήρχε η δυνατότητα αυτής της πληροφορίας και με βάση τον τρόπο υποδειγματοληψίας, δεν παρατηρούνται μεταβολές μεταξύ των ειδών (μέσο βάθος στο ίζημα 0,3-0,4cm). Αντίστοιχα, δεν παρατηρούνται μεταβολές ως προς το μέσο βάθος εμφάνισης μεταξύ των ειδών και στη Λεκάνη της Πελοποννήσου και Ιεράπετρας (μέσο βάθος εμφάνισης στο ίζημα 1 και 0,5-0,7cm αντίστοιχα).

Πίνακας 3.6.7: Μέσο βάθος εμφάνισης ειδών τρηματοφόρων στο ίζημα (cm) στους σταθμούς στη φυσιολογική περιοχή των Βαθιών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας.

| | Disc | Atal1 | Atal2 | Ur | Bann |
|----------------------------|------|-------|-------|-----|------|
| Bathysiphon aff. capillare | 0.3 | | | | |
| Dentalina sp. | 0.3 | | 0.3 | | |
| Fissurina elliptica | | | | | |
| Glomospira charoides | 0.3 | | | | |
| Goesella obscura | | | 0.3 | | |
| Gyroidina orbicularis | | | | | |
| Leavidentalina inflexa | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Nodellum membranacea | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Quinquelodulina lamarckina | | 0.4 | | | |
| Reophax scorpiurus | 0.3 | | | 0.3 | 0.3 |
| Saccorhiza sp. | 0.4 | | | | |
| sp.2 (saccaminidae) | | 0.3 | | | 0.3 |
| sp.2 (allogromiidae) | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| sp.5 (allogromiidae) | 0.3 | | 0.4 | | 0.4 |
| sp.6 (allogromiidae) | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 |
| sp.7 (allogromiidae) | 0.3 | | 0.3 | | |

3.7 Επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στη σύνθεση του μειοβένθους και στη δομή της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στην αβυσσική ζώνη

Όπως και στους βαθύαλους σταθμούς έτσι και στην αβυσσική ζώνη μελετήθηκε η επίδραση των περιβαλλοντικών παραμέτρων τόσο στη σύνθεση της μειοβενθικής βιοκοινωνίας όσο και της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων. Αυτό έγινε λαμβάνοντας υπόψη:

α) τις συσχετίσεις μεταξύ των αφθονιών των μειοβενθικών ομάδων με τις αβιοτικές παραμέτρους του ιζήματος χρησιμοποιώντας το συντελεστή συσχέτισης Spearman

β) τη συσχέτιση μεταξύ αβιοτικών παραμέτρων του ιζήματος και της σύνθεσης της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο BIOENV.

Στην αβυσσική ζώνη παρατηρήθηκε συσχέτιση ανάμεσα στις αφθονίες ορισμένων μειοβενθικών ομάδων και των φυσικοχημικών παραμέτρων του ιζήματος, χωρίς όμως η συσχέτιση αυτή να είναι πάντα στατιστικά σημαντική. Συγκεκριμένα, σημαντικά θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ της αφθονίας των κωπηπόδων και των φαιοχρωστικών και CPE, καθώς και των στροβιλιστικών και CPE. Θετική συσχέτιση επίσης βρέθηκε μεταξύ της αφθονίας των ναυπλίων και των φαιοχρωστικών και CPE, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική. Γενικά στην αβυσσική ζώνη σε αντίθεση με τη βαθύαλη, δεν παρατηρήθηκε μια ξεκάθαρη εικόνα ως προς τη συσχέτιση των αφθονιών των ομάδων με τις φυσικοχημικές παραμέτρους του ιζήματος.

Για την ανάλυση των βιοτικών και αβιοτικών δεδομένων με τη μέθοδο BIOENV, διερευνήθηκε και στην αβυσσική ζώνη η πιθανή συσχέτιση μεταξύ αβιοτικών παραγόντων με βάση τα κριτήρια που έχουν τεθεί από τους Clarke & Ainsworth (1993). Και πάλι προέκυψε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ Chl a και CPE καθώς και μεταξύ φαιοχρωστικών και CPE, κι έτσι αξιοποιήθηκε μόνο ο παράγοντας CPE.

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση τόσο για το σύνολο των σταθμών της αβυσσικής ζώνης πλην των ανοξικών, αλλά και για τους σταθμούς που προέκυψε από την ομαδοποίηση Bray-Curtis ότι αποτελούν μία ομάδα. Συγκεκριμένα τους σταθμούς 2800m (A, B, C από τη δειγματοληψία του Οκτωβρίου), τους σταθμούς T3, T5 & T6, το σταθμό στη λεκάνη της Πελοποννήσου και τους σταθμούς στη φυσιολογική περιοχή των Ανοξικών Λεκανών Disc, Atal1, Atal2, Ur και Bann.

Εξετάζοντας το σύνολο των σταθμών της αβυσσικής ζώνης, δεν προέκυψε κάποια ισχυρή επίδραση ενός παράγοντα ή συνδυασμού παραγόντων στη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων. Από την ανάλυση όμως για τους σταθμούς της ομάδας με βάση το δενδρόγραμμα Bray-Curtis, προέκυψε ότι ο συνδυασμός 3 παραγόντων και συγκεκριμένα του βάθους, του λόγου chl a/CPE και του οργανικού άνθρακα εξηγεί καλύτερα τη δομή της βιοκοινωνίας (Πίν. 3.7.1).

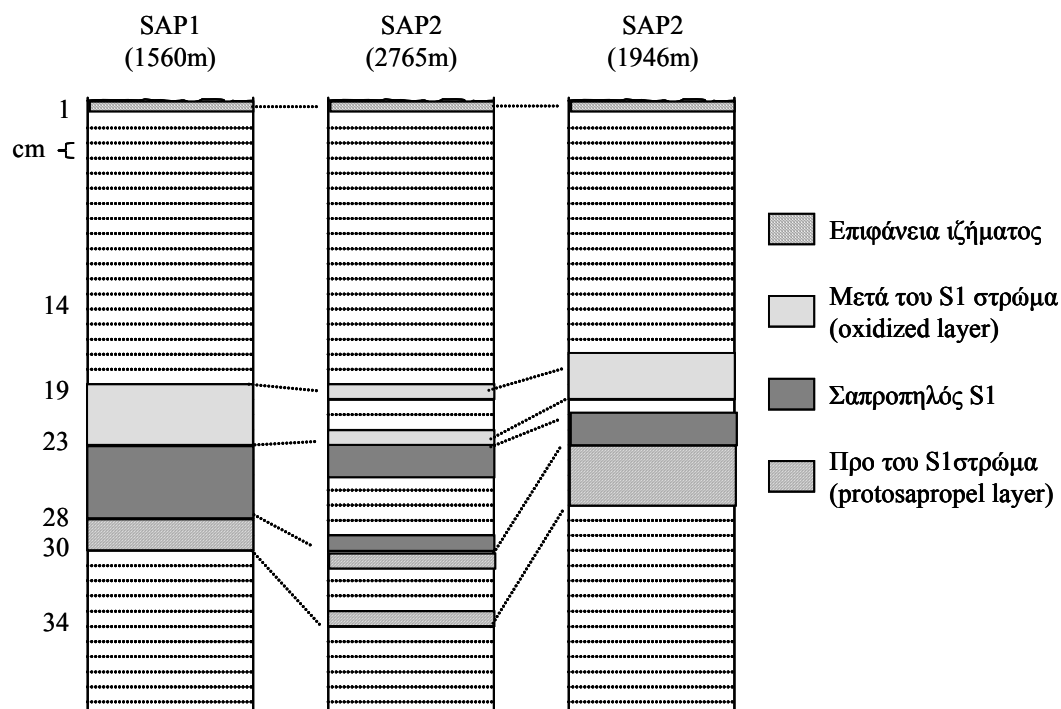
Πίνακας 3.7.1: Αποτελέσματα ανάλυσης BIOENV για την αβυσσική ζώνη. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν τα πανιδικά δεδομένα από τα άνω 6cm του ιζήματος, οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων από τα άνω 2cm του ιζήματος.

| | Συντ. Συσχ. | Παράμετροι | Αρ. παραμέτρων |
|--------------------------|-------------|---------------------------------------|----------------|
| βιοκοινωνία τρηματοφόρων | 0,665 | Βάθος, Chl a/CPE, οργαν. άνθρακας | 3 |
| | 0,660 | Βάθος, Chl a/CPE | 2 |
| | 0,656 | Βάθος, CPE, Chl a/CPE, οργαν. άνθρακα | 4 |
| | 0,630 | CPE, Chl a/CPE, οργαν. άνθρακας | 3 |

3.8 Μεταβολές στη βιοκοινωνία των τρηματοφόρων ως αποτέλεσμα των περιβαλλοντικών αλλαγών στην Ανατολική Μεσόγειο κατά το Ολόκαινο

3.8.1 Λιθολογική περιγραφή των πυρήνων δειγματοληψίας – διαδοχή ιζημάτων στη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου

Προκειμένου να μελετηθούν οι μεταβολές στη δομή της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων ως αποτέλεσμα των περιβαλλοντικών αλλαγών που συνέβησαν στην Ανατολική Μεσόγειο στη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου (κατά το Ολόκαινο), αναλύθηκαν δείγματα σε διάφορα βάθη στο ιζημα. Τα διαφορετικά αυτά στρώματα ιζήματος αντανακλούν τις μεταβολές στις περιβαλλοντικές συνθήκες, και επομένως τις συνθήκες ιζηματοπόθεσης στο βυθό της Ανατολικής Μεσογείου κατά την αντίστοιχη περίοδο.



Σχήμα 3.8.1: Περιγραφή και λιθοστρωματογραφική συσχέτιση πυρήνων SAP1,2 & 3 περιέχοντες την ακολουθία στρωμάτων σαπροπηλού S1, προ και μετά του S1 στρωμάτων.

Οι τρεις πυρήνες που ελήφθησαν χαρακτηρίζονται από την κλασσική ακολουθία στρωμάτων που περιλαμβάνουν και το στρώμα του νεότερου σαπροπηλού S1, απεικονίζουν δε πολύ καλά όλη τη σειρά στρωμάτωσης από το προ του S1 στρώμα (protosapropel), το σαπροπηλό S1, το αμέσως μετά του S1

στρώμα (oxidized layer) και βέβαια το σύγχρονο επιφανειακό στρώμα (0-1cm) που αντιστοιχεί στις σύγχρονες περιβαλλοντικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν το βυθό στην Ανατολική Μεσόγειο. Στους πυρήνες που μελετήθηκαν, ο σαπροπηλός S1 εντοπίστηκε σε βάθος 23-28, 23-30 και 21-23 εκατοστά στους SAP1, SAP2 και SAP3, αντίστοιχα (Σχ. χχ).

3.8.2 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε οργανική ύλη της ακολουθίας των ιζημάτων προ, εντός και μετά του σαπροπηλού S1

Κατά τη διάρκεια απόθεσης των ιζημάτων και σε περίοδο πριν ακριβώς από τη δημιουργία του σαπροπηλού S1 μέχρι και σήμερα, η περιεκτικότητα του ιζήματος σε οργανικό άνθρακα μεταβάλλεται σημαντικά, με κύριο χαρακτηριστικό την αύξηση εντός του σαπροπηλικού στρώματος και κυρίως στα ενδιάμεσα στρώματα του S1. Σε σχέση με τη διαδοχή των στρωμάτων και ξεκινώντας ακριβώς πριν από την απόθεση του S1, οι μεταβολές στην περιεκτικότητα των ιζημάτων σε οργανικό άνθρακα έχουν ως εξής (σχ. 3.8.2):

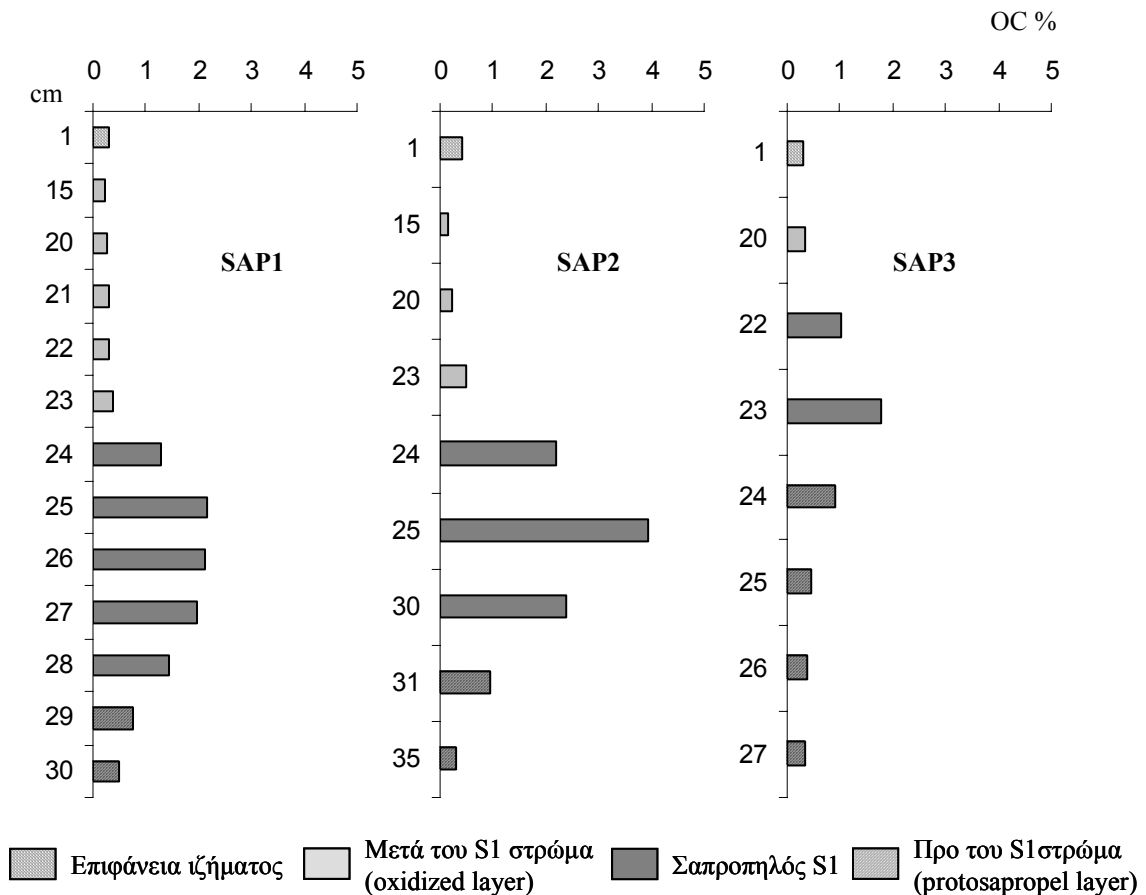
Στον πυρήνα SAP1 (σχ. 3.8.2α), σε βάθος 29-30cm (proto sapropel layer) η περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα είναι 0,491%, αυξανόμενη στο αμέσως επόμενο στρώμα (28-29cm, ακριβώς πριν το S1) σε 0,740%. Εντός του σαπροπηλού (23-28cm), η περιεκτικότητα είναι ιδιαίτερα αυξημένη, και κυμαίνεται από 1,450 – 2,167% με τις υψηλότερες τιμές (2,108-2,167%) στο εσωτερικό του S1 (24-26cm). Στη συνέχεια (post sapropel layer), η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα μειώνεται και πάλι και κυμαίνεται από 0,267-0,385%.

Στον πυρήνα SAP2 (σχ. 3.8.2β), σε βάθος 34-35cm (proto sapropel layer) η περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα είναι 0,318%, αυξανόμενη αργότερα φτάνοντας μέχρι και 0,937% ακριβώς πριν την έναρξη του S1 (30-31cm). Εντός του σαπροπηλού (23-30cm), η περιεκτικότητα κυμαίνεται από 2,192-3,951% και είναι μέγιστη (3,951%) στο εσωτερικό στρώμα (24-25cm). Κατόπιν, (post sapropel layer), η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα μειώνεται σε επίπεδα που κυμαίνονται από 0,213-0,483%.

Στον πυρήνα SAP3 (σχ. 3.8.2γ), η περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα πριν τη δημιουργία του S1 (23-27cm, proto sapropel layer) κυμαίνεται από 0,325 έως 0,922% (σε βάθος 23-24cm, ακριβώς πριν την έναρξη του σαπροπηλικού στρώματος), αυξανόμενη εντός του S1 μέχρι και 1,770% (22-23cm). Αργότερα

και μετά το τέλος του σαπροπηλού S1, η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα μειώνεται 0,323% (19-20%).

Και στους τρεις πυρήνες, τα επιφανειακά σύγχρονα ιζήματα (0-1cm) χαρακτηρίζονται από όμοιες περιεκτικότητες σε οργανικό άνθρακα (0,307-0,399%).

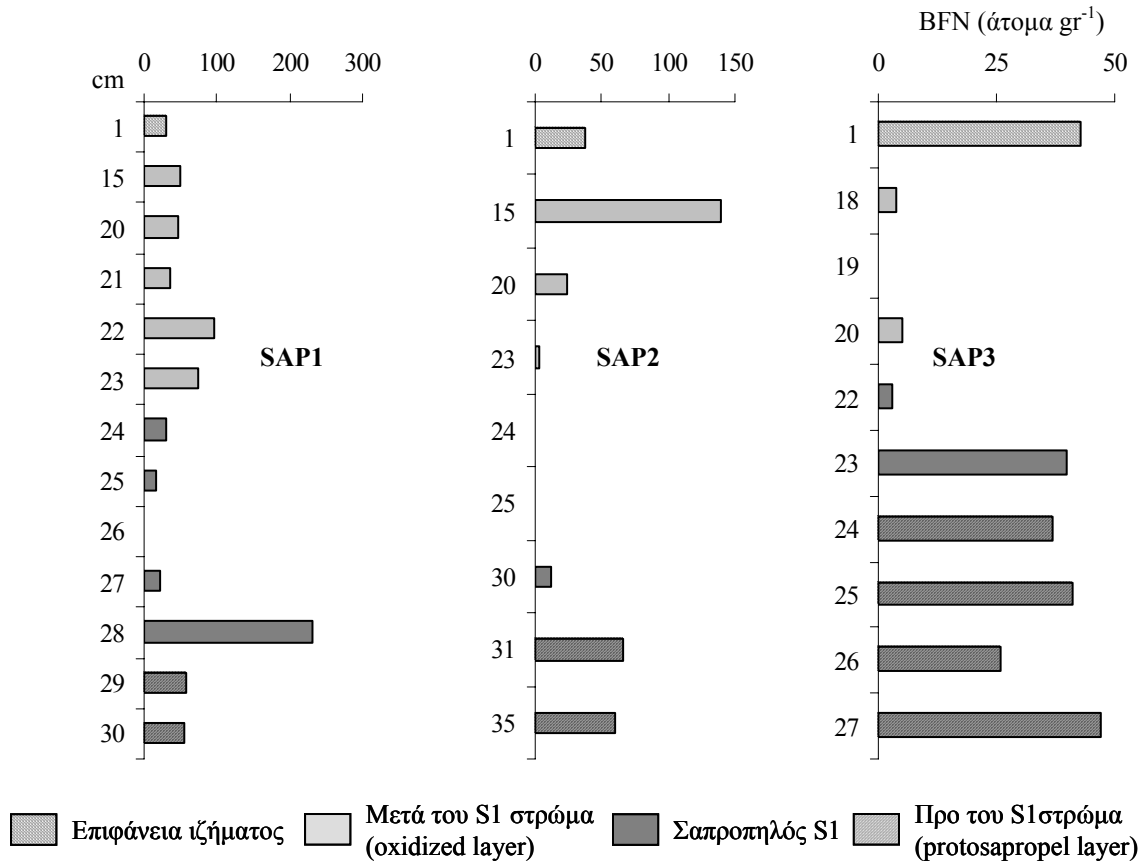


Σχήμα 3.8.2: Περιεκτικότητα του ιζήματος σε οργανικό άνθρακα (σε διάφορα στρώματα πάχους 1cm) εντός του σαπροπηλού S1, προ και μετά του S1 και στην επιφάνεια του ιζήματος.

3.8.3 Κατανομή των βενθικών τρηματοφόρων

Η αφθονία των βενθικών τρηματοφόρων μεταβάλλεται μεταξύ των στρωμάτων που μελετήθηκαν στους τρεις πυρήνες SAP1, 2 & 3, από 0 έως 230 άτομα/gr ιζήματος, παρουσιάζοντας την τάση να μειώνεται κατά την έναρξη της ανοξικής περιόδου και το σχηματισμό του σαπροπηλού S1, και να αυξάνει μετά το τέλος του ανοξικού γεγονότος.

Στον πυρήνα SAP1 (σχ. 3.8.3α), ο αριθμός των βενθικών τρηματοφόρων (BFN=Benthic Foraminiferal Number), είναι 56-57 άτομα/gr στο προ του S1 στρώμα, αυξάνοντας σε 230 άτομα/gr ακριβώς πριν την έναρξη της ανοξίας.



Σχήμα 3.8.3: Μεταβολή του αριθμού των βενθικών τρηματοφόρων (Benthic Foraminiferal Number-BFN, άτομα gr⁻¹) στα διάφορα στρώματα του ιζήματος πάχους 1cm εντός του σαπροπηλού S1, προ και μετά του S1 και στην επιφάνεια του ιζήματος.

Κατά στην ανοξική περίοδο και μέσα στο σαπροπηλικό στρώμα S1 μειώνεται μέχρι και 3 άτομα/gr στο στρώμα των 25-26cm, ενώ ακριβώς μετά την ανοξική περίοδο αυξάνει και πάλι, φτάνοντας μέχρι τα 95 άτομα/gr σε βάθος 21-22cm στο μετά του S1 (post sapropel) στρώμα.

Στον πυρήνα SAP2 (σχ. 3.8.3β), ο αριθμός των βενθικών τρηματοφόρων που βρέθηκαν στο ίζημα στο προ του S1 στρώμα (proto sapropel) και επομένως πριν την έναρξη της ανοξικής περιόδου είναι 60-66 άτομα/gr σε βάθος 34-35 και 30-30cm αντίστοιχα, αριθμός που μειώνεται αισθητά και φτάνει μέχρι και την πλήρη απουσία βενθικών τρηματοφόρων κατά την περίοδο της ανοξίας και το

σχηματισμό του σαπροπηλού S1, σε βάθος 23-24cm του ιζήματος. Κατόπιν και μετά το τέλος του ανοξικού γεγονότος, ο αριθμός των βενθικών τρηματοφόρων αυξάνει και πάλι και φτάνει τα 139 άτομα/gr σε βάθος 14-15cm.

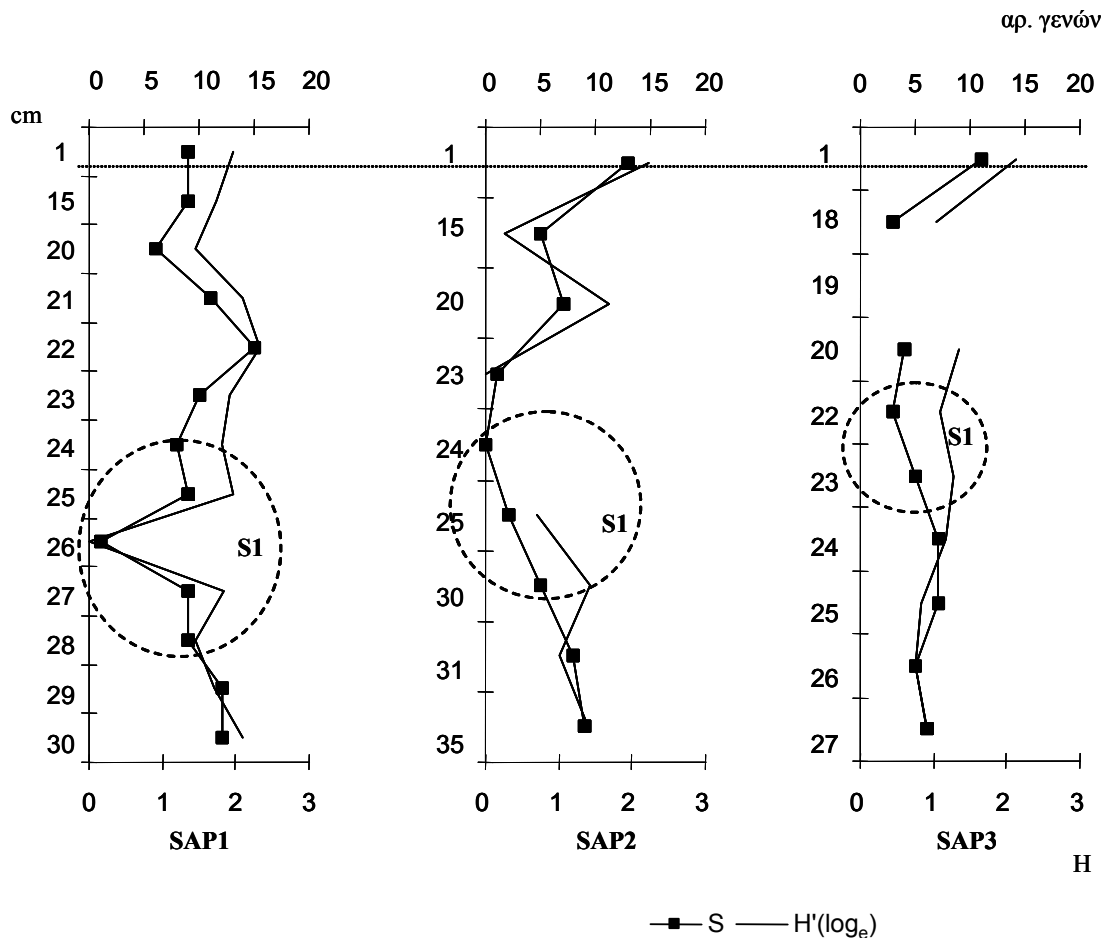
Στον πυρήνα SAP3 (σχ. 3.8.3γ), ο αριθμός των βενθικών τρηματοφόρων που βρέθηκαν στο ίζημα στο προ του S1 στρώμα (proto sapropel) είναι 26-47 άτομα/gr, φτάνοντας τα 39 άτομα/gr ακριβώς στην έναρξη της ανοξικής περιόδου, ενώ στη συνέχεια μειώνεται σε 3 άτομα/gr σε βάθος 21-22cm μέσα στο σαπροπηλικό στρώμα. Σε αντίθεση όμως με τους άλλους πυρήνες, δεν ακολουθεί αύξηση του αριθμού, αντίθετα, σε βάθος 18-19cm δεν βρέθηκαν καθόλου βενθικά άτομα. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι στον πυρήνα SAP3, δεν έχει αναλυθεί το ίζημα στους ανώτερους ορίζοντες πάνω δηλαδή από τα 17cm.

Στην επιφάνεια του ιζήματος (στρώμα 0-1cm), ο αριθμός των βενθικών τρηματοφόρων που καταμετρήθηκαν είναι 31, 38 και 43 άτομα/gr στους πυρήνες SAP1, SAP2 και SAP3 αντίστοιχα.

3.8.4 Μεταβολές στη βιοκοινωνία των βενθικών τρηματοφόρων

Ο αριθμός των γενών των βενθικών τρηματοφόρων καθώς και η ποικιλότητα των γενών (όπως μετρήθηκε με τον δείκτη Shannon, βάση e), παρουσιάζουν εμφανείς μεταβολές μεταξύ των στρωμάτων ιζήματος, εντός, πριν και μετά του σαπροπηλού S1 (σχ. 3.8.4). Στον πυρήνα SAP1, ο αριθμός των γενών των βενθικών τρηματοφόρων που καταμετρήθηκαν στο ίζημα πριν την απόθεση του σαπροπηλού (proto-sapropel) είναι 12 γένη, μειώνεται όμως σταδιακά με την έναρξη των ανοξικών συνθηκών μέχρι και σε 1 μόλις γένος στο στρώμα των 25-26cm. Στη συνέχεια και μετά το τέλος της ανοξικής περιόδου αυξάνεται και πάλι μέχρι και τα 15 γένη στο στρώμα των 21-22cm (post-sapropel) ενώ στο σύγχρονο επιφανειακό ίζημα καταμετρήθηκαν 9 γένη βενθικών τρηματοφόρων. Στον πυρήνα SAP2, ο αριθμός των γενών πριν την έναρξη των ανοξικών συνθηκών είναι 8-9, μειούμενος μέχρι και σε 2 γένη στο στρώμα των 24-25cm εντός του σαπροπηλού (στο στρώμα των 23-24cm δεν βρέθηκαν καθόλου βενθικά τρηματοφόρα). Ακριβώς μετά το τέλος της ανοξικής περιόδου στο στρώμα των 22-23cm βρέθηκε μόλις 1 γένος, ενώ στο αμέσως απόμεινο στρώμα ο αριθμός των γενών φτάνει τα 7. Στο επιφανειακό στρώμα του

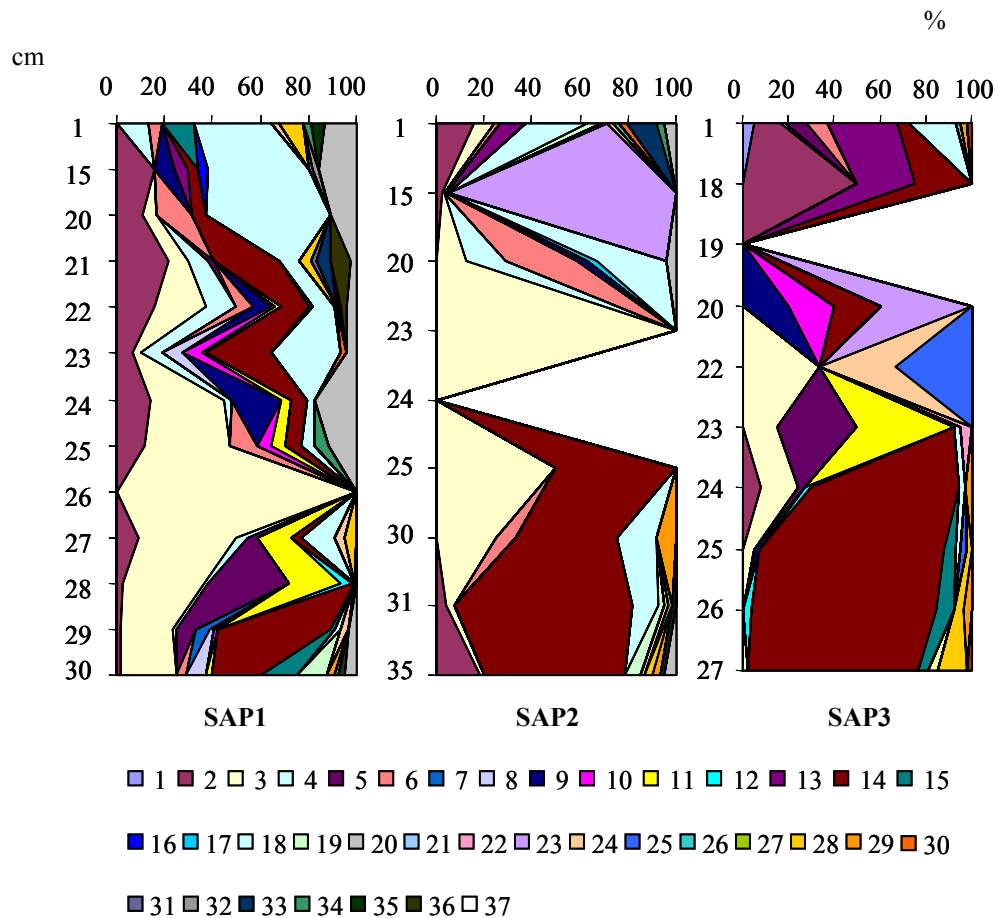
πυρήνα SAP2, βρέθηκαν 13 γένη. Στον πυρήνα SAP3, βρέθηκαν 5-7 γένη, που μειώνονται σε 3 εντός του σαπροπηλού, χωρίς όμως να παρουσιάζουν κάποια μεταβολή αμέσως μετά το τέλος της ανοξικής περιόδου. Αντίθετα, στο επιφανειακό σύγχρονο στρώμα, βρέθηκαν 11 γένη βενθικών τρηματοφόρων.



Σχήμα 3.8.4: Μεταβολή του αριθμού των γενών των βενθικών τρηματοφόρων και του δείκτη (Shannon, βάση e που υπολογίστηκε βασισμένος στη σύνθεση των γενών) στα διάφορα στρώματα του ιζήματος πάχους 1cm εντός του σαπροπηλού S1, προ και μετά του S1 και στην επιφάνεια του ιζήματος.

Μεταξύ των στρωμάτων της σαπροπηλικής ακολουθίας παρατηρούνται μεταβολές και ως προς σύνθεση της βιοκοινωνίας των βενθικών τρηματοφόρων (σχ. 3.8.5). Στο ιζήμα που αποτέθηκε πριν την έναρξη της ανοξικής περιόδου (proto sapropel), το γένος *Gyroidina* είναι κυρίαρχο στους σταθμούς SAP1, 2 &

3 (47-81%), με την εμφάνιση όμως και του γένους *Bolivina* στο στρώμα των 29-30cm στον SAP1 με συμμετοχή 23%. Εντός του σαπροπηλού S1, στις περιπτώσεις εκείνες όπου βρέθηκαν βενθικά τρηματοφόρα, η βιοκοινωνία αποτελείται από τα γένη *Bolivina* (15-100%), αλλά και *Fursenkoina* (σε ποσοστό μέχρι και 43%), *Cancris*, *Parafissurina* & *Prodentalina*, *Cassidulina*. Σε κάποια στρώματα εμφανίζονται και γένη που κατά κανόνα είναι πιο άφθονα

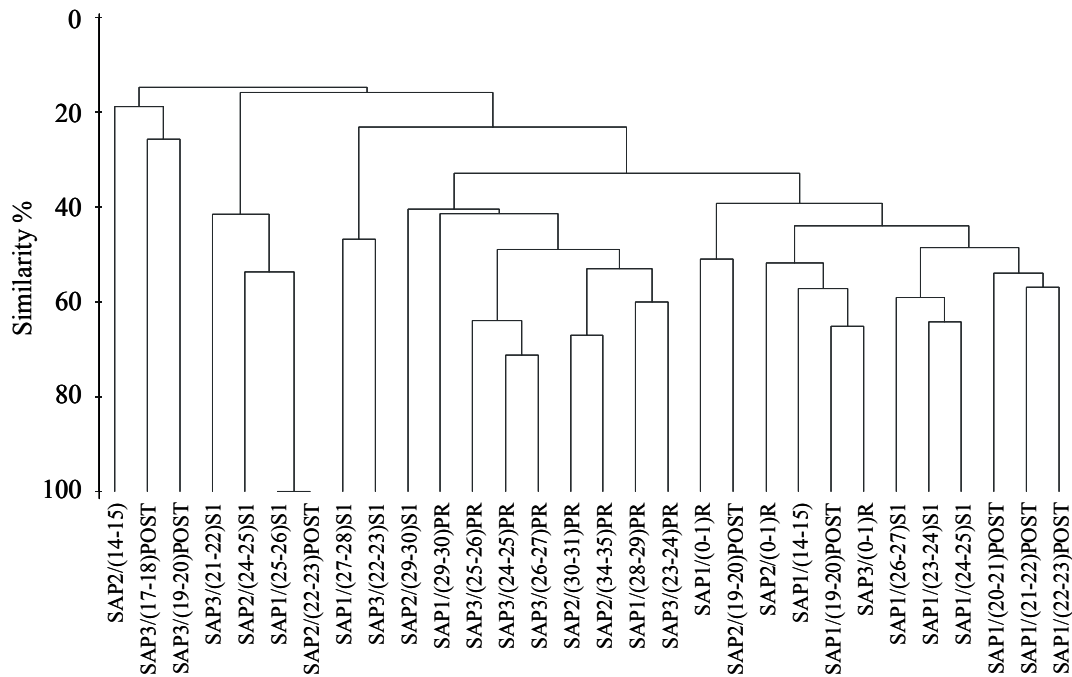


Σχήμα 3.8.5: Μεταβολή στην ποσοστιαία συμμετοχή των διαφόρων γενών βενθικών τρηματοφόρων στα διάφορα στρώματα του ιζήματος, πριν, εντός και μετά του σαπροπηλού S1 στους τρεις πυρήνες SAP1,2&3.

1: *Ammolagena*, 2: *Articulina*, 3: *Bolivina*, 4: *Bulimina*, 5: *Cancris*, 6: *Cassidulina*, 7: *Chilostomella*, 8: *Cibicides*, 9: *Eponides*, 10: *Fissurina*, 11: *Fursenkoina*, 12: *Globulimina*, 13: *Glomospira*, 14: *Gyroldina*, 15: *Hoeglundina*, 16: *Hyperammmina*, 17: *Lenticulina*, 18: *Melonis*, 19: *Miliolina*, 20: *Neoeponides*, 21: *Neolingulina*, 22: *Nonionella*, 23: *Oridorsalis*, 24: *Parafissurina*, 25: *Prodentalina*, 26: *Pseudotextularia*, 27: *Pullenia*, 28: *Pyrgo*, 29: *Quinqueloquina*, 30: *Reophax*, 31: *Rimulinoidea*, 32: *Robertina*, 33: *Spirillina*, 34: *Spiroloculina*, 35: *Stainforthia*, 36: *Uvigerina*, 37: άλλα

εκτός του σαπροπηλού, όπως τα *Articulina*, *Eponides*, *Melonis*. Θα πρέπει να σημειωθεί όμως ο πολύ μικρός αριθμός ατόμων μέσα στα στρώματα του σαπροπηλού.

Μετά το τέλος απόθεσης του σχηματισμού του σαπροπηλού S1, (post sapropel), η σύνθεση της βιοκοινωνίας αλλάζει και πάλι, με άλλα γένη να είναι πιο άφθονα όπως τα *Melonis*, *Articulina*, *Oridorsalis*, *Gyroidina*, *Eponides*. Ειδικά όμως στον πυρήνα SAP2, ακριβώς μετά το τέλος του σαπροπηλού στο στρώμα βάθους 22-23cm, δεν είναι εμφανής ακόμα η μετάβαση προς διαφορετική βιοκοινωνία, και το γένος *Bolivina* είναι το μοναδικό που εμφανίζεται στο στρώμα αυτό. Το γένος *Melonis* (*M. Barleeanum*) είναι το πιο άφθονο είδος στο σύγχρονο (επιφανειακό ιζήμα) των πυρήνων SAP1 & SAP2, μαζί με το *Glomospira* (*G. Charoides*) στον SAP3.



Σχήμα 3.8.6: Δενδρόγραμμα πανιδικής ομοιότητας Bray-Curtis των στρωμάτων ιζήματος πριν, εντός και μετά του σαπροπηλού S1 στους τρεις πυρήνες SAP1,2&3.

Στο σχήμα 3.8.6 διακρίνεται το δενδρόγραμμα πανιδικής ομοιότητας των τρηματοφόρων μεταξύ όλων των στρωμάτων ιζήματος που αναλύθηκαν. Μπορούν να διακριθούν ορισμένες ομάδες σε επίπεδο σημαντικότητας >48%, και συγκεκριμένα τα στρώματα πριν την έναρξη της ανοξικής περιόδου (proto-sapropel), με εξαίρεση το στρώμα των 29-30cm του πυρήνα SAP1, το οποίο

ελαφρώς διαφοροποιείται από την ομάδα εμφανίζοντας ομοιότητα με τα υπόλοιπα σε ποσοστό 41,35%. Ομοιότητα σε επίπεδο 53,87% παρουσιάζουν επίσης τα τρία στρώματα 20-23cm ακριβώς μετά το σαπροπηλό στον πυρήνα SAP1, καθώς και τα στρώματα του σαπροπηλού του ίδιου πυρήνα (σε επίπεδο 59,12%). Εξαίρεση αποτελεί το στρώμα των 25-26cm το οποίο περιέχει μόνο ένα γένος, και ομαδοποιείται (53,59%) μαζί με το σαπροπηλικό στρώμα των 24-25cm του πυρήνα SAP2 καθώς και το αμέσως μετά το σαπροπηλό στρώμα των 22-23cm του ίδιου πυρήνα, στα οποία εμφανίζονται μόνο 2 και 1 γένος αντίστοιχα. Από την ανάλυση εξαιρέθηκαν δύο στρώματα στα οποία δεν καταμετρήθηκαν καθόλου βενθικά τρηματοφόρα, το σαπροπηλικό στρώμα των 23-24cm του πυρήνα SAP2 και το στρώμα των 18-19cm μετά το σαπροπηλό του πυρήνα SAP3.

Κεφάλαιο 4. Συζήτηση

4.1 Η συμμετοχή των τρηματοφόρων στη μειοβενθική βιοκοινωνία

Μέχρι πρόσφατα, τα τρηματοφόρα ήταν γνωστά περισσότερο από τις απολιθωμένες τους μορφές παρά από την ποικιλότητα και την αφθονία των ζωντανών ατόμων στα θαλάσσια ιζήματα. Αν ανατρέξει κανείς σε παλαιότερη βιβλιογραφία, θα βρει μεν πλήθος εργασιών παλαιοοικολογικής ή στρωματογραφικής αξίας, ελάχιστες όμως παρουσιάζουν μειοβενθικό ή γενικά βιολογικό ενδιαφέρον. Οι διάφορες μειοπανδικές εργασίες αξιοποιούσαν κατά κανόνα αποτελέσματα από αναλύσεις ομάδων μεταζώων, εστιάζοντας όχι μόνο στις αφθονότερες ομάδες όπως οι νηματώδεις ή τα αρπακτικοειδή κωπήποδα, αλλά αναλύοντας τη σύνθεση της βιοκοινωνίας ακόμα και πολλών δευτερευουσών από άποψη αφθονίας ομάδων. Το γεγονός αυτό, της παράλειψης δηλαδή μιας άφθονης ομάδας όπως αυτής των τρηματοφόρων, αν μη τι άλλο προκαλεί εύλογα προβληματισμούς ως προς το βαθμό της ολοκληρωμένης προσέγγισης του μειοβένθους.

Τα τελευταία χρόνια, αναλύσεις του συνόλου του μειοβένθους έδειξαν ότι τα τρηματοφόρα αποτελούν σημαντικό κομμάτι της βιοκοινωνίας σε παράκτια περιβάλλοντα αλλά και στη βαθιά θάλασσα (Gooday *et al.* 1992, Widbom 1988, Moodley *et al.* 1998b). Για το λόγο αυτό, τα τρηματοφόρα κατέχουν ένα κυρίαρχο ρόλο στον κύκλο του άνθρακα στο θαλάσσιο βενθικό περιβάλλον (Altenbach 1992, Gooday *et al.* 1992). Οι Coull *et al.* (1977) μελετώντας το μειοβένθος σε διαφορετικά βάθη (από τα 400m ως τα 4000m) στον Ατλαντικό βρήκαν ότι τα τρηματοφόρα συμμετέχουν κατά 31-73% στο σύνολο του μειοβένθους, και είναι πιο σημαντικά από άποψη αφθονίας στην αβυσσική ζώνη. Οι Yingst (1978), Rudnick *et al.* (1985), Josefson & Widbom (1988) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα τρηματοφόρα είναι κύρια ομάδα για το σύνολο του μειοβένθους τόσο από άποψη αφθονίας όσο και βιομάζας. Σε διάφορες εργασίες έχουν αναφερθεί και πολύ υψηλές αφθονίες, που καθιστούν την ομάδα αυτή αφθονότερη ακόμη και σε σύγκριση με τους νηματώδεις (Gooday *et al.* 2000).

Στους σταθμούς που αναλύθηκαν στα πλαίσια της διατριβής στη βαθύαλη ζώνη, τα τρηματοφόρα ήταν η δεύτερη πιο σημαντική από άποψη αφθονίας ομάδα, συμμετέχοντας κατά 8-22% στο σύνολο του μειοβένθους. Στους

σταθμούς στην αβυσσική ζώνη, η συμμετοχή των τρηματοφόρων φτάνει μέχρι και το 54% (Πίν. 4.1). Η μεγαλύτερη συμμετοχή των τρηματοφόρων στο ολικό μειοβένθος στην αβυσσική ζώνη, ακολουθεί τα αποτελέσματα προγενέστερων εργασιών, που παρουσιάζουν τα τρηματοφόρα να είναι περισσότερο σημαντικά ως ομάδα τόσο ως προς την αφθονία αλλά και ως προς τη βιομάζα με την αύξηση του βάθους, και ιδιαίτερα σε βάθη μεγαλύτερα από 2km, δηλαδή στην αβυσσική και στην αδική ζώνη (Snider *et al.* 1984 στοιχεία από Giere 1993, Shirayama & Horikoshi 1989, Giere 1993).

Πίν. 4.1: Συγκριτικός πίνακας % συμμετοχής των τρηματοφόρων στο σύνολο του μειοβένθους (ως προς την αφθονία) στους σταθμούς που αναλύθηκαν στη βαθύαλη και στην αβυσσική ζώνη. Οι τιμές σε πλαίσιο αντιστοιχούν στην ελάχιστη (άσπρο χρώμα) και μέγιστη (γκρίζο) συμμετοχή.

| | % (αβυσσική ζώνη) | | | % (βαθύαλη ζώνη) | |
|-----------------------------|-------------------|----|---|------------------|----|
| Αιγαίο Πέλαγος (1221-1840m) | S1 | 20 | Κεντρ. Μεσόγειος (2714-2837m) | A | 28 |
| | S2 | 14 | | B | 43 |
| | S3 | 20 | | C | 43 |
| | Cr1 | 18 | | 2A | 30 |
| | Cr2 | 22 | | 2B | 17 |
| | | | | | 2C |
| Ιόνιο Πέλαγος (582-1735m) | I1 | 17 | Διατομή σταθμών T1-T6 (2950-4000m) | T6 | 38 |
| | I2 | 9 | | T5 | 44 |
| | I3 | 10 | | T4 | 28 |
| | I4 | 11 | | T3 | 30 |
| | I5 | 8 | | T1 | 54 |
| | I6 | 19 | | | |
| | | | Λεκάνη Πελοποννήσου (4617m) | Pel | 50 |
| | | | Λεκάνη Ιεράπετρας (4157-4261m) | Ier1 | 8 |
| | | | | Ier2 | 20 |
| | | | | Ier3 | 16 |
| | | | Φυσιολογική περιοχή εκτός ανοξικών λεκανών (3080-3426m) | D | 50 |
| | | | | Atal1 | 34 |
| | | | | Atal2 | 44 |
| | | | | Ur | 41 |
| | | | | Bann | 25 |

Από τη διαθέσιμη βιβλιογραφία διαπιστώνει κανείς πως εκτός από την παράλειψη των τρηματοφόρων από διάφορες μειοβενθικές μελέτες, και για την

ίδια την ομάδα υπάρχουν κενά που μέχρι και πρόσφατα δεν είχαν καλυφθεί ερευνητικά και αφορούν στη συστηματική περιγραφή και μελέτη της βιογεωγραφίας των τρηματοφόρων με μαλακό, πρωτεϊνούχο, μονοθάλαμο κατά κανόνα κέλυφος, (οικογένεια Allogromiidae). Εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί την τελευταία δεκαπενταετία στη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη του Β. Ατλαντικού και Ινδικού Ωκεανού έδειξαν ότι η οικογένεια αυτή αποτελεί σημαντικό κομμάτι της βιοκοινωνίας, σε ποσοστό μέχρι και 100%. Στη βαθιά θάλασσα δηλαδή, τα άτομα ζωντανών τρηματοφόρων που καταμετρώνται, μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να ανήκουν αποκλειστικά και μόνο στην οικογένεια Allogromiidae (Gooday 1986a&b, 1996, Gooday *et al.* 1998, 2002a). Έτσι, αν αναλογιστεί κανείς από τη μια την παράλειψη κατά το παρελθόν των τρηματοφόρων από πολλές μειοβενθικές μελέτες, και από την άλλη την μη ολοκληρωμένη περιγραφή των τρηματοφόρων μαλακού κελύφους της παραπάνω οικογένειας, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι υπάρχει ακόμα σημαντικό πεδίο μελέτης για τα τρηματοφόρα στα πλαίσια των μελετών του μειοβένθους. Κάτι τέτοιο αφορά τόσο στην εμπεριστατωμένη περιγραφή των ειδών τρηματοφόρων όσο και στη βιογεωγραφία και την οικολογία αυτών των οργανισμών.

4.2 Η μελέτη του μειοβένθους και η σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη στην Ανατολική Μεσόγειο

Στη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη στην Ανατολική Μεσόγειο, η διαθέσιμη πληροφορία για την κατανομή του μειοβένθους είναι σχετικά περιορισμένη. Ειδικότερα για τα σύγχρονα τρηματοφόρα είναι ελάχιστη, δεδομένου ότι οι μέχρι σήμερα δημοσιευμένες εργασίες έχουν κατά κανόνα παλαιοντολογικό και όχι σύγχρονο οικολογικό ενδιαφέρον μια και περιορίζονται στη μελέτη της κατανομής των ειδών όλων των ατόμων, ακόμα και των νεκρών, τα οποία διατηρούν τα κελύφη τους απολιθωμένα μέσα στα ιζήματα.

Ποσοτική πληροφορία για τα επίπεδα της αφθονίας των βενθικών σύγχρονων τρηματοφόρων στη βαθύαλη ζώνη στην Ανατολική Μεσόγειο έχει προκύψει στα πλαίσια του προγράμματος MATER (Mass Transfer and Ecosystem Response), στοιχεία τα οποία δεν έχουν δημοσιευθεί (Moodley,

προσωπική επικοινωνία, Lampadariou *et al.* 1999). Άλλες εργασίες στην Ανατολική Μεσόγειο αναφέρονται σε παράκτια περιβάλλοντα (Moodley *et al.* 1998b), ή σε διαφορετικού ενδιαφέροντος σε σχέση με τα τρηματοφόρα μελέτες. Αρκετές μελέτες αναφέρονται σε πειράματα μεσοκόσμων αναφορικά με την επιβίωση, ανάπτυξη και την αναπαραγωγή αυτών υπό ελεγχόμενα μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές παραμέτρους (Moodley *et al.* 1997, 1998a&c). Τα αποτελέσματα λοιπόν που προκύπτουν στα πλαίσια αυτής της διατριβής συμβάλλουν ενεργά στην μελέτη της γεωγραφικής κατανομής των σύγχρονων τρηματοφόρων, δεδομένου ότι καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος σταθμών δειγματοληψίας τόσο στη βαθύαλη όσο και στην αβυσσική ζώνη.

Γενικότερα, ως προς την κατανομή των μειοβενθικών μεταζώων στη βαθύαλη ζώνη, υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία στην Ανατολική Μεσόγειο από παλαιότερες εργασίες όπως αυτές των Dinet (1976), των Roidou & Eleftheriou (1989), των Danovaro *et al.* (1995), των Danovaro *et al.* (2000), και από τον Lampadariou (2001). Στις παραπάνω εργασίες, αν και αυτές αναφέρονται και σε σταθμούς βάθους μικρότερου των 200m, εντούτοις έχουν συμπεριληφθεί και αρκετοί σταθμοί στη βαθύαλη ζώνη. Έτσι ο Dinet (1976) αναφέρεται σε σταθμούς από έως 1209m στο Βόρειο Αιγαίο, οι δε Roidou & Eleftheriou (1989) δίδουν στοιχεία για βάθη έως και 1000m στο Βόρειο και Νότιο Αιγαίο, αναφέρουν δε υψηλότερες αφθονίες στους σταθμούς του Βορείου Αιγαίου. Οι Danovaro *et al.* (2000) μελετώντας σταθμούς μέχρι και 1540m στο Κρητικό Πέλαγος παραθέτουν στοιχεία ως προς τις αφθονίες των μεταζωικών ομάδων και τις εποχιακές τους μεταβολές, βρίσκοντας σημαντικά χαμηλότερες τιμές στη βαθύαλη ζώνη συγκριτικά με τους ρηχότερους σταθμούς. Η εργασία των Danovaro *et al.* (1995) αναφέρεται εξ' ολοκλήρου σε βάθη >200m, περιλαμβάνοντας σταθμούς από 533 έως 2401m. Μελετώντας σταθμούς στη βαθύαλη ζώνη του Βορείου Αιγαίου και του Κρητικού Πελάγους, ο Lampadariou (2001) αναφέρει πολύ μικρότερες αφθονίες στο Κρητικό Πέλαγος σε σύγκριση με τους σταθμούς του Βορείου Αιγαίου, γεγονός που συνδέεται άμεσα με την επίδραση των νερών της Μαύρης Θάλασσας και των ποταμών που εκβάλλουν στο Βόρειο Αιγαίο. Η παρούσα εργασία προσφέρει σε σημαντικό βαθμό πληροφορία και ως προς την κατανομή των μεταζώων δεδομένου ότι συμπληρώνει τα ήδη διαθέσιμα αποτελέσματα στη βαθύαλη ζώνη με επιπλέον τα δεδομένα που προέρχονται από τη Λεκάνη των Σποράδων και το Ιόνιο Πέλαγος.

Σε ό,τι αφορά την αβυσσική ζώνη η σχετική πληροφορία είναι σχετικά περιορισμένη. Οι Danovaro *et al.* (2000) έχουν συμπεριλάβει ένα σταθμό σε βάθος 2400m, ενώ υπάρχει μία ακόμη αναφορά των Tselepides *et al.* (2000b) καθώς και η υπό δημοσίευση εργασία των Tselepides & Lampadariou (δεκτό στο Deep Sea Research).

Πίν. 4.2: Συγκριτικός πίνακας τιμών μειοβενθικής αφθονίας τρηματοφόρων από διάφορες εργασίες στη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη στην Ανατολική Μεσόγειο, σε διάφορα βάθη και με διαφορετικά μεγέθη οπής κοσκίνου

| Βάθος (m) | Μέγεθος κοσκίνου (μm) | Στρώμα ιζήματος (cm) | Αφθονία μεταζώων (άτομα 10cm ⁻¹) | Αφθονία τρηματοφόρων (άτομα 10cm ⁻¹) | Αναφορές |
|-----------|-----------------------|----------------------|--|--|--|
| 636 | 45 | (0-10) | 290 | | Danovaro <i>et al.</i> (1995) |
| 892 | 45 | (0-10) | 286 | | |
| 1215 | 45 | (0-10) | 120 | | |
| 1531 | 45 | (0-10) | 104 | | |
| 1658 | 45 | (0-10) | 4 | | |
| 1840 | 45 | (0-10) | 66 | | |
| 2401 | 45 | (0-10) | 22 | | |
| 1772 | 32 | (0-6) | 158-188 | | Lampadariou (2001) |
| 1271 | 32 | (0-6) | 1212-1251 | | |
| 1772 | 38 | (0-2) | | 36 | Moodley (προσωπ.επικ.) |
| 1271 | 38 | (0-2) | | 258 | |
| 2883 | 32 | (0-4) | 4 | | Tselepides & Lampadariou (<i>in press</i>) |
| 4260 | 32 | (0-4) | 156 | | |
| 1540 | 37 | (0-10) | 59-95 | | Danovaro <i>et al.</i> (2000) |

Επιπλέον, ένα πρόσθετο πλεονέκτημα που χαρακτηρίζει τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη διατριβή είναι η χρήση κοσκίνου μικρού μεγέθους οπής (32μm), κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό, για την συγκράτηση ακόμα και των πολύ μικρών ατόμων (μεταζώων και τρηματοφόρων). Πολλές από τις παλαιότερες μειοβενθικές εργασίες τόσο στη Μεσόγειο όσο και σε άλλες περιοχές του κόσμου έχουν γίνει με τη χρήση μεγαλύτερων κοσκίνων (βλ. και πίν. 4.2), αναλυτικότερες όμως μελέτες υποδεικνύουν για τη βαθιά θάλασσα τη χρήση μικρότερου κατώτερου ορίου, με σκοπό την ακριβέστερη ποσοτική εκτίμηση (Giere 1993). Ως προς την ανάλυση των θανατοκοινωνιών που έγινε

(Κεφ. 3.8), και εδώ χρησιμοποιείται μικρότερης οπής κόσκινο (38 μ m) σε σχέση με τα μεγέθη που αναφέρονται στις μέχρι τώρα δημοσιευμένες εργασίες.

Τα επίπεδα των μειοβενθικών αφθονιών που βρέθηκαν κατά τη διατριβή αυτή στη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη, είναι παραπλήσια με αυτά που αναφέρονται στις παραπάνω αναφερόμενες εργασίες στην Ανατολική Μεσόγειο, τουλάχιστο για τα βάθη εκείνα για τα οποία υπάρχουν σχετικά διαθέσιμα στοιχεία. Θα πρέπει όμως για τέτοιου είδους συγκρίσεις να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κάποια στοιχεία όπως ο τρόπος δειγματοληψίας και το μέγεθος οπής του χρησιμοποιούμενου κοσκίνου, το στρώμα του ιζήματος στο οποίο καταμετρήθηκε η αφθονία καθώς και η περίοδος δειγματοληψίας διότι οι σταθμοί μικρότερου βάθους συχνά εμφανίζουν εποχικότητα. Επίσης, για τις τιμές της ολικής μειοβενθικής αφθονίας, θα πρέπει να εξετάζεται αν έχει συμπεριληφθεί ανάλυση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων, δεδομένου του ότι η σημαντική τους συμμετοχή στο ολικό μειοβένθος αλλάζει ριζικά και τα επίπεδα της συνολικής αφθονίας.

Στους σταθμούς που αναλύθηκαν, παρατηρήθηκε γενικά μία σημαντική μείωση στην αφθονία των τρηματοφόρων αλλά και όλων των μεταζωικών ομάδων κατά τη μετάβαση στην αβυσσική ζώνη, με αφθονίες που έφθασαν να είναι ιδιαίτερα μικρές, μέχρι και λιγότερα από 10 άτομα (για το σύνολο του μειοβένθους) ανά 10 τετραγωνικά εκατοστά του ιζήματος. Ως προς τις επιμέρους ομάδες, οι αφθονίες ήταν τόσο μικρές που τα τρηματοφόρα για παράδειγμα για που αποτέλεσαν τη δεύτερη πιο σημαντική μειοβενθική ομάδα, εντούτοις σε ορισμένα δείγματα καταμετρήθηκε μόλις 1 άτομο στα 10 τετραγωνικά εκατοστά του ιζήματος.

Η εκθετική μείωση της αφθονίας των μειοβενθικών ομάδων σε σχέση με την αύξηση του βάθους έχει βρεθεί να ισχύει κατά κανόνα στο θαλάσσιο περιβάλλον, και έχει περιγραφεί σε αρκετές εργασίες όπως του Thiel (1983), του Tietjen (1992), καθώς και των Danovaro *et al.* (1995), Danovaro *et al.* (2000), Lampadariou (2001), Tselepides & Lampadariou (δεκτό στο Deep Sea Research).

Μοναδική εξαίρεση σε ό,τι αφορά τις πολύ μικρές τιμές αφθονίας στο σύνολο των σταθμών που αναλύθηκαν στην αβυσσική ζώνη αποτέλεσε ο σταθμός στη Λεκάνη της Πελοποννήσου. Αν και ο βαθύτερος σταθμός της διατριβής (4617m), εντούτοις η αφθονία των τρηματοφόρων αλλά και του

ολικού μειοβένθους είναι συγκρίσιμη με τους σταθμούς της βαθύαλης ζώνης. Το γεγονός όμως αυτό εξηγείται όπως φαίνεται σε παρακάτω παράγραφο σε σχέση με τις επικρατούσες αβιοτικές συνθήκες στη λεκάνη αυτή. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται παρόμοιες περιπτώσεις (Tselepidis & Lampadariou, δεκτό στο Deep Sea Research), όπως η Λεκάνη της Ιεράπετρας (4200m) όπου κατά τον Ιούνιο 1993 καταμετρήθηκαν σημαντικά υψηλές αφθονίες μειοβενθικών μεταζώων, ή όπως η περίπτωση της τάφρου Atacama στο Νότιο Ειρηνικό Ωκεανό (7800m) όπου οι Danovaro *et al.* (2002) βρήκαν μειοβενθικές αφθονίες 1-2 τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες απ' ό,τι σε άλλες θέσεις αντίστοιχου βάθους.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν στα πλαίσια αυτής της διατριβής είναι όπως επιβεβαιώνεται και από τη σχετική βιβλιογραφία από τα πρώτα που αναφέρονται στα σύγχρονα ζωντανά τρηματοφόρα της βαθύαλης και αβυσσικής ζώνης στην Ανατολική Μεσόγειο. Αυτό καθιστά ιδιαίτερα δύσκολη την συγκριτική προσέγγιση και ερμηνεία της δομής της βιοκοινωνίας τους μια και δεν υπάρχει επαρκής διαθέσιμη πληροφορία από άλλες πηγές, και ουσιαστικά οι κατανομές πολλών ειδών που εμφανίζονται εδώ αναφέρονται για πρώτη φορά. Εξάλλου, δεν υπάρχουν άλλα διαθέσιμα αποτελέσματα στη Μεσόγειο για την οικογένεια Allogromiidae, για την οποία η αναφορά στα πλαίσια αυτής της διατριβής είναι από τις πρώτες που αναφέρονται για τη Μεσόγειο. Αντίθετα, σε άλλες περιοχές του κόσμου, η ανάλυση της βιοκοινωνίας των σύγχρονων τρηματοφόρων έχει προχωρήσει σε μεγαλύτερο βαθμό, για δε την οικογένεια Allogromiidae, υπάρχει σημαντικός αριθμός σχετικών εργασιών για τη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη.

Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στο σύνολο των σταθμών που αναλύθηκαν, είναι η κυριαρχία των ατόμων μαλακού, πρωτεϊνούχου κελύφους, που ανήκουν ταξινομικά στην οικογένεια Allogromiidae. Η οικογένεια αυτή συμμετείχε κατά ποσοστό μεγαλύτερο του 50%, έως και 80% επί του συνόλου στη βαθύαλη ζώνη, ενώ στην αβυσσική, η συμμετοχή τους φτάνει μέχρι και το 94%. Ένας σημαντικός αριθμός εργασιών έχει δείξει ότι η οικογένεια αυτή αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στη βαθιά θάλασσα στο Ατλαντικό Ωκεανό (Brady 1884 και Thalmann & Bermudez 1954, στοιχεία από Gooday 2002a, Gooday 1988b, Gooday 1990, Gooday 1996), στον Ειρηνικό Ωκεανό (Resig 1982) και στην Αραβική Θάλασσα (Gooday 2000). Αν

και στις μέχρι σήμερα δημοσιευμένες εργασίες περιλαμβάνονται πλήρεις περιγραφές διαφορετικών ειδών της οικογένειας αυτής, δεν είναι διαθέσιμα ονόματα ειδών παρά μόνο για ελάχιστες περιπτώσεις, όπως για το είδος *Nodellum membranacea*, το οποίο είναι και το μοναδικό από τα είδη αυτής της οικογένειας που αναφέρεται με συγκεκριμένο όνομα στα αποτελέσματα της διατριβής. Το γεγονός αυτό καθιστά ακόμα δυσκολότερη τη μελέτη της ποικιλότητας των ειδών και των κατανομών των ειδών στη Μεσόγειο, τουλάχιστο σε ό,τι αφορά την οικογένεια αυτή, και σε μικρότερο βαθμό στην οικογένεια Saccaminidae, για την οποία επίσης οι συστηματικές περιγραφές είναι περιορισμένες στη βιβλιογραφία. Άλλα είδη (σκληρού κελύφους) που συμμετέχουν στη βιοκοινωνία όπως τα *Melonis barleeanum*, *Uvigerina mediterranea*, *Saccorhiza sp.*, *Haplophragmoides bradyi*, *Adercotryma glomeratum*, *Ammolagena clavata*, *Leavidentalina inflexa*, *Spirillina limbata*, *Articulina tubulosa* έχουν ήδη περιγραφεί αρκετά ως προς την γεωγραφική τους εξάπλωση στα ιζήματα της βαθιάς Μεσογείου, από πλήθος εργασιών που μελετούν την κατανομή των θανατοκοινωνιών (Parker 1958, de Stigter *et al.* 1998, de Rijk *et al.* 1999). Αντίθετα, για τα είδη *Bathysiphon sp.* και *Bathysiphon aff. capillare*, δεν υπάρχουν σχετικές αναφορές από άλλες περιοχές στη Μεσόγειο, παρά μόνο από τον Ατλαντικό ή Ειρηνικό Ωκεανό (Gooday 1983, Gooday 1988b, Gooday *et al.* 1992).

4.3 Ο ρόλος που κατέχουν τα τρηματοφόρα στο βενθικό οικοσύστημα

Τα αποτελέσματα μελετών τα τελευταία χρόνια που δείχνουν ότι τα βενθικά τρηματοφόρα αποτελούν ένα σημαντικό τμήμα της μειοβενθικής βιοκοινωνίας, έφεραν στο φως αρκετούς προβληματισμούς σχετικά με το ρόλο των οργανισμών αυτών στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Οι προβληματισμοί αυτοί σχετίζονται με τη θέση των βενθικών τρηματοφόρων στην τροφική αλυσίδα ως καταναλωτές οργανικής ύλης και θηρευτές αλλά και ως οργανισμοί-θηράματα για άλλους οργανισμούς. Εξάλλου, η σημαντική εξάπλωση των τρηματοφόρων τόσο στα ρηχά περιβάλλοντα όσο και στη βαθιά θάλασσα, υποδεικνύει πως αυτοί οι οργανισμοί κατέχουν μία σημαντική θέση στον κύκλο ροής του άνθρακα στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας είναι φανερή η σημαντική συμμετοχή των τρηματοφόρων στη συνολική μειοβενθική βιοκοινωνία, και είναι μεγαλύτερη στους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης όπου φτάνει και το 54%. Άλλες εργασίες έχουν βρεί ανάλογες, μεγάλες συμμετοχές στο σύνολο της βιοκοινωνίας από άποψη αφθονίας ή και βιομάζας. Ο Tietjen (1971) μελέτησε την κατανομή του μειοβένθους σε σταθμούς ποικίλου βάθους αναφορικά με την αφθονία και τη σχετική συμμετοχή των διαφόρων ομάδων. Τα αποτελέσματα της εργασίας του έδειξαν πως η συμμετοχή των τρηματοφόρων ως προς την αφθονία τους στο σύνολο της βιοκοινωνίας αυξάνει σε συνάρτηση με το βάθος, από 11-74% σε βάθη 50-499m, μέχρι και 75-90% σε βάθος 2000-2500m. Ανάλογα αποτελέσματα έχουν βρεθεί και από τους Shirayama & Horikoshi (1989), οι οποίοι όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 4.1, εξηγούν ότι τα τρηματοφόρα είναι πιο σημαντικά τόσο ως προς την αφθονία ως και προς την βιομάζα με την αύξηση του βάθους και περισσότερο μετά το βάθος των 2km.

Η αναζήτηση του ρόλου των βενθικών τρηματοφόρων στο θαλάσσιο οικοσύστημα, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τον τρόπο διατροφής τους και το είδος της τροφής που καταναλώνουν, στοιχεία που διαφέρουν μεταξύ των διαφόρων ειδών. Τα τρηματοφόρα είναι σαρκοφάγοι, πτωματοφάγοι, ή και παμφάγοι οργανισμοί, ενώ συχνά σε ρηχά περιβάλλοντα μπορούν και καταναλώνουν απευθείας φύκη. Αναφορικά με την ικανότητά τους να τρέφονται με άλλους ζωντανούς οργανισμούς, επιλέγουν διάτομα, μικρά χλωροφύκη, δινομαστιγωτά και βακτήρια, ακόμα και κάποιους ολόκληρους μικρούς μεταζωικούς οργανισμούς ή τμήματα αυτών. Η επιλογές αυτές φαίνεται ότι διαφέρουν σε επίπεδο είδους, τόσο σε ρηχά περιβάλλοντα όσο και στη βαθιά θάλασα (Gooday et al.1992, ter Kuile 1991, Hallock et al., 1991).

Η επιτυχία των βενθικών τρηματοφόρων στο να είναι άμεσοι συλλέκτες τροφής και κατανάλωσης οργανικής ύλης συνίσταται στην άριστη ικανότητα πρόσληψης τροφής που διαθέτουν. Αυτό επιτυγχάνεται με την εξάπλωση του δικτύου των ψευδοποδίων που διαθέτουν και τα οποία είναι ικανά να έρχονται σε επαφή, να προσλαμβάνουν και να παγιδεύουν τα τροφικά σωματίδια προς κατανάλωση από τον οργανισμό (Travis & Bowser 1991, Murray 1991). Επιπλέον, μελετώντας τη διαμερισματοποίηση του πρωτοπλάσματος με σύγχρονες τεχνικές Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας, έχει αποδειχθεί η διαφορετική εξειδίκευση των διαφόρων τμημάτων του πρωτοπλάσματος στους θαλάμους που

αναπτύσσει το κέλυφος του τρηματοφόρου. Έτσι, διαφορετικής ποιότητας σωματίδια οργανικής ύλης διασπώνται σε διαφορετικά διαμερίσματα του κελύφους κι επιτυγχάνεται η αποτελεσματικότερη και αμεσότερη αφομοίωση και κατανάλωση τροφής (Lipps 1983, Anderson & Lee 1991). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα και την άμεση πρόσληψη και κατανάλωση οργανικής ύλης από τα τρηματοφόρα, που θεωρούνται από τους πλέον αμεσότερους ως προς την αφομοίωση φρέσκιας οργανικής ύλης καθιζάνουσας προς το βυθό, τόσο στο ρηχό περιβάλλον όσο και στη βαθιά θάλασσα (Gooday 1992).

Ένας άλλος μηχανισμός που εμφανίζουν κάποια είδη τρηματοφόρων είναι η συμβίωση με βακτήρια, σε ενδοκυτταρικό επίπεδο, και κατά κανόνα μέσα στους νεότερους θαλάμους. Ανάλογη συμβιωτική σχέση είναι συχνή σε τρηματοφόρα που ζουν στην εύφωτη ζώνη, με ένα σημαντικό αριθμό φυκών, καθώς και σε περιπτώσεις χαμηλών συγκεντρώσεων οξυγόνου στο ίζημα-όπου έχει βρεθεί ότι αναπτύσσονται σχέσεις με χημειοαυτότροφα βακτήρια.

Τα βενθικά τρηματοφόρα κατέχουν κι έναν επιπλέον ρόλο στην τροφική αλυσίδα, δεδομένου ότι αποτελούν τροφή για ένα πλήθος μεταζωικών οργανισμών του μειο- και μακροβένθους όπως οι πολύχαιτοι, τα μαλάκια, τα καρκινοειδή, τα εχινόδερμα, ακόμα και τα ψάρια (Lipps 1983), πολλοί από τους οποίους χαρακτηρίζονται και από επιλεκτική θήρευση επί των διαφόρων ειδών τρηματοφόρων. Τέτοιου είδους παρατηρήσεις έχουν προκύψει ακόμα και σε μεγάλα βάθη στην αβυσσική ζώνη, κατά κανόνα όμως από εργασίες που έχουν γίνει στον Ατλαντικό και Ειρηνικό Ωκεανό. Η Sokolova (1986) παρατήρησε πως βενθικά τρηματοφόρα αποτελούν τροφή για τα είδη πολυχαιτών *Amphiteis mederi*, *Travisia profunda*, *Brada sp.* σε βάθη μεγαλύτερα από 1500m στον Ειρηνικό Ωκεανό. Στην ίδια εργασία καθώς και σ' αυτές των Khrirounoff & Sibuet (1980) και Briggs (1985) αναφέρεται η θήρευση ειδών τρηματοφόρων από διάφορα είδη ολοθούριων όπως από τα *Sphaerothuria bitentaculata* στον Ειρηνικό Ωκεανό και από τα *Benthogone rosea*, *Psychropotes longiculata* κ.α. που ζουν στον ΒΑ Ατλαντικό σε βάθη μεγαλύτερα από 2000m.

Αναμφισβήτητα λοιπόν, τα βενθικά τρηματοφόρα αποτελούν ένα βασικό και καθοριστικό κρίκο του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Αυτό είναι φανερό, δεδομένης: α) της σημαντικής συμμετοχής που έχουν στη μειοβενθική βιοκοινωνία και που τα καθιστά μία από τις πιο σημαντικές ομάδες, τόσο ως προς την αφθονία όσο και ως προς τη βιομάζα και β) της θέσης τους στην

τροφική αλυσίδα. Η θέση αυτή ρυθμίζεται από την ικανότητα των βενθικών τρηματοφόρων ως ένας αποτελεσματικός θηρευτής και άμεσος αφομοιωτής και καταναλωτής οργανικής ύλης σε συνδυασμό με το ότι αποτελούν τροφή για μία ποικιλία ειδών μειο- και μακροβενθικών μεταζώων.

4.4 Η επίδραση των περιβαλλοντικών παραμέτρων στην αφθονία και στη δομή της σύγχρονης βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων

Στο σύνολο των μέχρι σήμερα δημοσιευμένων εργασιών σχετικά με την οικολογία των μειοβενθικών ομάδων αλλά και των τρηματοφόρων στις διάφορες θαλάσσιες περιοχές, η διαθέσιμη τροφή στο ίζημα σε συνδυασμό και με τα ιζηματολογικά χαρακτηριστικά του ιζήματος περιγράφονται ως καθοριστικοί παράγοντες που ρυθμίζουν τα επίπεδα αφθονίας αλλά και τη σύνθεση των βιοκοινωνιών (Shirayama 1984, Lambshead & Gooday 1990, Murray 1991, Giere 1993, Smart & Gooday 1997, Soltwedel 1997, 2000, Hughes *et al.* 2000).

Στους σταθμούς που μελετήθηκαν στη βαθύαλη ζώνη στο Αιγαίο και στο Ιόνιο Πέλαγος, παρατηρήθηκε μία ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στην αφθονία των κύριων αλλά και των περισσοτέρων από τις δευτερεύουσες ομάδες με τη διαθέσιμη τροφή στο ίζημα, όπως αυτή εκφράζεται από την χλωροφύλλη *a*, και όπως προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων με το συντελεστή συσχέτιση Spearman (Κεφ. 3.3). Ειδικά για τα κωπήποδα και τους νημερτίλους, η αφθονία τους χαρακτηρίζεται από θετική συσχέτιση με τις φαιοχρωστικές και το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών του ιζήματος.

Ανάλογα συμπεράσματα αναφορικά με τον καθοριστικό ρόλο που κατέχει η διαθέσιμη τροφή στο ίζημα, προέκυψαν και από την ανάλυση BioEnv, για τη δομή της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων, που βρέθηκε ότι ρυθμίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από το λόγο Chl *a*/CPE, ενώ επίσης σημαντικός παράγοντας είναι το βάθος καθώς και ο συνδυασμός των δύο παραμέτρων. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί πως η έννοια της μεταβολής του βάθους συνδέεται άμεσα στα θαλάσσια οικοσυστήματα και με τη μεταβολή στη διαθέσιμη τροφή στο ίζημα, και επομένως μια ισχυρή εξάρτηση των βιολογικών παραμέτρων από μεταβολές στο βάθος, εξηγούνται με την επακόλουθη μεταβολή στη διαθεσιμότητα σε τροφή στο βυθό. Από παλαιότερες εργασίες έχουν προκύψει

παρόμοια αποτελέσματα δείχνοντας την στενή σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην αφθονία και βιομάζα του μειοβένθους και τις χλωροφυλλούχες χρωστικές ή και τον οργανικό άνθρακα του ιζήματος (Pfannkuche 1985, Soetart *et al.* 1991, 1997, Danovaro *et al.* 2000, Gooday 1988a). Παράλληλα, άλλες εργασίες την τελευταία δεκαετία αναφέρουν ότι οι πρωτεΐνες και άλλες, εύκολα αποικοδομήσιμες στο ιζήμα ουσίες ελέγχουν την τροφική κατάσταση στο βενθικό περιβάλλον. Αυτές οι ουσίες εκφράζουν το κομμάτι εκείνο της τροφής που ευκολότερα αποικοδομείται και επομένως καταναλώνεται από τους βενθικούς οργανισμούς, και στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ως το βιοδιαθέσιμο (labile) κομμάτι της οργανικής ύλης (Buscail *et al.* 1990, Posedel & Faganeli 1991, Danovaro *et al.* 1999b, 2000).

Οι αυξημένες αφθονίες των τρηματοφόρων και των μεταζωικών ομάδων στη Λεκάνη των Σποράδων συνδέονται άμεσα με τη συγκέντρωση φρέσκου οργανικού υλικού στο ιζήμα. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί από τους Lampadariou *et al.* (1999) οι οποίοι μελετώντας την κατανομή του μειοβένθους στο Βόρειο και Νότιο Αιγαίο, βρήκαν υψηλότερες τιμές αφθονίας στο Βόρειο Αιγαίο, σε σύγκριση με αντίστοιχα βάθη στο Κρητικό Πέλαγος. Το γεγονός αυτό στη Λεκάνη των Σποράδων, και ακόμα εντονότερα σε βορειότερες περιοχές του Πελάγους είναι συνέπεια της εισροής επιφανειακών, πλούσιων σε θρεπτικά νερών από τη Μαύρη Θάλασσα μέσω των Στενών των Δαρδανελίων κατά κύριο λόγο, αλλά και από ποτάμια που εκβάλλουν στις ακτές στο βορρά (Roulos *et al.*, 1997, 2000). Αυτό είναι χαρακτηριστικά εμφανές στις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης *a* και των φαιοχρωστικών και στο ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών (CPE), που έχουν σημαντικά υψηλότερες τιμές στους σταθμούς της Λεκάνης των Σποράδων. Μετρήσεις του ρυθμού ανοργανοποίησης της οργανικής ύλης στο ιζήμα (με μέτρηση παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα στο ιζήμα), έχουν δείξει ότι ο ρυθμός αυτός είναι σημαντικά υψηλότερος στο Βόρειο Αιγαίο σε σχέση με το Κρητικό Πέλαγος (Moodley, προσωπ. επικοινωνία).

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την παρούσα διατριβή σε συνδυασμό και με αυτά προηγούμενων μελετών στο Αιγαίο Πέλαγος, ενισχύουν την άποψη για τον έντονα ολιγοτροφικό χαρακτήρα του Κρητικού Πελάγους, το οποίο θεωρείται ως μία από τις πιο ολιγοτροφικές περιοχές της Μεσογείου. Ο ιδιαίτερα χαμηλός ρυθμός πρωτογενούς παραγωγής (Dugdale & Wilkerson 1988,

Ignatiades 1998, Psarra *et al.* 2000) σε συνδυασμό με την έντονη στρωματοποίηση της υδάτινης στήλης (ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες) και την υψηλή θερμοκρασία της στήλης, οδηγεί σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις οργανικού υλικού ακόμα και στα ανώτερα τμήματα του ιζήματος στη βαθύαλη ζώνη (Tselepides *et al.* 2000a). Εξάλλου, ο Tselepides (1992), οι Tselepides & Eleftheriou (1992) και οι Danovaro *et al.* (1999a) σε ανάλογη μελέτη στο Κρητικό Πέλαγος, βρήκαν πως η βιοκοινωνία των βενθικών οργανισμών χαρακτηρίζεται από χαμηλή αφθονία και βιομάζα, ως συνέπεια της μικρής διαθεσιμότητας σε οργανική ύλη στο βενθικό περιβάλλον. Η ανάλυση της βιοκοινωνίας των σύγχρονων τρηματοφόρων στο Βόρειο Αιγαίο και στο Κρητικό Πέλαγος (στοιχεία από Moodley, προσωπ. επικοινωνία), έδειξε ότι η συνολική αφθονία στα άνω 2 εκατοστά του ιζήματος είναι σημαντικά υψηλότερη στο Βόρειο Αιγαίο, (κατά μέσο όρο 276 άτομα 10cm⁻²) σε σχέση με το Κρητικό (μόλις 66 άτομα 10cm⁻²). Με βάση τα στοιχεία αυτά και συγκρίνοντας δύο σταθμούς παραπλήσιου βάθους (1271 και 1772m στο Βόρειο Αιγαίο και Κρητικό Πέλαγος αντίστοιχα), καταμετρήθηκε σημαντικά υψηλότερη αφθονία τρηματοφόρων στο Βόρειο Αιγαίο (258 άτομα 10cm⁻² σε σχέση με τα μόλις 36 άτομα 10cm⁻² στο Κρητικό Πέλαγος). Η βιοκοινωνία των τρηματοφόρων βρέθηκε ότι αποτελείται σε σημαντικό ποσοστό από τρηματοφόρα μαλακού κελύφους (οικ. allogromiidae, saccaminidae), ενώ άλλα άφθονα γένη είναι τα *Epistominella* στο Βόρειο και Νότιο Αιγαίο, καθώς και τα *Gyroidina*, *Reophax* στο Βόρειο, και τα *Melonis*, *Bolivina*, *Bulimina*, *Uvigerina* στο Κρητικό Πέλαγος.

Για το Ιόνιο Πέλαγος δεν υπάρχει αρκετή πληροφορία διαθέσιμη σχετικά με την κατανομή του μειοβένθους, ως προς τις ομάδες των μεταζώων ή τα τρηματοφόρα, κάτι το οποίο έρχεται να συμπληρωθεί εν μέρει μέσω της παρούσας εργασίας. Τα μόνα στοιχεία προκύπτουν από τους Danovaro *et al.* (1995) οι οποίοι αναφέρουν αφθονία ίση με 290 άτομα 10cm⁻² στα 600m βάθος, που μειώνεται σημαντικά με το βάθος (μέχρι και μόλις 4 άτομα 10cm⁻² στα 1700-1800m βάθος). Και πάλι όμως τα τρηματοφόρα απουσιάζουν από την ανάλυση της βιοκοινωνίας.

Το Ιόνιο Πέλαγος αποτελεί και αυτό μία από τις πιο ολιγοτροφικές περιοχές της Μεσογείου (Rabitti *et al.* 1994, Souvermezoglou *et al.* 1992,

Napolitano *et al.* 2000). Κατά τους Boldrin *et al.* (2002), ο ρυθμός ροής της οργανικής ύλης προς τα βαθύτερα στρώματα της υδάτινης στήλης είναι γενικά χαμηλός, επιπλέον όμως η υδρολογία και η κυκλοφορία των υδάτινων μαζών στην περιοχή αυτή κάνει ακόμα πιο σύνθετη την κατανομή των θρεπτικών, του φυτοπλαγκτού, της πρωτογενούς παραγωγικότητας και κατ' επέκταση του σωματιδιακού υλικού στην περιοχή του Δυτικού – Ανατολικού Ιονίου Πελάγους.

Στο Δυτικό Ιόνιο Πέλαγος, οι επιφανειακές υδάτινες μάζες έχουν προέλευση από τον Ατλαντικό Ωκεανό (Modified Atlantic Waters), επηρεαζόμενες και από το Ιόνιο Ρεύμα (επίσης Ατλαντικής Προέλευσης ,Atlantic Ionian Stream), που δημιουργεί ένα χαρακτηριστικό αντικυκλώνα στο δυτικότερο τμήμα του Ιονίου Πελάγους. Την τελευταία δεκαετία παρατηρήθηκε ότι τα βαθιά και πυκνότερα νερά του Αιγαίου Πελάγους έχουν αντικαταστήσει τα νερά της Αδριατικής Θάλασσας κυρίως στο βορειότερο Ιόνιο Πέλαγος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα (στο δυτικότερο τμήμα του Ιονίου Πελάγους), τα βαθιά νερά της Αδριατικής Θάλασσας να ρέουν σ' ένα μεταβατικό στρώμα ανάμεσα στα βαθιά νερά του Αιγαίου και τα Ενδιάμεσα νερά της Λεβαντίνης (Levantine Intermediate Waters), σε βάθος 800-1500m. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην εξώθηση πλούσιων σε θρεπτικά νερών προς την εύρωτη ζώνη, που επιδρά στην παραγωγικότητα της περιοχής.

Οι χαμηλές τιμές αφθονίας όλων των μειοβενθικών ομάδων (μεταζώων και τρηματοφόρων) στους σταθμούς των 600m, τόσο στο Δυτικό όσο και στο Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος είναι ενδεικτικές του ολιγοτροφικού χαρακτήρα της Ανατολικής Μεσογείου. Σε βάθος 800-1500m στο Δυτικό Ιόνιο, οι αυξημένες αφθονίες που συσχετίζονται άμεσα με τις αυξημένες συγκεντρώσεις των χλωροπλαστικών χρωστικών του ιζήματος ερμηνεύονται από το παραπάνω φαινόμενο που αφορά την αυξημένη παραγωγικότητα σε αυτή την περιοχή.

Στους σταθμούς που αναλύθηκαν στην αβυσσική ζώνη, χαρακτηριστικό γνώρισμα αποτέλεσε η χαμηλή αφθονία για όλες τις μειοβενθικές ομάδες, (μέχρι και 4 άτομα/10cm⁻²). Τόσο χαμηλές αφθονίες έχουν βρεθεί και από τους Danovaro *et al.* (1995), με μόλις 4 άτομα μεταζώων στα 10cm⁻² στα 1700-1800m βάθος αλλά και οι Tselepides & Lampadariou (δεκτό στο Deep Sea Research), βρήκαν επίσης μόλις 4 άτομα μεταζώων στα 10cm⁻² στα 2883m βάθος στη Λεκάνη της Λεβαντίνης. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που οδηγεί και αυτό στη

σχέση ανάμεσα στη διαθέσιμη τροφή στο ίζημα και την αφθονία των μειοβενθικών οργανισμών, είναι η μείωση της αφθονίας των ομάδων σε συνάρτηση με το βάθος στο ίζημα, γεγονός που είναι ιδιαίτερα έντονο στην αβυσσική ζώνη. Αν και γενικά υπάρχουν διαφοροποιήσεις μεταξύ των ειδών, κατά κανόνα τα περισσότερα είδη τρηματοφόρων μειώνουν σημαντικά την αφθονία τους σε συνάρτηση με το βάθος του ιζήματος, και ειδικά στην αβυσσική ζώνη, κατά κανόνα περιορίζονται στο επιφανειακό στρώμα του μισού χιλιοστού. Βέβαια, η μείωση της συγκέντρωσης της οργανικής ύλης στο ίζημα και επομένως η τροφή που είναι διαθέσιμη στους μειοβενθικούς οργανισμούς δεν είναι ο μόνος παράγοντας που επηρεάζει την κατακόρυφη κατανομή των οργανισμών στο ίζημα. Άλλοι παράγοντες όπως το διαθέσιμο οξυγόνο, η κοκκομετρία και το πορώδες του ιζήματος, καθώς και η βιοανάδευση που προκαλούν οι μακροπανιδικοί οργανισμοί ευθύνονται σε σημαντικό βαθμό για το βαθμό εισχώρησης των μειοβενθικών οργανισμών στο ίζημα, και επομένως το μέγιστο βάθος του ιζήματος όπου είναι δυνατό να κατοικηθεί από το μειοβένθος. Πέραν τούτου, η δυνατότητα δε φαίνεται να είναι η ίδια ανάμεσα στις διάφορες ομάδες αλλά και ανάμεσα στα εδη των τρηματοφόρων. Έτσι, σε κάποιες περιπτώσεις οι νηματώδεις στη βαθύαλη ζώνη εμφανίζουν διαφορετικό προφίλ κατανομής στο ίζημα, με αύξηση της αφθονίας στα επιφανειακά στρώματα. Επίσης, ως προς τα είδη των τρηματοφόρων, χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του είδους *Bathysiphon sp.1*, καθώς και του *Hyperammia leavigata*, τα οποία αποτελούν εξαίρεση συγκριτικά με τα άλλα είδη του Αιγαίου Πελάγους, και εμφανίζουν μεγαλύτερο βάθος εμφάνισης στο ίζημα (στο στρώμα των 2,7-5cm).

Η γενική εικόνα που παρουσιάζει η αβυσσική ζώνη των ελαχίστων αφθονιών συμπληρώνεται με την επικράτηση στη βιοκοινωνία των τρηματοφόρων των ειδών της οικογένειας *allogromiidae* μέχρι και σε ποσοστό 94%, και κατά κανόνα στο ανώτερο επιφανειακό στρώμα του ιζήματος μόλις μισού εκατοστού πάχους. Προηγούμενες εργασίες στον Ατλαντικό ωκεανό έχουν βρει ότι αρκετά είδη της οικογένειας *allogromiidae* παρουσιάζουν σαφείς μεταβολές στην αφθονία σε σχέση με τις εποχιακές μεταβολές της οργανικής ύλης στο επιφανειακό ίζημα του βυθού (Gooday 1990, Gooday & Turley 1990, Gooday 1993). Αποτελέσματα όμως άλλων μελετών στη βαθιά θάλασσα έχουν δείξει ότι τα τρηματοφόρα σκληρού κελύφους αποκρίνονται πιο άμεσα στην εισροή φρέσκου οργανικού υλικού σε σύγκριση με τα είδη μαλακού κελύφους

(allogromiidae, saccaminidae). Συγκεκριμένα, οι Gooday & Lambshead (1989) μελετώντας δείγματα από βάθος 1345m στον Ατλαντικό Ωκεανό (Porcupine Seabight) βρήκαν πως η άνθηση του φυτοπλαγκτού κατά την άνοιξη και η επακόλουθη ροή φρέσκιας οργανικής ύλης προς το βυθό είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της αφθονίας των τρηματοφόρων της οικογένειας Rotaliidae (σκληρού κελύφους) κατά 2,8 φορές ενώ τα τρηματοφόρα της οικογένειας allogromiidae αύξησαν την αφθονία τους κατά 1,9 φορές. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και βορειοδυτικά της τάφρου Rockall στον Ατλαντικό (Gooday & Hughes 2002), όπου τα τρηματοφόρα της οικογένειας allogromiidae ήταν πιο άφθονα μετά την άνθηση του φυτοπλαγκτού κατά την άνοιξη κατά 4,5 φορές ενώ τα τρηματοφόρα σκληρού ασβεστολιθικού κελύφους κατά 7,5 φορές. Αυτή η διαφορετική απόκριση συνδέεται άμεσα με τη διαφορετική δυνατότητα αφομοίωσης της οργανικής ύλης από τα διάφορα είδη καθώς και τους διαφορετικούς ρυθμούς αναπαραγωγής των ειδών μαλακού και σκληρού κελύφους (Lambshead & a 1990, Gooday 2002).

Ένα άλλο, βασικό χαρακτηριστικό που προέκυψε από τα αποτελέσματα της διατριβής, είναι η σημαντική μείωση της ποικιλότητας της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων στην αβυσσική ζώνη. Αρκετοί ερευνητές έχουν κατά το παρελθόν δείξει την αύξηση της ποικιλότητας με το βάθος (Rex 1976, Dinet & Vivier 1979, Huston 1979), Στο Αιγαίο Πέλαγος και μέχρι τη βαθύαλη ζώνη, ο Λαμπαδαρίου (2001) βρήκε πως η ποικιλότητα των νηματωδών επίσης αυξάνεται με το βάθος. Αντίθετα, σε προηγούμενη εργασία, τόσο ο Τσελεπίδης (1992) όσο και οι Karakassis & Eleftheriou (1997), βρήκαν πως η ποικιλότητα της μακροπανίδας μειώνεται με την αύξηση του βάθους, ως αποτέλεσμα της μείωσης της διαθέσιμης τροφής.

Στους σταθμούς που αναλύθηκαν στα πλαίσια της διατριβής, ο αριθμός των ειδών των τρηματοφόρων αλλά και οι δείκτες ποικιλότητας της βιοκοινωνίας συσχετίζονται σημαντικά με την διαθέσιμη τροφή στο ίζημα, όπως προέκυψε από την ανάλυση με το συντελεστή Spearman. Έτσι, η σημαντική μείωση της διαθέσιμης τροφής στην αβυσσική ζώνη της Μεσογείου σε συνδυασμό με τον υποβιβασμό της ποιότητάς της φαίνεται ότι επιδρούν αρνητικά όχι μόνο στα επίπεδα της αφθονίας των μειοβενθικών ομάδων, αλλά και στην ποικιλότητα της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων. Εν τούτοις, η ολοκληρωμένη αναζήτηση των αιτίων ή ακόμα καλύτερα του συνδυασμού των

παραμέτρων εκείνων οι οποίες καθορίζουν τη δομή, τη σύνθεση και την ποικιλότητα της βιοκοινωνίας, δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί εύκολα. Βασικός λόγος είναι όχι μόνο η ετερογένεια μεταξύ των σταθμών αλλά και ανάμεσα στα ίδια τα αντίγραφα δείγματα του ίδιου σταθμού. Τον παράγοντα αυτόν έρχεται να ενισχύσει ως προς τη δυσκολία ανάλυσής τους οι ιδιαίτερα χαμηλές έως και μηδενικές αφθονίες στα μεγαλύτερα, αβυσσικά βάθη. Σε κάποιες περιπτώσεις, η βιοκοινωνία βρέθηκε να αποτελείται από 2-3, και συχνά 1 μόνο άτομο, γεγονός που αναμφισβήτητα δυσχεραίνει την ανάλυση και δεν επιτρέπει τη ασφαλή διεξαγωγή συγκρίσεων.

Εξάλλου, όπως φάνηκε ξεκάθαρα από την ομαδοποίηση των σταθμών με το δείκτη Bray-Curtis με βάση τη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων, η αβυσσική ζώνη της Ανατολικής Μεσογείου, αν και φτωχή κατά κανόνα σε μειοβένθος, εντούτοις παρουσιάζει επιμέρους ιδιομορφίες που συνδέονται άμεσα με κάποια ιδιάζοντα χαρακτηριστικά των διαφόρων υπο-λεκανών της Λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου.

Οι αβυσσικές Λεκάνες της Πελοποννήσου και Ιεράπετρας αποτελούν εξαίρεση στον κανόνα της εκθετικής μείωσης της αφθονίας των βενθικών οργανισμών συναρτήσει του βάθους όπως σε αρκετές περιπτώσεις έχει αποδειχθεί (de Bovee *et al.* 1990, J. H. Tietjen 1992, Vincx *et al.* 1994). Από παλαιότερες εργασίες στην Ανατολική Μεσόγειο αλλά και σε βαθιές λεκάνες σε άλλες περιοχές του κόσμου, έχει βρεθεί ότι συχνά τέτοιες βαθιές τάφροι λειτουργούν ως φυσικές ιζηματοπαγίδες οργανικής ύλης που καθιζάνει από τα ανώτερα στρώματα της υδάτινης στήλης (Gooday 2002b). Οι Boetius *et al.* (1996) μελετώντας τη Λεκάνη της Πελοποννήσου και τη Λεκάνη της Ιεράπετρας μεταξύ άλλων σταθμών στην Ανατολική Μεσόγειο, βρήκαν εντυπωσιακά υψηλές τιμές χλωροπλαστικών χρωστικών στο επιφανειακό ίζημα. Οι Tselepides & Lampadariou (δεκτό στο Deep Sea Research), αναφέρουν αύξηση των επιπέδων αφθονίας των κωπηπόδων, ιδιαίτερα στη Λεκάνη της Πελοποννήσου, δεδομένης της ικανότητάς τους να αφομοιώνουν άμεσα και γρήγορα την φρέσκια οργανική ύλη που συσσωρεύεται στο ίζημα (Hicks & Coull, 1983).

Κατά τη μελέτη της Λεκάνης της Πελοποννήσου στα πλαίσια αυτής της διατριβής, παρατηρήθηκε σημαντικά μεγαλύτερη αφθονία του μειοβένθους στο σταθμό αυτό (Pel), που συνοδεύεται και από την υψηλότερη αφθονία των βενθικών τρηματοφόρων 81 άτομα στα 10cm^{-2} , στα άνω 4cm του ιζήματος. Η

δομή της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων όπως βρέθηκε από την ανάλυση BioEnv καθορίζεται ισχυρότερα από το συνδυασμό τριών παραγόντων που είναι το βάθος, ο οργανικός άνθρακας και ο λόγος Chl a/CPE. Χαρακτηριστικό της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων είναι η σημαντική αύξηση του αριθμού των ειδών στο σταθμό αυτό αλλά παράλληλα, η κυριαρχία του είδους *Articulina tubulosa*.

Κατά τους de Rijk *et al.* (2000), το είδος αυτό μαζί με τα *Glomospira charoides*, *Gyroidina altiformis*, *Gyroidina orbicularis* αποτελεί ένα από τα τυπικά είδη που χαρακτηρίζουν το ολιγοτροφικό περιβάλλον στην Α. Μεσόγειο, με μέσο βάθος εμφάνισης τα 800m.

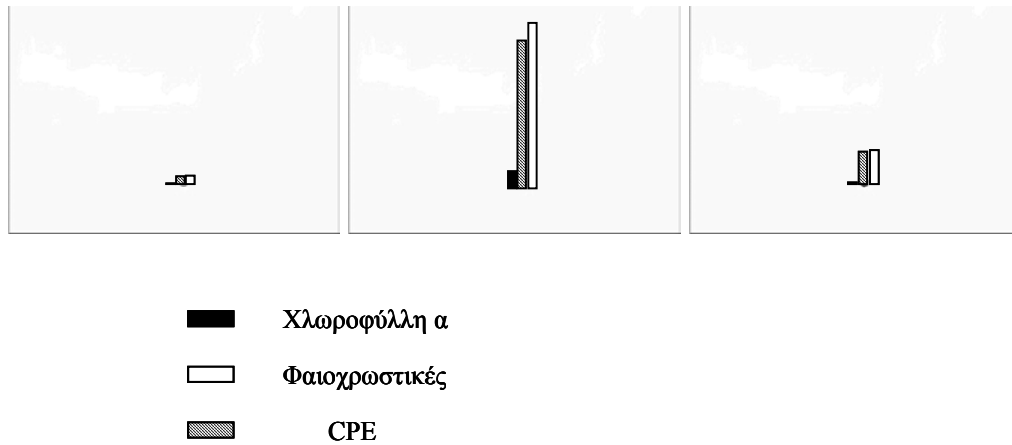
Πίν. 4.3: Συγκριτικός πίνακας συγκεντρώσεων χλωροπλαστικών χρωστικών, οργανικού άνθρακα και τιμών μειοβενθικής αφθονίας και τρηματοφόρων σε διαφορετικούς σταθμούς της αβυσσικής ζώνης, στα άνω 2 cm του ιζήματος (integrated values).

* Στον σταθμό Pel η μέτρηση του οργανικού άνθρακα έγινε με υγρή οξειδωση

| | | AOCT | BOCT | COCT | T3 | T5 | T6 | Pel | Disc | Atal1 | Atal2 | Ur | Bann |
|----------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Βάθος | (m) | 2782 | 2800 | 2714 | 3055 | 3200 | 4000 | 4617 | 3426 | 3281 | 3335 | 3301 | 3080 |
| Chl a | ($\mu\text{g g}^{-1}$) | 0,046 | 0,026 | 0,039 | 0,067 | 0,023 | 0,063 | 0,181 | 0,051 | 0,059 | 0,079 | 0,073 | 0,046 |
| φαιοχρωστικές | ($\mu\text{g g}^{-1}$) | 0,303 | 0,153 | 0,234 | 1,942 | 0,621 | 1,778 | 3,260 | 0,314 | 0,338 | 0,465 | 0,358 | 0,254 |
| CPE | ($\mu\text{g g}^{-1}$) | 0,349 | 0,178 | 0,273 | 2,009 | 0,644 | 1,841 | 3,441 | 0,366 | 0,397 | 0,544 | 0,431 | 0,300 |
| Chl a/CPE | | 0,136 | 0,145 | 0,147 | 0,035 | 0,036 | 0,035 | 0,052 | 0,141 | 0,149 | 0,146 | 0,170 | 0,154 |
| Οργ. Άνθρακας | (%) | 0,730 | 1,215 | 1,447 | 0,654 | 0,493 | 0,560 | 0,410 | 0,446 | 0,748 | 0,711 | 0,682 | 0,574 |
| αφθονία τρηματοφόρων | (άτομα 10cm^{-2}) | 7,55 | 2,83 | 7,55 | 5,03 | 13,20 | 8,59 | 80,52 | 21,69 | 7,13 | 11,32 | 4,82 | 5,45 |
| ολικό μειοβένθος | (άτομα 10cm^{-2}) | 25,46 | 16,35 | 38,04 | 16,56 | 29,87 | 22,64 | 160,64 | 43,07 | 20,75 | 25,99 | 11,74 | 21,80 |

Κατά τον Murray (1991), το είδος *Articulina tubulosa* συναντάται στην Ανατολική Μεσόγειο σε βάθη $>2500\text{m}$. Σύμφωνα όμως με τους de Rijk *et al.* (2000), το μέσο βάθος στο οποίο το συγκεκριμένο είδος εμφανίζεται γενικά μειώνεται από τα δυτικά προς το ανατολικότερο τμήμα της Μεσογείου, ως αποτέλεσμα του εντονότερου ολιγοτροφισμού που χαρακτηρίζει το ανατολικότερο τμήμα της Λεκάνης. Η εμφάνισή του σε σημαντικά μεγαλύτερο βάθος στη λεκάνη της Πελοποννήσου και σε υψηλή αφθονία στο ίζημα, θα μπορούσε να ερμηνευτεί ως αποτέλεσμα της αυξημένης συγκέντρωσης φρέσκου οργανικού υλικού στο ίζημα στο σταθμό αυτό σε σχέση με τους άλλους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης. Στον πίνακα 4.3 δίδονται συγκριτικές τιμές συγκέντρωσης οργανικού άνθρακα και χλωροπλαστικών χρωστικών στο επιφανειακό ίζημα (άνω 2cm) του σταθμού στη Λεκάνη της Πελοποννήσου σε

σχέση με τις τιμές που υπολογίστηκαν ενιαία για τα στρώματα μέχρι βάθος 2cm στο ίζημα άλλων σταθμών της αβυσσικής ζώνης.



Σχ. 4.1: Εξέλιξη των τιμών συγκεντρώσεων χλωροφύλλης α και φαιοχρωστικών και ισοδυνάμου χλωροπλαστικών χρωστικών στο επιφανειακό ίζημα (0-2cm, integrated values) στη Λεκάνη της Ιεράπετρας κατά τις περιόδους: χειμώνας 1987 (αποστολή MET5/1), καλοκαίρι 1993 (αποστολή MET25/1), χειμώνας 1997 (αποστολή MET40/3).

* αποστολές MET 25/1 & MET 5/1 (στοιχεία από Tselepidis, προσωπ. επικοινωνία)

Στην Λεκάνη της Ιεράπετρας το καλοκαίρι του 1993, οι Οι Tselepidis & Lampadariou (δεκτό στο Deep Sea Research), βρήκαν σημαντικά υψηλές τιμές μειοβενθικής αφθονίας (μεταζώων) και ειδικά των αρπακτικοειδών κωπηπόδων, γεγονός το οποίο και εδώ συνέδεσαν με τη λειτουργία της Λεκάνης ως φυσική παγίδα συγκέντρωσης καθιζάνουσας οργανικής ύλης. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώθηκε και από τις υψηλές συγκεντρώσεις CPE ($22.7 \mu\text{g g}^{-1}$), καθώς και τις υψηλές τιμές των λόγων Chl a/CPE and Chl a/TOC. Παράλληλα, οι Boetius *et al.* (1996) απέδωσαν την έντονη βενθική δραστηριότητα τόσο στη Λεκάνη της Ιεράπετρας όσο και στη Λεκάνη της Πελοποννήσου στην αυξημένη μικροβιακή δραστηριότητα που βρέθηκε ότι χαρακτήριζε την περίοδο δειγματοληψίας τις αβυσσικές αυτές λεκάνες. Αντίθετα, παλαιότερα και συγκεκριμένα κατά την περίοδο του χειμώνα του 1987, οι συγκεντρώσεις των χλωροφυλλούχων χρωστικών στο ίζημα ήταν ιδιαίτερα μικρές, χαρακτηριστικές της αβυσσικής ολιγοτροφικής περιοχής της Ανατολικής Μεσογείου (Tselepidis, προσωπ. Επικοινωνία, βλ. και σχ. 4.1). Έτσι, κατά το καλοκαίρι του 1993 πραγματοποιήθηκε ουσιαστικά μία συγκυριακή αύξηση της ροής φρέσκου οργανικού υλικού προς το βυθό, με επακόλουθη αύξηση της βενθικής

δραστηριότητας. Κατά την περίοδο δειγματοληψίας (και πάλι χειμώνα) στα πλαίσια της διατριβής αυτής, αν και οι συγκεντρώσεις των χλωροπλαστικών χρωστικών στο ίζημα είναι αυξημένες σε σχέση με αυτές του 1987, εντούτοις οι αφθονίες τόσο των μεταζώων όσο και των τρηματοφόρων είναι ιδιαίτερα χαμηλές.

Εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με την σύνθεση της οργανικής ύλης στα ιζήματα της Ανατολικής Μεσογείου, έχουν δείξει ότι οι πρωτεΐνες και άλλες εύκολα αποικοδομήσιμες ενώσεις καθορίζουν τις ιδιότητες της διαθέσιμης τροφής στο ίζημα από άποψη ευκολίας κατανάλωσής τους από τους βενθικούς οργανισμούς (Danovaro *et al.* 1999b). Αντίθετα, ουσίες όπως οι υδατάνθρακες που αποτελούν το κύριο συστατικό της οργανικής ύλης που περιέχεται στα ιζήματα στα oligοτροφικά περιβάλλοντα αποτελούν ιδιαίτερα δύσκολες στην αφομοίωση ουσίες (που στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ως το «refractory» κομμάτι της οργανικής ύλης).

Οι Danovaro and Serresi (2000) αναλύοντας δείγματα ιζήματος από τους ίδιους ακριβώς σταθμούς με αυτούς της διατριβής στη Λεκάνη της Ιεράπετρας στα πλαίσια της ίδιας αποστολής, βρήκαν πως το ίζημα χαρακτηρίζεται από φτωχή ποιότητα, όπως προκύπτει από τη χαμηλή τιμή του λόγου πρωτεΐνες/υδατάνθρακες. Το τμήμα εκείνο της οργανικής ύλης που ευκολότερα αποικοδομείται (*labile*) καταναλώνεται άμεσα από τους βενθικούς οργανισμούς καθώς η οργανική ύλη καθιζάνει προς τα βαθύτερα τμήματα της Λεκάνης κατά την περίοδο του καλοκαιριού, με αποτέλεσμα την άμεση αύξηση της αφθονίας και της βιομάζας των βενθικών οργανισμών. Κατά την υπόλοιπη περίοδο όμως, το τμήμα εκείνο της οργανικής ύλης που απομένει στα ιζήματα αποτελείται ως επί το πλείστον από ουσίες δύσκολα αφομοιούμενες από τους οργανισμούς, και ουσιαστικά το τμήμα αυτό αν και συχνά μετριέται σε υψηλές συγκεντρώσεις, στην ουσία παραμένει ανεκμετάλλευτο μέσα στο ίζημα. Ως εκ τούτου, οι τιμές αφθονίας και βιομάζας των βενθικών οργανισμών παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα, τυπικά του oligοτροφικού, αβυσσικού περιβάλλοντος της Ανατολικής Μεσογείου.

4.4.1 Η σύνθεση της βιοκοινωνίας στην περιοχή των Αβυσσικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας στην Ανατολική Μεσόγειο

Η επιτυχία πρόσβασης στις Αβυσσικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας Discovery, Atalante, Urania και Bannock και η δυνατότητα συλλογής και ανάλυσης μειοβενθικών δειγμάτων από αυτές, έδωσε τη δυνατότητα να διερευνηθούν σχετικά ερωτήματα όπως:

- *αν υπάρχει ζωή μέσα στα ιζήματα της ανοξικής ζώνης, υψηλής αλατότητας*
- *αν ναι, ποιοι οργανισμοί από το μειοβένθος ζουν στην περιοχή αυτή*
- *πώς γίνεται η μετάβαση από την περιοχή εκτός της ανοξικής προς το εσωτερικό της*

Η εύρεση βενθικών οργανισμών, τρηματοφόρων και μεταζώων μέσα στα ιζήματα των ανοξικών περιοχών, πραγματικά δημιουργεί ερωτηματικά δεδομένων των ακραίων συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή αυτή αλλά κυρίως δεδομένης της πλήρους και σταθερής απουσίας οξυγόνου, ακόμα και στο επιφανειακό ιζήμα. Ένα άλλο ενδιαφέρον στοιχείο είναι η καταμέτρηση πλαγκτονικών οργανισμών σε μεγάλες αφθονίες, και πάλι τρηματοφόρων αλλά και μεταζώων. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι τα άτομα που βρέθηκαν μέσα στην ανοξική ζώνη είναι άτομα που με τις συνήθεις εργαστηριακές διαδικασίες θεωρούνται ως ζωντανά κατά την στιγμή της δειγματοληψίας (χρώση με Rose Bengal), δεδομένου ότι αναλύθηκαν δείγματα συντηρημένα σε φορμόλη και όχι φρέσκο υλικό το οποίο θα επέτρεπε την παρατήρηση κίνησης και επομένως ζωής των οργανισμών αυτών.

Η παρουσία τρηματοφόρων αλλά και κάποιων μεταζώων μέσα στα ανοξικά ιζήματα στην περιοχή των αβυσσικών ανοξικών λεκανών, δεν φαίνεται κάτι πρωτόγνωρο με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα. Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία σχετικά με την ικανότητα επιβίωσης βενθικών οργανισμών σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες (Corselli & Basso, 1996; Sibuet & Olu, 1998, Levin *et al.*, 2000), κατά κανόνα όμως έχει μελετηθεί η μακροπανίδα και όχι το μειοβένθος. Τα τρηματοφόρα, καθώς και κάποιες ομάδες μειοβενθικών μεταζώων έχουν τη δυνατότητα να επιβιώνουν σ'

ένα μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων οξυγόνου ακόμα και σε πολύ χαμηλές τιμές που συνδυάζονται και με την παρουσία σημαντικών συγκεντρώσεων μεθανίου (Rathburn *et al.*, 2000). Εξάλλου, πειράματα στο εργαστήριο έχουν δείξει την αντοχή των τρηματοφόρων σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου, και μάλιστα με πλεονέκτημα ισχυρότερης επιβίωσης έναντι του υπολοίπου μειοβένθους (Moodley *et al.* 1997). Οι Moodley *et al.* (1998c) πραγματοποιώντας σχετικά πειράματα βρήκαν πως ως προς αυξανόμενες συγκεντρώσεις υδροθείου, τα τρηματοφόρα χαρακτηρίζονται από ικανότητα επιβίωσης τις πρώτες 21 ημέρες, μειώνεται όμως σημαντικά η αφθονία τους στη συνέχεια.

Σε αρκετές εργασίες αναφέρεται η επιβίωση των τρηματοφόρων αλλά και των νηματώδων σε συνθήκες, με πολύ μικρές συγκεντρώσεις οξυγόνου, εμφανίζοντας τη δυνατότητα ανάπτυξης συμβιωτικών σχέσεων με βακτήρια. Οι Bernhard *et al.* (2000) εντόπισαν σε βάθος 600m στη Λεκάνη Santa Barbara, μία πολύ άφθονη μειοβενθική βιοκοινωνία αποτελούμενη τόσο από μετάζωα όσο και πρωτόζωα που χαρακτηρίζεται από πολύ μικρή συγκέντρωση σε οξυγόνο ($\leq 1\mu\text{M}$ στα άνω 2-3mm του ιζήματος), με χαρακτηριστική την παρουσία βακτηρίων *Beggiatoa*. Στα ιζήματα αυτά βρέθηκε ότι τα τρηματοφόρα *Buliminella tenuata*, *Nonionella stella*, *Fursenkoina rotundata* καθώς και το είδος *Desmodora masira* από τους νηματώδεις αναπτύσσουν συμβιωτικές σχέσεις με θειοβακτήρια. Παράλληλα, και το είδος τρηματοφόρου *Virgulinema fragilis* βρέθηκε να ζει σε συνθήκες χαμηλής περιεκτικότητας οξυγόνου στη βαθιά θάλασσα στη λεκάνη Cariaco, στη Βενεζουέλα (Bernhard 2003).

Στον κόλπο του Monterey (σε βάθος 900-1000m) σε ιζήματα με υψηλές συγκεντρώσεις μεθανίου και υδροθείου βρέθηκαν επίσης ζωντανά τρηματοφόρα εμφανίζοντας ανάλογες συμβιωτικές σχέσεις. Παρόμοια στοιχεία έχουν βρεθεί επίσης για τους νηματώδεις (Giere *et al.* 1995, Ott & Novak, 1989) καθώς και για δίθυρα μαλάκια των οικογενειών Lucinidae, Thyasiridae, Vesicomidae και για γαστερόποδα όπως η οικογένεια Neomphalidae (Sibuet & Olu 1998, Warén & Bouchet 2001, Salas & Woodside 2002). Στα ανοξικά ιζήματα που αναλύθηκαν στα πλαίσια της διατριβής, εξαιτίας του πολύ μικρού μεγέθους των ατόμων, τα μαλάκια που βρέθηκαν μέσα στην ανοξική ζώνη δεν ήταν δυνατό να αναγνωριστούν σε επίπεδο είδους.

Τα τρηματοφόρα που καταμετρήθηκαν στους σταθμούς μέσα στις ανοξικές περιοχές ήταν όλα είδη της οικογένειας allogromiidae. Το γεγονός αυτό έρχεται

σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των Moodley *et al.* (1997) οι οποίοι εκτελώντας εργαστηριακά πειράματα βρήκαν πως τα άτομα της οικογένειας *allogromiidae* είναι περισσότερο ευαίσθητα στη μείωση των συγκεντρώσεων του οξυγόνου στο ίζημα σε σχέση με τα τρηματοφόρα σκληρού κελύφους. Από την άλλη, στη Λεκάνη της Santa Barbara και σε βάθος 600m, εκτός από τα είδη που αναφέρθηκαν παραπάνω, βρέθηκε επίσης και ένα είδος (χωρίς όμως να περιγραφεί) της οικογένειας *allogromiidae*, με όμοια συμπεριφορά, δηλαδή ανάπτυξη συμβιωτικών σχέσεων με θειοβακτήρια. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί πως η μελέτη των τρηματοφόρων της οικογένειας αυτής είναι γενικά σε αρχικά στάδια, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει επαρκής γνώση ως προς τη βιολογία και την ανάπτυξη αυτής της οικογένειας των τρηματοφόρων.

Εντούτοις, και παρά την πληθώρα εργασιών που αναφέρονται στην παρουσία ειδών τρηματοφόρων και μεταζωικών οργανισμών σε συνθήκες ελάχιστης συγκέντρωσης οξυγόνου σε συνδυασμό με υψηλές συγκεντρώσεις μεθανίου ή υδροθείου, δεν υπάρχει επαρκής γνώση σχετικά με την μακροχρόνια επιβίωση των τρηματοφόρων σε συνθήκες πλήρους και σταθερής ανοξίας στο θαλάσσιο περιβάλλον. Δεν είναι δηλαδή γνωστό αν υπάρχουν είδη αναερόβια αποκλειστικά. Παραμένει λοιπόν το ερώτημα που αναμένεται με μελλοντικές έρευνες να απαντηθεί, αν και κατά πόσο είναι δυνατό οι βενθικοί οργανισμοί που βρέθηκαν να επιβιώνουν μέσα στο ανοξικό, ακραίο περιβάλλον των αβυσσικών Λεκανών στην Ανατολική Μεσόγειο.

Ένα άλλο, αξιοσημείωτο στοιχείο που βρέθηκε σ' αυτά τα περιβάλλοντα, ήταν ο μεγάλος αριθμός πλαγκτονικών οργανισμών μέσα στα ιζήματα, που και πάλι με βάση τις κλασσικές εργαστηριακές μεθόδους θα πρέπει να θεωρούνται ως «ζωντανοί» κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας. Ο αριθμός αυτός ήταν ιδιαίτερα μεγάλος στις ανοξικές ζώνες των Λεκανών Discovery και Atalante. Από τη μέχρι τώρα διαθέσιμη βιβλιογραφία, είναι γνωστό ότι τέτοιες βαθιές λεκάνες λειτουργούν ως φυσικές ιζηματοπαγίδες στις οποίες συλλέγεται και παγιδεύεται οργανικό υλικό που καθιζάνει από τα ανώτερα στρώματα της υδάτινης στήλης. Ο ρόλος τους δηλαδή, είναι ανάλογος των Λεκανών της Ιεράπετρας και της Πελοποννήσου, που περιγράφηκαν παραπάνω. Επιπλέον, στις Αβυσσικές Ανοξικές Λεκάνες, η συγκέντρωση μεγάλης ποσότητας οργανικής ύλης (όπως χαρακτηριστικά φάνηκε και στις συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα στο εσωτερικό των Λεκανών), αποτελεί σημαντική έλξη για

πολλούς ζωπλαγκτονικούς οργανισμούς που κινούνται κοντά στην περιφέρεια των Λεκανών αυτών, οδηγώντας σε σημαντική συχνά αύξηση της αφθονίας και της βιομάζας τους. Χαρακτηριστική είναι επίσης και η αύξηση στην αφθονία της επιβενθικής πανίδας κοντά στις περιοχές αυτές, που επίσης έλκεται από την πληθώρα της οργανικής ύλης (Smith 1985 και περιεχόμενες αναφορές, Burd *et al.* 1992, Thomson *et al.* 1992, Kim & Mullineaux 1998). Είναι δυνατό, ένας αριθμός από τους πλαγκτονικούς οργανισμούς που πλησιάζουν κοντά στην ανοξική ζώνη των βαθιών λεκανών ελκόμενοι από την περίσσεια της τροφής, να παγιδεύονται μέσα στην περιοχή, η υφή της οποίας (ως πυκνότερη) δεν επιτρέπει την απομάκρυνσή τους από αυτή. Έτσι οι οργανισμοί παγιδεύονται, πεθαίνουν, και «διατηρούνται» μέσα σ' αυτό το τμήμα της Λεκάνης κάτω από πλήρη απουσία οξυγόνου (σχ. 4.2)



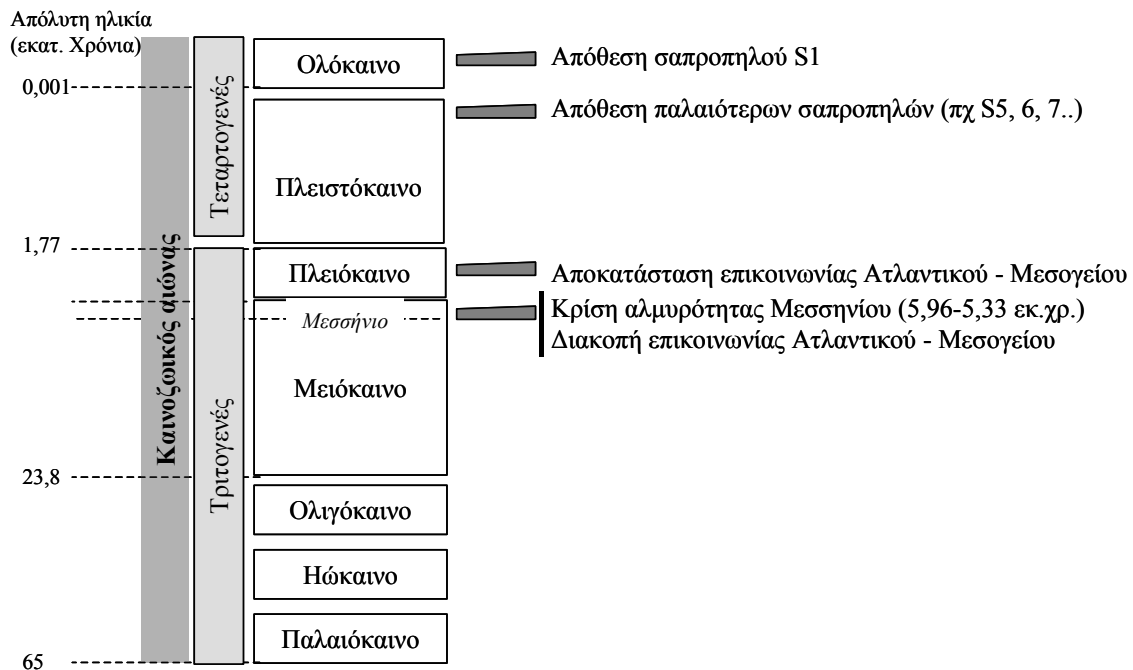
Σχ. 4.2: Απόθεση ιζημάτων και διαμόρφωση της γεωμορφολογίας του πυθμένα στην εγγύς περιοχή της ανοξικής ζώνης στις Βαθιές Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας στην Ανατολική Μεσόγειο (από Corselli & McCoy 1989, Erba 1991)

Πέραν τούτου, και για τους βενθικούς οργανισμούς που καταμετρήθηκαν μέσα στην ανοξική ζώνη των Αβυσσικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας στην Ανατολική Μεσόγειο, η εικόνα δεν είναι πλήρως ξεκάθαρη ως προς το αν και πώς τόσο τα τρηματοφόρα όσο και οι μεταζωικοί οργανισμοί που βρέθηκαν κατορθώνουν να ζουν μέσα σ' αυτές τις συνθήκες. Θα πρέπει στο μέλλον να απαντηθεί αν και κατά πόσο είναι πιθανό οι οργανισμοί αυτοί να αναπτύσσουν κατάλληλους μηχανισμούς (που μέχρι σήμερα τουλάχιστο δεν είναι γνωστοί) για την επιβίωσή τους σε τέτοιες ακραίες φυσικοχημικές συνθήκες.

Ένας άλλος προβληματισμός που παράλληλα προκύπτει με βάση τη γνώση για την μορφολογία και τη δυναμική του περιβάλλοντος στο βυθό στην περιοχή των Λεκανών αυτών, είναι το ενδεχόμενο οι βενθικοί οργανισμοί που βρέθηκαν να προέρχονται από ιζήματα ακριβώς έξω από την ανοξική ζώνη (δεδομένου ότι όπως διαπιστώθηκε η μετάβαση είναι απότομη από τη φυσιολογική περιοχή στην ανοξική), τα οποία με κινήσεις που προκαλούνται από τουρβιδικά ρεύματα να καταβυθίζονται προς το εσωτερικότερο τμήμα της λεκάνης. Με μια τέτοια διαδικασία, είναι δυνατό να παρασύρονται βενθικοί οργανισμοί των γύρω ιζημάτων και να «διατηρούνται» μέσα στο ιζημα εντός της ανοξικής ζώνης των λεκανών αυτών (σχ. 4.2).

4.5 Απόκριση των τρηματοφόρων στις μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών κατά την περίοδο του Ολοκαίνου

Κατά το τέλος του Πλειστοκαίνου και την περίοδο του Ολοκαίνου (σχ. 4.3), συνέβησαν σημαντικές περιβαλλοντικές αλλαγές στην Ανατολική Μεσόγειο, με άμεση επίδραση στις επικρατούσες συνθήκες, στην ιζηματολογία, τις φυσικοχημικές συνθήκες και στη σύνθεση των βιοκοινωνιών του βενθικού



Σχ. 4.3: Γεωχρονολογική διαίρεση περιόδων και εποχών κατά τον Καινοζωικό Αιώνα

οικοσυστήματος. Η εναλλαγή περιόδων φυσιολογικών συνθηκών ιζηματογένεσης βαθιάς θάλασσας και περιόδων ανοξίας, αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά που συνθέτουν την ιστορία της λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου. Αυτή ακριβώς η διαδοχή στις περιβαλλοντικές συνθήκες που σχετίζεται άμεσα με παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η αλατότητα, τα επίπεδα οξυγόνου, η παραγωγικότητα και η ροή θρεπτικών υλικών στο θαλάσσιο περιβάλλον αντικατοπτρίζεται άριστα στα ιζήματα του πυθμένα με την εναλλαγή διαφορετικών ιζημάτων, με χαρακτηριστικές τις ακολουθίες των ιζημάτων σαπροπηλών. Τελευταίος γεωχρονολογικά αποτέθηκε ο σαπροπηλός S1, κατά την περίοδο του Ολοκαίνου(0,001εκ. χρόνια πριν).

Από την άλλη μεριά, η άριστη ικανότητα απολίθωσης που διαθέτουν τα τρηματοφόρα σκληρού κελύφους μέσα στα ιζήματα, προσφέρει τη μοναδική ικανότητα μελέτης των εναλλαγών στη σύνθεση και τη δομή των θανατοκοινωνιών των τρηματοφόρων, εναλλαγές οι οποίες αποτυπώνουν ουσιαστικά τις μεταβολές στις φυσικοχημικές συνθήκες που επικρατούσαν σε κάθε χρονική (γεωλογικά) περίοδο στο βυθό. Η μελέτη της κατανομής και της οικολογίας των τρηματοφόρων σε διαφορετικά θαλάσσια περιβάλλοντα, παρέχει κατά κάποιο τρόπο μια «βάση δεδομένων» για τα διαφορετικά περιβάλλοντα με βάση την απόκριση των διαφορετικών ειδών και επομένως τη δυνατότητα συγκρίσεων και εξαγωγής χρήσιμων οικολογικών συμπερασμάτων. Αυτό είναι εφικτό, δεδομένου του ότι τα περισσότερα είδη από τα τρηματοφόρα παρουσιάζουν μεν μεγάλη γεωλογική εξάπλωση, έχουν όμως διαφορετικές οικολογικές απαιτήσεις και έτσι εξαρτώνται άμεσα από τις ιζηματογενείς φάσεις που διαβιούν και οι οποίες υποδηλώνουν συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες (Murray 1991). Ένα άλλο, σημαντικό πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι η παλαιοοικολογική προσέγγιση ενός περιβάλλοντος με βάση τις θανατοκοινωνίες των τρηματοφόρων και τις αποκρίσεις των ειδών στις επικρατούσες συνθήκες, αφορά στο περιβάλλον κατά το γεωλογικό παρελθόν, δηλαδή πριν ακόμα και από την οποιαδήποτε ανθρωπογενή επέμβαση η οποία επιπρόσθετα ασκεί επίδραση στην κατάσταση των οικοσυστημάτων σε πολλές περιπτώσεις. Η μείωση στη συγκέντρωση του οξυγόνου στο βενθικό περιβάλλον έως και η ανοξία, καθώς και οι εναλλαγές στην περιεκτικότητα των ιζημάτων σε οργανική ύλη έχουν άμεση επίδραση στη σύνθεση και ποικιλότητα της βιοκοινωνίας, που οδηγεί σε σημαντικές αλλαγές στις βιολογικές παραμέτρους

όπως είναι η ολική αφθονία, ο αριθμός των ειδών και η σχετική αφθονία του κάθε είδους.

Ο στόχος στα πλαίσια της διατριβής, ήταν ακριβώς η παλαιοοικολογική προσέγγιση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές στις φυσικοχημικές συνθήκες στο βυθό της Ανατολικής Μεσογείου κατά το Ολόκαινο, όπως αυτές αποτυπώθηκαν στην ακολουθία ιζημάτων που αποτέθηκαν αυτή την περίοδο, και που περιέχουν και την ακολουθία των στρωμάτων πριν, κατά και μετά την απόθεση του νεότερου γεωλογικά σαπροπηλού (S1). Επιπλέον στοιχείο, συγκριτικά με προηγούμενες εργασίες, αποτέλεσε το ότι συμπεριλήφθησαν και άτομα μεγέθους μέχρι και 38μm, σε αντίθεση με άλλες εργασίες που έχουν χρησιμοποιήσει ως μικρότερο όριο τα 63 μm, για την πληρέστερη εικόνα της βιοκοινωνίας.

Η μελέτη και των τριών πυρήνων ιζήματος είναι σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες σχετικά με τις σημαντικές αλλαγές στη θανατοκοινωνία στα στρώματα πριν, κατά και μετά την απόθεση του σαπροπηλού. Βασικό χαρακτηριστικό αποτελεί η σημαντική μείωση του συνολικού αριθμού των τρηματοφόρων (Benthic Foraminiferal Number) κατά την έναρξη της ανοξικής περιόδου και το σχηματισμό του σαπροπηλού S1, σε συνδυασμό με την αύξηση και πάλι του αριθμού μετά το τέλος του ανοξικού γεγονότος. Ο αυξημένος αριθμός τρηματοφόρων ακριβώς πριν ή κατά την έναρξη απόθεσης του σαπροπηλού συνδέεται άμεσα με την υψηλή συγκέντρωση της οργανικής ύλης στο ίζημα κατά τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των τρηματοφόρων. Η μετέπειτα όμως ανοξία που χαρακτηρίζει την επόμενη χρονικά περίοδο οδηγεί σε συνθήκες μη ευνοϊκές για την περαιτέρω επιβίωση της βιοκοινωνίας, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των ατόμων.

Ανάλογες μεταβολές εμφανίζει και ο αριθμός των γενών, με χαρακτηριστική τη μείωσή του κατά την περίοδο της ανοξίας, μέσα στα στρώματα του σαπροπηλού. Όπως προέκυψε από την ανάλυση των γενών των τρηματοφόρων, οι εξής τύποι θανατοκοινωνιών βρέθηκαν να εναλλάσσονται σε σχέση με τις μεταβολές στις επικρατούσες συνθήκες:

- η θανατοκοινωνία πριν την έναρξη της ανοξικής περιόδου δηλ. πριν την απόθεση των σαπροπηλικών ιζημάτων, με χαρακτηριστική την παρουσία του γένους *Gyroidina*
- η θανατοκοινωνία που χαρακτηρίζει την περίοδο της ανοξίας, εντός του σαπροπηλού, και η οποία όταν εμφανίζεται (γιατί υπάρχουν και στρώματα πλήρους απουσίας βενθικών τρηματοφόρων) παρουσιάζει μικρή ποικιλότητα γενών σε σχέση με τα άλλα στρώματα, και κυριαρχείται από τα γένη *Bolivina*, *Fursenkoina*. Ειδικά το γένος *Bolivina* σε κάποιες περιπτώσεις μονοπωλεί τη θανατοκοινωνία.
- η θανατοκοινωνία μετά το τέλος της ανοξικής περιόδου, στα ιζήματα που αποτέθηκαν μετά το σαπροπηλό S1. Η δομή της χαρακτηρίζεται από τα γένη *Melonis*, *Articulina*, *Oridorsalis*, *Gyroidina* και *Eponides*.

Τα παραπάνω αντικατοπτρίζονται και στα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του συνόλου των γενών με τον δείκτη πανιδικής ομοιότητας Bray-Curtis (Κεφ.3.8, βλ. και σχ. 3.8.6).

Προηγούμενες μελέτες έχουν ήδη βρει την ύπαρξη τέτοιου είδους εναλλαγών, περιγράφοντας διαφορές στη σύνθεση της βιοκοινωνίας μεταξύ των διαφόρων στρωμάτων ιζήματος και κυρίως πριν, μετά και κατά την απόθεση των σαπροπηλικών ιζημάτων (Oggioni & Zandini 1987, Nolet & Corliss 1990, Vismara-Schilling & Coulbourn 1991). Τόσο τα αποτελέσματα της διατριβής όσο και αυτά προηγούμενων εργασιών συγκλίνουν στο συμπέρασμα πως η ανοξία, ως χαρακτηριστικό φαινόμενο του Ολοκαίνου στην Ανατολική Μεσόγειο, είχε μία καθαρά αρνητική επίδραση στην βιοκοινωνία των τρηματοφόρων.

Αν και οι διάφορες εργασίες δεν είναι συχνά εύκολο να συγκριθούν λόγω των διαφορετικών σε χρήση μεγεθών κοσκίων, εντούτοις είναι φανερή η ανάπτυξη συγκεκριμένων ειδών πριν ή μετά το φαινόμενο της ανοξίας, και άλλων κατά την έναρξη των ανοξικών συνθηκών, αλλά σε πολύ μικρό αριθμό και με ελάχιστο αριθμό ατόμων. Πριν και μετά το ανοξικό γεγονός, η βιοκοινωνία με την μεγαλύτερη ποικιλότητα αντανακλά την απόκριση στις ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες. Γένη όπως τα *Articulina*, *Eponides*, *Gyroidina* έχουν αναφερθεί ως τυπικά στρωμάτων εκτός του σαπροπηλού

(Vismara-Schilling & Coulbourn 1991). Τα γένη αυτά εξάλλου είναι ευρέως διαδεδομένα και στη σύγχρονη πανίδα της Μεσογείου, σε επιφανειακά ιζήματα στη βαθιά θάλασσα (Parker 1958, Murray 1991). Αντίθετα, η επικράτηση γενών περισσότερο ανθεκτικών σε μικρές συγκεντρώσεις οξυγόνου όπως τα *Bolivina*, *Fursenkoina*, σχετίζεται άμεσα με την περίοδο των ανοξικών συνθηκών κατά το σχηματισμό του σαπροπηλού. Τα γένη αυτά δεν αποτελούν τυπικούς αντιπροσώπους της σύγχρονης πανίδας, συνδέονται δε άμεσα με την επικράτηση χαμηλών συγκεντρώσεων οξυγόνου, ως περισσότερο ανθεκτικά σε τέτοιου είδους συνθήκες (Corliss & Emerson 1990, Moodley *et al.* 1997)

Το γεγονός της βαθμιαίας μετάβασης από τον ένα τύπο θανατοκοινωνίας στον άλλο, δεδομένου ότι βρέθηκαν γένη χαρακτηριστικά του ενός τύπου να υπάρχουν και σε στρώματα ιζήματος μεταβατικά προς διαφορετικό τύπο θανατοκοινωνίας, υποδηλώνει τη βαθμιαία μεταβολή στις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες. Όσον αφορά στη σύνθεση της σύγχρονης βιοκοινωνίας στα ανώτερα επιφανειακά στρώματα, αυτή είναι τυπική του ολιγοτροφικού περιβάλλοντος της Ανατολικής Μεσογείου.

4.6 Σύνθεση - μελλοντικές προοπτικές

Η βιογεωγραφική κατανομή, η δυναμική και η οικολογία των βενθικών τρηματοφόρων μελετάται ολοένα και πιο εκτεταμένα την τελευταία δεκαετία. Βασικό λόγο γι' αυτό αποτελεί ο συνδυασμός των παρακάτω παραγόντων:

- το γεγονός ότι τα τρηματοφόρα αποτελούν μία βασική συνιστώσα του μειοβένθους και επομένως δεν θα μπορούσαν να εξαιρεθούν από τις σχετικές μελέτες
- η σαφής και άμεσα αντιληπτή απόκριση των διαφόρων ειδών στις μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών
- η χημική αλλά και βιολογική αξία των βενθικών τρηματοφόρων στην ερμηνεία των περιβαλλοντικών μεταβολών στη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου, με την άριστη διατήρηση των απολιθωμένων μορφών μέσα στα θαλάσσια ιζήματα.

Εντούτοις, δεν είναι ακόμα πλήρως γνωστός ο ακριβής μηχανισμός με τον οποίο οι περιβαλλοντικοί παράγοντες καθορίζουν ακριβώς την κατανομή της βιοκοινωνίας, δεδομένου ότι τα είδη ανταποκρίνονται διαφορετικά στις όποιες μεταβολές και επηρεάζονται με διαφορετικό βαθμό και τρόπο από τις αβιοτικές και βιοτικές παραμέτρους στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Σε γενικές γραμμές, η κατανομή των βενθικών τρηματοφόρων στη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη της Ανατολικής Μεσογείου, φαίνεται να συγκλίνει με αυτή των ομάδων των μειοβενθικών μεταζώων. Κύριο χαρακτηριστικό αποτελεί η άμεση εξάρτηση της βιοκοινωνίας από τη διαθέσιμη τροφή στο βυθό, που όπως φαίνεται αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα για το έντονα ολιγοτροφικό περιβάλλον της Ανατολικής Μεσογείου. Οι χωρικές μεταβολές στις συγκεντρώσεις των χλωροπλαστικών χρωστικών στα επιφανειακά ιζήματα ευθύνονται για τις όποιες μεταβολές στα επίπεδα της αφθονίας των τρηματοφόρων και των μειοβενθικών μεταζώων, γεγονός που αντανακλάται ξεκάθαρα στη σαφή μείωση της αφθονίας κατά τη μετάβαση προς την αβυσσική ζώνη, αλλά και στην απότομη μείωση προς τα βαθύτερα στρώματα του ιζήματος.

Παρά τη γενική ομοιομορφία που θα περίμενε κανείς ειδικά στην αβυσσική ζώνη, οι ιδιομορφίες των επιμέρους περιοχών της Λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου δημιουργούν μια πολυπλοκότητα στο χώρο, που εκφράζεται όχι μόνο με τις μεταβολές στις περιβαλλοντικές παραμέτρους, αλλά και στην κατανομή των τρηματοφόρων και τη γεωγραφική εξάπλωση των διαφορετικών ειδών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι αβυσσικές Λεκάνες της Πελοποννήσου και Ιεράπετρας, καθώς και οι Αβυσσικές Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας. Οι περιοχές αυτές ουσιαστικά αποτελούν εντυπωσιακές εξαιρέσεις του σταθερού περιβάλλοντος της αβυσσικής ζώνης. Στην πρώτη περίπτωση, οι εποχιακές καταβυθίσεις οργανικής ύλης προς τα βαθύτερα σημεία των λεκανών δίνουν σημαντική ώθηση στη διαθέσιμη για τους βενθικούς οργανισμούς τροφή στο ίζημα με αποτέλεσμα την άμεση απόκρισή τους. Όσον αφορά στις Αβυσσικές Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας, αυτές ουσιαστικά αποτελούν ακραία περιβάλλοντα που διακόπτουν τη φυσιολογική και τυπική εικόνα της βαθιάς θάλασσας και χαρακτηρίζονται από τη δική τους δυναμική και ρόλο στην αβυσσική ζώνη.

Η σαφής απόκριση των βενθικών τρηματοφόρων αφενός στις χωρικές μεταβολές των αβιοτικών παραμέτρων του θαλάσσιου περιβάλλοντος και αφετέρου στις περιβαλλοντικές αλλαγές στη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου δίδει ουσιαστικά ένα σημαντικό πλεονέκτημα σ' αυτούς τους οργανισμούς, δεδομένου ότι αντανακλούν πλήρως τόσο το σύγχρονο όσο και το παλαιο-περιβάλλον. Στην απλούστερη περίπτωση παλαιοοικολογικές προσεγγίσεις μπορούν να βασιστούν απλά και μόνο στην παρουσία, απουσία σχετική ή απόλυτη αφθονία συγκεκριμένων ειδών τρηματοφόρων – δεικτών. Σε συνθετότερες περιπτώσεις έρευνας, αξιοποιούνται οι αποκρίσεις τυπικών ειδών συγκεκριμένων συνθηκών του παλαιο-περιβάλλοντος, σε συνδυασμό με τη σύγχρονη βιογεωγραφία των ειδών σε συγκεκριμένους οικοτόπους.

Ωστόσο, στο μέλλον αναμένεται να απαντηθούν πολλά ακόμα από τα ερωτήματα σχετικά με τον οικολογικό ρόλο των τρηματοφόρων στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Η γνώση για τη γεωγραφική εξάπλωση των ειδών ιδιαίτερα στη Μεσόγειο θα πρέπει να εμπλουτιστεί ειδικά στην αβυσσική ζώνη, κυρίως για είδη που ακόμα σήμερα δεν έχουν πλήρως περιγραφεί όπως τα είδη με μαλακό πρωτεϊνούχο κέλυφος για τα οποία η πληροφορία ως προς τη συστηματική τους ταξινόμηση είναι ελάχιστη. Η περαιτέρω διερεύνηση των μηχανισμών που αναπτύσσουν τα τρηματοφόρα και που τα καθιστούν ικανά να επιβιώνουν σε δυσμενείς συνθήκες θα απαντήσει αρκετά ερωτήματα σχετικά με την εμφάνισή τους σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως αυτές των Αβυσσικών Ανοξικών Λεκανών. Συγχρόνως, αν τα παραπάνω συνδυαστούν και με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από πλήθος εργασιών που μελετούν την απόκριση της βιοκοινωνίας στις μεταβολές του περιβάλλοντος που έχουν λάβει χώρα κατά το γεωλογικό παρελθόν, τα τρηματοφόρα μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο στο χώρο της οικολογίας και της μελέτης του περιβάλλοντος, εν όψη και των σημαντικών περιβαλλοντικών αλλαγών που αναμένονται.

Συμπεράσματα

1. Τα βενθικά τρηματοφόρα αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι του μειοβένθους στη βαθιά θάλασσα. Είναι η δεύτερη σε αφθονία ομάδα μετά τους νηματώδεις, και ακολουθούν τα αρπακτικοειδή κωπήποδα και οι ναύπλιοι των κωπηπόδων. Η συμμετοχή των βενθικών τρηματοφόρων είναι σημαντικότερη στην αβυσσική ζώνη, όπου βρέθηκε ότι φτάνει μέχρι και το 54% του συνόλου του μειοβένθους. Η μελέτη των τρηματοφόρων είναι αναγκαία για την ολοκληρωμένη ανάλυση της μειοβενθικής βιοκοινωνίας, τόσο από άποψη βιογεωγραφίας όσο και οικολογίας.
2. Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής γίνεται για πρώτη ουσιαστικά φορά για την βαθύαλη και αβυσσική ζώνη της Ανατολικής Μεσογείου αναφορά στα είδη μαλακού κελύφους που ανήκουν στην οικογένεια Allogromiidae. Τα αποτελέσματα της διατριβής έδειξαν πως η οικογένεια αυτή αποτελεί ένα κύριο τμήμα της βιοκοινωνίας των βενθικών τρηματοφόρων, και σε κάποιες περιπτώσεις –στην αβυσσική ζώνη- σε υψηλό ποσοστό, μέχρι και το 100% της ολικής βιοκοινωνίας. Συνολικά στη βαθύαλη και στην αβυσσική ζώνη αναγνωρίστηκαν 14 διαφορετικά είδη της οικογένειας αυτής.
3. Η αφθονία των τρηματοφόρων και των ομάδων των μεταζώων χαρακτηρίζεται από σημαντική μείωση στην αβυσσική ζώνη σε σχέση με τη βαθύαλη. Χαρακτηριστικές είναι οι ελάχιστες τιμές αφθονίας που καταμετρήθηκαν σε κάποιους από τους σταθμούς της αβυσσικής ζώνης, μόλις 1 άτομο τρηματοφόρου σε 10 τετραγωνικά εκατοστά ιζήματος. Παράλληλα η αβυσσική ζώνη χαρακτηρίζεται και από μείωση στον αριθμό των ειδών και στην ποικιλότητα της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων.

4. Στη βαθύαλη ζώνη, τόσο η ολική όσο και οι επιμέρους αφθονίες των μειοβενθικών ομάδων συμπεριλαμβανομένων και αυτής των τρηματοφόρων, συσχετίζονται σημαντικά με τη διαθέσιμη τροφή στο ιζήμα. Κατά κανόνα οι αφθονίες των κυριότερων ομάδων συσχετίζονται ισχυρά με τη χλωροφύλλη a ή το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών. Η αφθονία των αρπακτικοειδών κωπηπόδων και των νημερτίων συσχετίζεται θετικά με τον οργανικό άνθρακα του ιζήματος. Στην αβυσσική ζώνη όπου γενικά οι αφθονίες των μειοβενθικών ομάδων είναι πολύ μικρές έως ελάχιστες, δεν βρέθηκε μία σαφής ισχυρή συσχέτιση με τις φυσικοχημικές παραμέτρους του ιζήματος.
5. Στη βαθύαλη ζώνη, ο λόγος chl a /CPE εξηγεί καλύτερα τη δομή της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων. Στην αβυσσική ζώνη, βρέθηκε ότι ο συνδυασμός τριών παραμέτρων και συγκεκριμένα: το βάθος, ο λόγος chl a /CPE και ο οργανικός άνθρακας του ιζήματος ερμηνεύουν καλύτερα τη σύνθεση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων.
6. Η αφθονία των τρηματοφόρων και των ομάδων των μεταζώων μειώνεται σε συνάρτηση με το βάθος του ιζήματος, ως αποτέλεσμα της μείωσης της διαθέσιμης τροφής στα βαθύτερα σημεία του ιζήματος. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στην αβυσσική ζώνη, όπου σε κάποιες περιπτώσεις καταμετρήθηκαν μειοβενθικοί οργανισμοί μόνο στο επιφανειακό μισό εκατοστό του ιζήματος.
7. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτή τη διατριβή επιβεβαιώνουν την άποψη για τον έντονα ολιγοτροφικό χαρακτήρα του Κρητικού Πελάγους, που χαρακτηρίζεται από χαμηλές αφθονίες μειοβενθικών ομάδων, σε σύγκριση με τις βορειότερες περιοχές του Αιγαίου Πελάγους. Στα επιφανειακά ιζήματα του Κρητικού Πελάγους, οι συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα και αζώτου αλλά και χλωροπλαστικών χρωστικών είναι μικρές, με αποτέλεσμα τη μικρή διαθεσιμότητα σε τροφή στο ιζήμα. Οι υψηλότερες αφθονίες που χαρακτηρίζουν την περιοχή της Λεκάνης των Σποράδων, οφείλονται στην εισροή επιφανειακών πλούσιων σε

θρεπτικά νερών από τη Μαύρη Θάλασσα και από τις εκροές ποταμών που εκβάλλουν στις βόρειες ακτές.

8. Τα αποτελέσματα της διατριβής αυτής ενισχύουν την άποψη για τον ολιγοτροφικό χαρακτήρα του Ιονίου Πελάγους, τόσο στο Δυτικό όσο και στο Ανατολικό του τμήμα. Η χαρακτηριστική όμως υδρολογία και κυκλοφορία των υδάτινων μαζών στο Δυτικό Ιόνιο Πέλαγος κάνουν πιο σύνθετη την κατανομή των θρεπτικών και του φυτοπλαγκτού και επομένως τις μεταβολές της παραγωγικότητας. Οι χαμηλές αφθονίες σε βάθος 600m είναι ενδεικτικές του ολιγοτροφισμού. Εντούτοις η αύξηση στη συγκέντρωση των θρεπτικών σε βάθος 800-1500m οδηγεί σε αύξηση των συγκεντρώσεων των χλωροπλαστικών χρωστικών στο ίζημα και επομένως στη διαθέσιμη για το μειοβένθος τροφή, και κατ' επέκταση στην αύξηση των επιπέδων της αφθονίας.
9. Η Λεκάνη της Πελοποννήσου, αν και ο βαθύτερος σταθμός που μελετήθηκε στην αβυσσική ζώνη, αποτελεί εντυπωσιακή εξαίρεση σχετικά με τα επίπεδα της αφθονίας των ομάδων. Η υψηλή αφθονία του μειοβένθους και των επιμέρους ομάδων συμπεριλαμβανομένης και αυτής των τρηματοφόρων, υποδεικνύουν το ρόλο τέτοιων λεκανών ως φυσικές ιζηματοπαγίδες οργανικής ύλης που καθιζάνει από τα ανώτερα στρώματα της στήλης του νερού ή που κατακρημνίζεται από τα γειτονικά πρηνή και την υφαλοκρηπίδα. Στη Λεκάνη αυτή βρέθηκε να κυριαρχεί το είδος *Articulina tubulosa*.
10. Εκτός από την ποσότητα, και η ποιότητα της διαθέσιμης τροφής είναι σημαντική για την ανάπτυξη του μειοβένθους στη βαθιά θάλασσα. Κάτι τέτοιο είναι εμφανές στη Λεκάνη της Ιεράπετρας. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο έχει παρατηρηθεί σημαντική ροή οργανικής ύλης προς τα βαθύτερα σημεία της Λεκάνης. Εντούτοις κατά την περίοδο του χειμώνα, οργανική ύλη του ιζήματος αν και σε υψηλές ακόμα συγκεντρώσεις αποτελείται κατά κανόνα από ουσίες δύσκολα διασπώμενες και αφομοιούμενες από τους οργανισμούς, με αποτέλεσμα τα επίπεδα των αφθονιών των μειοβενθικών ομάδων να παραμένουν χαμηλά.

11. Στα ιζήματα της ανοξικής ζώνης των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας μέχρι και αρκετά εκατοστά βάθος, μετρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον υψηλό αριθμό πλαγκτονικών οργανισμών που καταμετρήθηκαν μέσα στην ανοξική ζώνη, ενισχύει την άποψη για το ρόλο των Λεκανών αυτών ως παγίδες καθιζάνουσας οργανικής ύλης και πλαγκτού που έλκεται, παγιδεύεται και πεθαίνει μέσα στα βαθύτερα τμήματα των λεκανών αυτών.
12. Μέσα στην ανοξική ζώνη των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας βρέθηκαν αρκετά άτομα βενθικών οργανισμών όπως δίθυρα και γαστερόποδα μαλάκια, τρηματοφόρα, νηματώδεις, για πολλά είδη από τα οποία είναι γνωστό στη βιβλιογραφία ότι μπορούν και επιζούν σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου. Εντούτοις, δεν είναι γνωστοί οι μηχανισμοί που μπορούν ενδεχομένως και αναπτύσσουν ώστε να μπορούν να επιζούν σε τέτοια ακραία περιβάλλοντα. Κάτι τέτοιο αναμένεται να απαντηθεί στο μέλλον.
13. Η διατριβή ευτή έδειξε πως η βιοκοινωνία των τρηματοφόρων παρουσιάζει σαφή απόκριση όχι μόνο στις σύγχρονες περιβαλλοντικές αλλαγές μικρής κλίμακας αλλά και κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου. Κατά την περίοδο του Τεταρτογενούς το θαλάσσιο περιβάλλον της Ανατολικής Μεσογείου χαρακτηρίζεται από σημαντικές μεταβολές στην παραγωγικότητα που σχετίζονται και με αλλαγές στην ιζηματοπόθεση των στρωματογραφικών φάσεων και την επικράτηση γεγονότων ανοξίας, σε εναλλαγή με τις φυσιολογικές συνθήκες ιζηματογένεσης στη βαθιά θάλασσα. Η θανατοκοινωνία των τρηματοφόρων που είναι διατηρημένη μέσα στα εναλασσόμενα φυσιολογικά ιζήματα βαθιάς θάλασσας και ιζήματα του νεότερου σαπροπηλού S1, παρουσιάζει σαφείς μεταβολές στον αριθμό των ατόμων αλλά και στην ποικικιότητα πριν, κατά και μετά το ανοξικό γεγονός. Χαρακτηριστική είναι η μετάβαση από την τυπική βιοκοινωνία βαθιάς

θάλασσας σε βιοκοινωνία που κυριαρχείται από είδη περισσότερο ανθεκτικά προς τις χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου, ακολουθούμενη και πάλι από την τυπική βιοκοινωνία βαθιάς θάλασσας μετά το τέλος του ανοξικού γεγονότος.

14. Η μελέτη της εξάπλωσης των σύγχρονων βενθικών τρηματοφόρων σε συνδυασμό με την ανάλυση των θανατοκοινωνιών όπως αυτές διατηρούνται άριστα στα υποκείμενα των σημερινών θαλάσσια ιζήματα, αποτελεί ένα άριστο εργαλείο οικολογικής έρευνας. Η παλαιοοικολογική προσέγγιση των περιβαλλοντικών συνθηκών σε σχέση και με τις σύγχρονες επικρατούσες συνθήκες και την απόκριση των βιοκοινωνιών φαίνεται να διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα. Το γεγονός αυτό επιτρέπει την εξαγωγή συγκριτικών οικολογικών συμπερασμάτων που σχετίζονται άμεσα και με την εξέλιξη των οικοσυστημάτων και τις μεγάλης κλίμακας αλλαγές που αναμένονται να επέλθουν στο περιβάλλον.

Περίληψη

Για την οικολογική μελέτη του μειοβένθους και ειδικότερα των τρηματοφόρων στη βαθύαλη και αβυσσική ζώνη της Ανατολικής Μεσογείου, ελήφθησαν δείγματα ιζήματος από ένα ευρύ πλέγμα δειγματοληπτικών σταθμών, από 582m μέχρι 4617m βάθος. Οι σταθμοί δειγματοληψίας που επιλέχθησαν αντανακλούν τις αβιοτικές παραμέτρους καθώς και τα ιδιάζοντα χαρακτηριστικά της περιοχής έρευνας (ποικιλία βαθυμετρίας, ολιγοτροφισμός, ακραίες φυσικοχημικές συνθήκες).

Στη βαθύαλη ζώνη, αναλύθηκαν δείγματα από τη Λεκάνη των Σποράδων (1221-1250m) και το Κρητικό Πέλαγος (1840m), από το Δυτικό και το Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος (582-1735m). Στην αβυσσική ζώνη, ελήφθησαν δείγματα κατά μήκος διατομής σταθμών από την Κεντρική προς την Ανατολική Μεσόγειο (2714-4000m), από τις Λεκάνες της Πελοποννήσου (4617m) και Ιεράπετρας (4157-4261m) καθώς και από τη φυσιολογική και ανοξική ζώνη των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας Discovery, L' Atalante, Urania και Bannock (3080-3522m). Παράλληλα, μελετήθηκαν τρεις σταθμοί στην Ανατολική Μεσόγειο (1560-2765m) τα ιζήματα των οποίων περιέχουν το νεότερο σαπροπηλό S1 και τα στρώματα πριν και μετά την απόθεση του S1.

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με δειγματολήπτη multi corer και box corer, απ' όπου έγιναν υποδειγματοληψίες ιζήματος για αναλύσεις των φυσικοχημικών και ιζηματολογικών παραμέτρων του ιζήματος καθώς και για τις πανιδικές αναλύσεις (μεταζώων και τρηματοφόρων). Η βιοκοινωνία των τρηματοφόρων αναλύθηκε σε επίπεδο γένους ή και είδους.

Τα τρηματοφόρα βρέθηκε ότι αποτελούν τη δεύτερη σε αφθονία ομάδα μετά τους νηματώδεις, ενώ ακολουθούν τα αρπακτικοειδή κωπήποδα και οι ναύπλιοι των κωπηπόδων. Σημαντικότερη είναι η συμμετοχή των τρηματοφόρων στην αβυσσική ζώνη (μέχρι και το 54% της ολικής μειοβενθικής αφθονίας). Η αφθονία των τρηματοφόρων και των ομάδων των μεταζώων χαρακτηρίζεται από σημαντική μείωση στην αβυσσική ζώνη σε σχέση με τη βαθύαλη, ενώ σημαντικά μικρότερος είναι επίσης ο αριθμός των ειδών και η ποικιλότητα της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων. Η ποσότητα και η ποιότητα της διαθέσιμης τροφής στο ίζημα είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει τη σύνθεση

και τη δομή της βιοκοινωνίας στη βαθύαλη ζώνη και στη φυσιολογική περιοχή εκτός των Ανοξικών Λεκανών στην αβυσσική ζώνη.

Στο Αιγαίο Πέλαγος, οι χαμηλότερες τιμές αφθονίας στο Κρητικό Πέλαγος σε σχέση με τη Λεκάνη των Σποράδων επιβεβαιώνουν τον ολιγοτροφικό χαρακτήρα του Κρητικού Πελάγους σε αντίθεση με τους βορειότερους σταθμούς που επηρεάζονται από την εισροή πλούσιων σε θρεπτικά νερών από τη Μαύρη Θάλασσα. Στο Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος καθώς και στο σταθμό των 600m στο Δυτικό οι χαμηλές τιμές αφθονίας ενισχύουν την άποψη για τον ολιγοτροφικό χαρακτήρα του Ιονίου Πελάγους, όμως η αύξηση που παρουσιάζουν στους σταθμούς των 800-1500m είναι ενδεικτική των αυξημένων συγκεντρώσεων θρεπτικών στη στήλη του νερού στο βάθος αυτό.

Η Λεκάνη της Πελοποννήσου αποτελεί εντυπωσιακή εξαίρεση στα χαμηλά επίπεδα της αφθονίας των μειοβενθικών ομάδων στην αβυσσική ζώνη, και χαρακτηρίζεται από σημαντικά υψηλές αφθονίες των ομάδων, και με την επικράτηση του είδους *Articulina tubulosa*. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την αύξηση στις συγκεντρώσεις των χλωροπλαστικών χρωστικών υποδηλώνει το ρόλο τέτοιων αβυσσικών λεκανών ως φυσικές ιζηματοπαγίδες καθιζάνουσας οργανικής ύλης. Ανάλογος φαίνεται να είναι και ο ρόλος των Βαθιών Ανοξικών Λεκανών Υψηλής Αλατότητας, όπως φαίνεται και από τις πολύ υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα στα ιζήματα καθώς και από το σημαντικό αριθμό πλαγκτονικών οργανισμών που καταμετρήθηκαν μέσα στα ιζήματα της ανοξικής ζώνης. Στην ανοξική ζώνη των λεκανών αυτών βρέθηκαν αρκετά άτομα βενθικών οργανισμών όπως δίθυρα και γαστερόποδα μαλάκια, τρηματοφόρα, νηματώδεις, εντούτοις δεν είναι γνωστοί οι μηχανισμοί που μπορούν ενδεχομένως και αναπτύσσουν ώστε να επιβιώνουν σε τέτοια ακραία περιβάλλοντα.

Από την ανάλυση της θανατοκοινωνίας των τρηματοφόρων που είναι διατηρημένη μέσα στα εναλασσόμενα φυσιολογικά ιζήματα βαθιάς θάλασσας και ιζήματα του νεότερου σαπροπηλού S1, προέκυψαν σαφείς μεταβολές στον αριθμό των ατόμων αλλά και στην ποικιλότητα πριν, κατά και μετά το ανοξικό γεγονός. Χαρακτηριστική είναι η μετάβαση από την τυπική βιοκοινωνία βαθιάς θάλασσας σε βιοκοινωνία που κυριαρχείται από είδη περισσότερο ανθεκτικά προς τις χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου, ακολουθούμενη και πάλι από την τυπική βιοκοινωνία βαθιάς θάλασσας μετά το τέλος του ανοξικού γεγονότος.

Abstract

In order to study the ecology of meiobenthos with special reference to foraminifera at the bathyal and abyssal zone of the Eastern Mediterranean Sea, sediment samples were collected from a wide range of sampling stations, from 582m to 4617m depth. Sampling stations were indicative of the abiotic parameters and the specific characteristics of the study area (variety in depths, oligotrophic environment, extreme environmental conditions).

At the bathyal zone, the analysed samples were collected at the Sporades Basin (1221-1250m) and the Cretan Sea (1840m), as well as at the West and the East Ionian Sea (582-1735m depth).

At the abyssal zone, sampling stations were established along a transect from the Central to the Eastern Basin (2714-4000m) as well as at the Peloponnese (4617m) and Ierapetra Basin (4157-4261m). In addition, abyssal samples were also collected from both the anoxic zone and the area outside the influence of the brines at the Deep Hypersaline Anoxic Basins Discovery, L' Atralante, Urania and Bannock (3080-3522m). Three more stations were studied at the eastern basin indicative of the sapropel S1 layer, proto-sapropel and post sapropel layers included.

Samples were collected using a multicorer or a box corer and were further subsampled for physicochemical and sedimentological analyses as well as for biological analysis (of both metazoa and foraminifera). Foraminifera were identified into species or genus level.

Benthic foraminifera were the second most abundant group after nematodes, followed by harpacticoid copepods and copepods nauplii. The contribution of foraminifera to the total meiobenthos was more important at the abyssal zone (up to 54% of the total meiobenthos). The foraminiferal abundance as well as the abundance of major metazoan groups were significantly decreased at the abyssal zone. The species number and diversity of the foraminiferal community were also decreased at the abyssal stations. The quantity and quality of the food available in the sediments was found to be the most important factor controlling the structure of the community at the bathyal zone, at all the stations at the abyssal zone, and outside the influence of the brines of the anoxic basins.

In the South Aegean Sea (Cretan Sea), low levels of abundance were recorded (compared to the northern stations) thus indicating the oligotrophic nature of the south, while the North Aegean is strongly influenced by the rich in nutrients waters coming from the Black Sea. In the East Ionian Sea and at 600m depth in the West Ionian Sea, low abundances of meiobenthic groups are also indicative of the oligotrophy that characterises the Ionian Sea.

The Peloponnese Basin, characterised by surprisingly high abundances compared to the other abyssal stations and coupled with high concentrations of chloroplastic pigments, verifies the role of such deep basins as natural traps for organic matter accumulated from the euphotic zone. Moreover, the high concentration of organic matter together with the increased numbers of planktonic individuals found in the anoxic zone of the Deep Hypersaline Anoxic Basins, further verifies the contention that some of these basins behave as natural sediment traps by accumulating sedimenting organic matter and decaying planktonic organisms. The results of the present study also indicate that all four Deep Hypersaline Anoxic Basins support, to a different extent, meiobenthic organisms such as bivalves, gastropods, foraminifera, nematodes. However, it is not so far known the specific adaptations they need in order to be able to survive at this kind of extreme environments, are not yet known.

From the analysis of the dead assemblages of benthic foraminifera (benthic foraminiferal number and the diversity) preserved before, during and after the deposition of the sapropel S1, it is evident that foraminiferal community showed a clear response before, during and after the anoxia event during the Holocene. The typical of the deep-sea foraminiferal community is changed to a community represented by species tolerant to low concentrations of oxygen, followed by the typical normal community characterising the deep sea of the Eastern Mediterranean Sea, after the anoxic event.

Βιβλιογραφία

- Altenbach AV (1992) Short term processes and patterns in the foraminiferal response to organic flux rates *Mar Micropaleont* 19: 119-129
- Anastasakis GC, Stanley DJ (1986) Uppermost sapropel, Eastern Mediterranean: paleoceanography and stagnation *Nat Geogr Res* 2(2): 179-197
- Anderson O R & J J Lee (1991) Cytology and fine structure In: *Biology of Foraminifera*, Lee & Anderson (eds), London Academic Press, 7-40
- Bernhard JM, Bowser SS (1999) Benthic foraminifera of dysoxic sediments: chloroplast sequestration and functional morphology. *Earth-Science Rev.* 46: 149-165
- Bernhard JM, Buck KR, Farmer MA, Bowser SS (2000) The Santa Barbara Basin is a symbiosis oasis *Nature* 403: 77-80
- Bernhard JM, Buck KR, Barry JP (2001) Monterey Bay cold-seep biota: Assemblages, abundance and ultrastructure of living foraminifera. *Deep Sea Res. I* 48: 2233-2249
- Boetius A, Scheibe S, Tselepides A, Thiel H, 1996 Microbial biomass and activities in deep-sea sediments of the Eastern Mediterranean: trenches are benthic hotspots *Deep Sea Res I* 43(9), 1439-1460
- Boldrin A, Miserocchi S, Rabitti S, Turchetto M M, Balboni V, and Socal, G (2002) Particulate matter in the southern Adriatic and Ionian Sea: characterisation and downward fluxes *J Mar Systems*, 33-34: 389-410

- Bouloubassi I, Rullkotter J, Meyers PA (1999) Origin and transformations of organic matter in Pliocene-Pleistocene Mediterranean sapropels: organic geochemical evidence reviewed. *Mar Geol.* 153: 177-197
- de Bovée, F, Guidi, LD, Soyer, J, 1990 Quantitative distribution of deep-sea meiobenthos in the northwestern mediterranean (Gulf of Lions) *Contin Shelf Res* 10, 1123-1145
- Bray RJ and Curtis JT (1957) An ordination of the unplant forest communities of southern Wisconsin *Ecol Monogr*, 27: 325-349
- Bregant D, Camerlenghi, A, Catalano G, Corselli C, McCoy, F W (1986) Preliminary results of physical and chemical characters of the Bacino Bannock Brines (Eastern Mediterranean) *Mem Soc Geol It*, 36: 145-151
- Briggs KB (1985) Deposit feeding by some deep sea megabenthos from the Venezuela Basin: selective or non selective. *Mar Ecol Progr Ser* 21: 127-134
- Buchanan JB (1984) Sediment Analysis In: NA Holme and AD McIntyre (eds), *Methods for the study of Marine Benthos* Blackwell, Oxford, pp 41-65
- Burd BJ, Thomson RE, Jameson GS (1992) Composition of a deep scattering layer overlying a mid-ocean ridge hydrothermal plume *Mar Biol* 113: 517-526
- Buscail R, Poklington R, Daumas R, Guidi L (1990) Fluxes and budget of organic matter in the benthic boundary layer over the North Western Mediterranean margin *Cont Shelf Res* 10, 1089-1122
- Camerlenghi A (1990) Anoxic basins of the eastern Mediterranean: geological framework *Mar Chem* 31:1-19
- Camerlenghi A & McCoy F W (1990) Physiography and structure of Bacino Bannock (Eastern Mediterranean) *Geo-Mar Letters* 10: 23-30

- Capotondi, L., A. M. Borsetti, (1999). Foraminiferal ecozones, a high resolution proxy for the late Quaternary biochronology in the central Mediterranean Sea. *Mar Geol* 153: 253-274
- Catalano G, de Lange GJ, Ruffini S (1996) La Brina del Bacino anossico "Urania" Caratteristiche e confronto con il Bacino "Bannock" (Mediterraneo Orientale Atti dell' 11o Congresso dell' Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia, Sorrento, 26-28 Ottobre 1994 G Albertelli, A De Maio & M Piccazzo (eds) 165-176
- Cimerman F & MR Langer (1991) Mediterranean foraminifera. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti. Classis IV: Historia Naturalis. Ljubljana
- Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure *Australian J Ecol* 18, 117-143
- Clarke KR & Ainsworth M (1993) A method of linking multivariate community structure to environmental variables *Mar Ecol Progr Ser* 92, 205-219
- Clarke KR & Green RH (1988) Statistical design and analysis for a "biological effects" study *Mar Ecol progr Ser* 46: 213-226
- Corliss BH & Emerson S (1990) Distribution of Rose Bengal stained deep-sea benthic foraminifera from the Nova Scotian continental margin and Gulf of Maine *Deep Sea Res* 37(3) 381-400
- Corselli C & D Basso (1996) First evidence of benthic communities based on chemosynthesis on the Napoli mud volcano (Eastern Mediterranean) *Mar Geol* 132: 227-239

- Corselli C & McCoy FW (1989) Sedimentation of organic matter, Bacino Bannock. In: M.B.Cita, A.Camerlenghi and C.Corselli (Editors), Anoxic Basins of the Eastern Mediterranean. Ric.Sci., Suppl., 72: 50-53.
- Coull B (1988) Ecology of the Marine meiofauna In: introduction to the study of meiofauna, Higgins & Thiel (eds), Smithsonian Inst Press, London
- Coull BC, Ellison RL, Fleeger JW, Higgins RP, Hope WD, Hummaon WD, Rieger RM, Stererr WE, Thiel H (1977) Quantitative estimates of the meiofauna from the deep sea of North Carolina. Mar Biol 39: 233-240
- Cramp A & G O' Sullivan (1999) Neogene sapropels in the Mediterranean: a review. Mar. Geol. 153: 11-28
- Danovaro R, Della Groce N, Eleftheriou A, Fabiano M, Papadopoulou N, Smith C, and Tselepides A (1995) Meiofauna of the deep Eastern Mediterranean Sea: distribution and abundance in relation to bacterial biomass, organic matter composition and other environmental factors Progr Oceanogr 36: 329-341
- Danovaro R, Dinet A, Duineveld G, and Tselepides A (1999a) Benthic response to particulate fluxes in different trophic environments: a comparison between the Gulf of Lions-Catalan Sea (western Mediterranean) and the Cretan Sea (eastern Mediterranean) Progr Oceanogr, 44: 287-312
- Danovaro R, Marrale D, Della Groce N, Parodi P, Fabiano M (1999b) Biochemical composition of sedimentary organic matter and bacterial distribution in the Aegean Sea: trophic state and pelagic-benthic coupling J Sea Res 42, 117-119
- Danovaro R, Gambi C, Della Croce N (2002) Meiofauna hotspot in the Atacama Trench, eastern South Pacific Ocean Deep Sea Res I 49, 843-857

- Danovaro R & Serresi M (2000) Viral density and virus to bacterium ratio in deep sea sediments of the Eastern Mediterranean *Applied Envir Microbiol* 66(5), 1857-1861
- Danovaro R, Tselepides A, Otegui A, Della Groce N, (2000) Dynamics of meiofaunal assemblages on the continental shelf and deep-sea sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean) relationships with seasonal changes in food supply *Progr Oceanogr*, 46: 367-400
- Dauwe B, Middelburg JJ, Herman PMJ (2001) Effect of oxygen on the degradability of organic matter in subtidal and intertidal sediments of the North Sea area *Mar Ecol Progr Ser* 215:13-22
- Dinet A (1972) Etude quantitative du meiobenthos dans le secteur nord de la mer Egee *Acta Adriatica* 18: 83-88
- Dugdale RC, Wilkerson FP (1988) Nutrient sources and primary production in the Eastern Mediterranean *Oceanol Acta* 9, 179-184
- Dujardin F (1845) Histoire naturelle de Helminthes ou vers intestinaux Roret Ed, Paris
- Erba E (1991) Deep mid-water bacterial mats from eastern Mediterranean anoxic basins. *Mar Geol* 100: 83-101
- Giard K (1904) Sur une faunule caracteristique des sables a Diatomees d'Ambletuese *Compte Rendu des Seances de la Societe de Biologie Paros* 56: 107-165
- Giere O (1993) *Meiobenthology The microscopic fauna in aquatic sediments* Springer - Verlag (pubs), Germany

- Giere O, Eleftheriou A & D J Murison (1988) Abiotic factors In: introduction to the study of meiofauna Higgins & Thiel (eds), Smithsonian Inst Press, London
- Giere O, Windoffer R, Southward AJ (1995) The bacterial endosymbiosis of the gutless nematode, *Astomonema southwardorum*: Ultrastructural aspects J Mar Biol Ass UK 75: 153-164
- Gooday AJ (1983) *Bathysiphon rusticus* de Folin, 1886 and *Bathysiphon Folini* n sp: two large agglutinated foraminifers abundant in abyssal NE Atlantic epibenthic sledge samples J Foram Res 13(4) 262-276
- Gooday AJ (1986)A: Soft-shelled foraminifera in meiofaunal samples from the bathyal Northeast Atlantic *Sarsia*, 71: 275-287
- Gooday AJ (1986)B Meiofaunal foraminiferans from the bathyal Porcupine Seabight: size structure, taxonomic composition, species diversity and vertical distribution in the sediment Deep Sea Res 33: 1345-1373
- Gooday AJ (1988a) A response by benthic foraminifera to the deposition of phytodetritus in the deep sea. Nature 332, 70-73.
- Gooday AJ (1988b) The genus *Bathysiphon* (Protista, Foraminiferida) in the north-east Atlantic: a neotype for *B filiformis* G O & M Sars, 1872 and the description of a new species J Nat History 22: 95-105
- Gooday AJ (1990) *Tinogullmia riemanni* sp nov (Allogromiina; Foraminiferida), a new species associated with organic detritus in the deep-sea Bull Br Mus Nat Hist (Zool) 56(2) 93-103
- Gooday AJ (1993) Deep sea benthic foraminiferal species which exploit phytodetritus: characteristic features and controls on distribution Mar Micropaleont 22: 187-205

- Gooday AJ (1996) Epifaunal and shallow infaunal foraminiferal communities at three abyssal NE Atlantic sites subject to differing phytodetritus input regimes: *Deep Sea Res* I43: 1395-1421
- Gooday AJ (2002a) Organic-walled allogromiids: aspects of their occurrence, diversity and ecology in marine habitats *J Foram Res* 32(4) 384-399
- Gooday AJ (2002b) Biological responses to seasonally varying fluxes of organic matter to the Ocean floor: a review. *J Oceanogr* 58: 305-332
- Gooday AJ, Bernhard JM, Levin LA, Suhr SB (2000) Foraminifera in the Arabian Sea oxygen minimum zone and other oxygen-deficient settings: taxonomic composition, diversity, and relation to metazoan faunas *Deep-Sea Res II* 47: 25-54
- Gooday AJ, Bett BJ, Shires R, Lamshead PJD (1998) Deep sea benthic foraminiferal diversity in the NE Atlantic and NW Arabian Sea: a synthesis *Deep Sea Res II*45: 165-201
- Gooday AJ & Hughes JA (2002) Foraminifera associated with phytodetritus deposits at a bathyal site in the northern Rockall Trough (NE Atlantic) seasonal contrasts and a comparison of stained and dead assemblages *Mar Micropaleont* 46: 83-110
- Gooday AJ and Lamshead PJD (1989) The influence of seasonally deposited phytodetritus on benthic foraminiferal populations in the bathyal northeast Atlantic: the species response *Mar Ecol Progr Ser* 58: 53-67
- Gooday AJ, Levin LA, Linke O & T Heeger (1992) The role of benthic foraminifera in deep-sea food webs and carbon cycling In: *Deep-Sea Food Chains and the Global Carbon Cycle*, G T Rowe and P Variete (eds)

- Gooday AJ, Levin LA, Linke P, Heeger T (1992) The role of benthic foraminifera in deep-sea food webs and carbon cycle. In: Rowe, G.T., Pariente, V. (Eds.), *Deep Sea Food and the Global Carbon Cycle*, pp 63-91.
- Gooday AJ, Levin LA, Thomas CL, Hecker B (1992) The distribution and ecology of *Bathysiphon filiformis* sars and *B major de Folin* (Protista, Foraminiferida) on the continental slope off North Carolina *J Foram Res* 22(2) 129-146
- Gooday AJ, Pfannkuche O., Lambshead PJD (1996) An apparent lack of response by metazoan meiofauna to phytodetritus deposition in the bathyal north-eastern Atlantic. *J Mar Biol Assoc UK* 76, 297-310.
- Gooday AJ, Rathburn A E (1999) Temporal variability in living deep-sea benthic foraminifera A review *Earth-Science Reviews* 46: 187-212
- Gooday AJ & Turley CM (1990) Responses by benthic organisms to inputs of organic material to the ocean floor: a review *Phil Trans R Soc Lond A* 331: 119-138
- Hallock P, Rottger R & Wetmore K (1991) Hypotheses on form and function in foraminifera In: *Biology of Foraminifera*, Lee & Anderson (eds), London Academic Press, pp41-72
- Hedges JI & Stern JH (1984) Carbon and nitrogen determination of carbonate-containing solids *Limn Oceanogr*, 29: 657-663
- Heip C Vincx M & G Vranken (1985) The ecology of marine nematodes *Oceanogr Mar Biol Ann Rev*23: 399-489
- Hicks GRF & Coull BC (1983) The ecology of marine meiobenthic harpacticoid copepods *Ocean Marine Biol Annl Rev* 21, 67-175

- Higgins RP & Thiel H (1988) Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington, pp1-411.
- Hill MO (1973) Diversity and evenness A notation and its consequences Ecology 54: 427-431
- Hughes JA, Gooday AJ, Murray JW (2000) Distribution of live benthic foraminifera at three oceanographically dissimilar sites in the northeast Atlantic: preliminary results Hydrobiologia 440: 227-238
- Hulings NC & JS Gray (1971) A manual for the study of meiofauna Smithsonian Inst Press, Washington
- Ignatiades L (1988) The productive and optical status of the oligotrophic waters of Southern Aegean Sea (Cretan Sea), Eastern Mediterranean J Plankton Res 20, 985-995
- Jorissen FJ (1999) Benthic foraminiferal successions across Late Quaternary Mediterranean sapropels. Mar. Geol. 153: 91-101
- Josefson AB & B Widbom (1988) Differential response of benthic macrofauna and meiofauna to hypoxia to the Gullmar fjord basin Mar Biol 100: 31-40
- Kim SL & Mullineaux LS (1998) Distribution and near-bottom transport of larvae and other plankton at hydrothermal vents Deep-Sea Res II 45: 423-440
- Kowalewsky A (1901) Les Hedyllides edutes anatomiques Memoires de l'Academie des Science St Petersburg (Sciences Mathematiques Physique Naturelle) 112:1-32
- Khripounoff A & Sibuet M (1980) La nutrition d' echinoderms abyssaux I. Alimentation des holothuries. Mar Biol 60: 17-26

- ter Kuile B (1991) Mechanisms for calcification and carbon cycling in algal symbiont-bearing foraminifera. In: *Biology of Foraminifera*, Lee & Anderson (eds), London Academic Press, pp73-90
- Lampadariou N (2001) Study of the meiobenthic ecosystem of the Aegean Sea with a special emphasis on nematodes PhD Thesis, Biology Department, University of Crete, Heraklion, p 216
- Lampadariou N, Moodley L, Tselepides A (1999) Comparison of the meiobenthos from contrasting areas in the Aegean Sea (Eastern mediterranean) subject to different carbon inputs 2nd International Conference "Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins, 23-26 February 1999, Athens, Greece
- Lampshead PJD & Gooday AJ (1990) The impact of seasonally deposited phytodetritus on epifaunal and shallow infaunal benthic foraminiferal populations in the bathyal north-east Atlantic: the assemblage response *Deep Sea Res* 37:1263-1283
- de Lange G J, Middelburg J J, Van der Weijden CH, Catalano G, Luther G W III, Hydes D J, Woittiez JRW, Klinkhammer G P (1990) Composition of anoxic hypersaline brines in the Tyro and Bannock Basins, eastern Mediterranean *Mar Chem* 31: 63-88
- Lascaratos A, Roether W, Nittis K, Klein B (1999) Recent changes in deep water formation and spreading in the eastern Mediterranean Sea: a review *Progr Oceanogr* 44: 5-36

- Levin LA, Gage, JD, Martin C & PA Lamont (2000) Macrobenthic community structure within and beneath the oxygen minimum zone, NW Arabian Sea
Deep Sea Res II 47: 189-226
- Lipps JH (1983) Biotic interactions in benthic foraminifera. In: MJS Tvesz and PL McCall (ed), Biotic interactions in Recent and Fossil Benthic Communities, Plenum Publishing Corporation, pp 331-376
- Loeblich AR & Tappan H (1988) Foraminiferal genera and their classification: Van Nostrand Reinhold company, New York, 970pp, 847pls
- Lorenzen C & Jeffrey J (1980) Determinations of chlorophyll in sea water UNESCO Technical Papers in Marine Science, 35: 1-20
- Malanotte-Rizzoli P, Manca BBD, Alcalá M R, Theocharis A, Bergamasco A, Bregant D, Budillon G, Civitarese G, Georgopoulos D, Michelato A, Sansone E, Scarazatto P, Souvermezoglou A (1998) A synthesis of the Ionian Sea hydrography, Circulation and water mass pathways during POEM-Phase I Prog Oceanogr 39: 153-204
- Mare MF (1942) A study of marine benthic community with special reference to the micro-organisms J Mar Biol Assoc UK 25:517-554
- Margaleff DR (1958) Information theory in ecology Gen Syst 3: 36-71
- McCoy F & Stanley DJ (1984) Recent sapropel formation in the Eastern Mediterranean Nature 3(309) p727-728
- Moodley L, van der Zwaan G J, Rutten G M W, Boom R C E and A J Kempers (1998a): Subsurface activity of benthic foraminifera in relation to porewater oxygen content: laboratory experiments Mar Micropaleont 34: 91-106

- Moodley L, Heip C H R & J J Middelburg (1998b) Benthic activity in sediments of the northwestern Adriatic Sea: sediment oxygen consumption, macro- and meiofauna dynamics *J Sea Res* 40: 263-280
- Moodley L, Schaub B E M, Zwaan G J & P M J Herman (1998c) Tolerance of benthic foraminifera (Protista: Sarcodina) to hydrogen sulphide *Mar Ecol Prog Ser* 169: 77-86
- Moodley, L, van der Zwaan G J, Herman P M J, Kempers L & P van Breugel (1997) Differential response of benthic meiofauna to anoxia with special reference to foraminifera (Protista: Sarcodina) *Mar Ecol Prog Ser* 158: 151-163
- Murat A & Got H (2000): Organic carbon variations of the eastern Mediterranean Holocene sapropel: a key for understanding formation processes *Palaeogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology* 158: 241-257
- Murray JW (1991) *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera* Longman Scientific and Technical, England
- Napolitano E, Oguz T, Malanotte-Rizzoli P, Yilmaz A and Sansone E (2000) Simulations of biological production in the Rhodes and Ionian basins of the eastern Mediterranean *J Mar Systems*, 24: 277-298
- Nicholls AG (1935) Copepods from the interstitial fauna of a sandy beach *J Mar Biol Assoc UK* 20: 379-405
- Nieuwenhuize J, Maas Y E M & J J Middelburg (1994) Rapid analysis of organic carbon and nitrogen in particulate materials *Mar Chem* 45: 217-224
- Nolet GJ & Corliss BH (1990) Benthic foraminiferal evidence for reduced deep-water circulation during sapropel deposition in the eastern Mediterranean *Mar Geol* 94: 109-130

- Nyholm KG (1954) Studies on recent Allogromiidae (3) *Tinogullmia hyalina* n gen n sp Contributions for the Cushman Foundation for Foraminiferal Research 5: 36, pl 7
- Nyholm KG (1955) Studies on recent Allogromiidae (4) *Phainogullmia aurata* n gen n sp Zoologiska bidrag fran Uppsala 30: 465-474, pls 1-5
- Nyholm K-G (1974) New monothalamous foraminifera. Zoon 2:117-122
- Oggioni E & Zandini L (1987) Response of benthic foraminifera to stagnant episodes-a quantitative study of core ban 81-23, Eatsern Mediterranean Mar Geol 75: 241-261
- Ott JA & Novak R (1989) Living at an interface: Meiofauna at the oxygen/sulfide boundary of marine sediments In: Reproduction, Genetics and Distributions of Marine Organisms 23rd European Mar Biol Symposium Olser & Olser (pubs), Denmark
- Parker FL (1958) Eastern Mediterranean Foraminifers. Rep. Swed. Deep-Sea Exped. 1947-1948, 8:219-283.
- Petersen CGJ (1913) Valuation of the sea II Animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeography Rep Dan Biol Stn 21:1-44
- Pfannkuche O, 1985 The deep sea meiofauna of the Porcupine Sea bight and abyssal plain (NE Atlantic) population structure, distribution, standing stocks Oceanol Acta 8, 343-353
- Pielou EC (1969) An introduction to mathematical ecology Wiley, New York
- Por FD (1989) The Legacy of Tethys An aquatic biogeography of the Levant Kluwer Academic (pubs) Dordrecht, The Netherlands

- Posedel N & Faganeli J (1991) Nature and sedimentation of suspended particulate matter during density stratification in shallow waters (Gulf of Trieste, northern Adriatic) *Mar Ecol Progr Ser* 77, 135-145
- Poulos SE, Chronis G, Collins MB, Lykousis V (2000) Thermaikos Gulf Coastal System, NW Aegean Sea: an overview of water/sediment fluxes in relation to air-land-ocean interactions and human activities *J Mar Systems* 25, 47-76
- Poulos SE, Drakopoulos PG, Collins MB (1997) Seasonal variability in sea surface oceanographic conditions in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean) an overview *J Marine Systems* 13, 225-244
- Psarra S, Tselepides A, Ignatiades L (2000) Primary productivity in the oligotrophic Cretan Sea (NE Mediterranean) seasonal and interannual variability *Progrin Oceanogr* 6, 187-204
- Rabitti S, Bianchi F, Boldrin A, Daros L, Socal G and Totti C (1994) Particulate matter and phytoplankton in the Ionian Sea *Oceanol Acta*, 17(3) 297-307
- Rasmussen TL (1986) Palaeoenvironmental reconstruction of the Plio-Pleistocene Faliraki Section, Rhodes (Greece) based on Ostracoda and Foraminifera. III Foraminifera. Systematic Part. Aarhus.
- Rathburn AE, Levin LA, Held Z, Lochmann KC (2000) Benthic foraminifera associated with cold methane seeps on the northern California margin: Ecology and stable isotopic composition *Mar Micropaleont* 38: 247-266
- Resig JM (1982) *Nodellum moniliforme*, *Ammomarginulina hadalensis* and *Favocassidulina subfavus*, three new species of recent deep water benthic foraminifera *Journ Paleontol* 56(4) 977-982

- de Rijk S, Jorissen FJ, Rohling EJ, Troelstra SR (2000) Organic flux control on bathymetric zonation of Mediterranean benthic foraminifera *Mar Micropaleont* 40: 151-166
- de Rijk S, Hayes A, Rohling EJ (1999) Eastern Mediterranean sapropel S1 interruption: an expression of the onset of climatic deterioration around 7 ka BP. *Mar Geol* 153: 337-343
- Roidou E & Eleftheriou A (1989) The meiofauna of the north eastern Mediterranean Sea Preliminary observations from the Aegean and Cretan Sea In 7th International Conference Vienna, August 1989
- Rosignol-Strick M & Paterne MA (1983) Synthetic pollen record of the eastern Mediterranean sapropels of the last 1 Ma: implications for the time-scale and formation of sapropels *Mar Geol* 153: 221-237
- Rudnick DT, Elmgren R & JB Frithsen (1985) Meiofaunal prominence and benthic seasonality in a coastal marine ecosystem *Oecologia (Berlin)* 67: 157-168
- Salas C & Woodside J (2002) *Lucinoma kazani* nsp (mollusca: bivalvia) evidence of a living benthic community associated with a cold seep in the Eastern Mediterranean Sea
- Schuf J, de Baar, HJW, Millero FJ (1995) Vertical distributions and speciation of dissolved rare earth elements in the anoxic brines of Bannock Basin, eastern Mediterranean *Geoch Cosmoch Acta*, 59(16) 3285-3299
- Shannon CE & W Weaver (1963) *The mathematical theory of communication* University of Illinois press, Urbana, Illinois
- Shirayama Y (1984) The abundance of deep sea meiobenthos in the western Pacific in relation to environmental factors *Oceanologica Acta* 7, 113-121

- Shirayama Y & Horikoshi M (1989) Comparison of the benthic size structure between sublittoral, upslope and deep sea areas of the western Pacific. *Int Rev Ges Hydrobiol* 74: 1-13
- Sibuet M & K Olu (1998) Biogeography, biodiversity and fluid dependence of deep-sea cold-seep communities at active and passive margins *Deep Sea Res II* 45: 517-567
- Sleigh M (1989) Protozoa and other protists Butler & Tanner Ltd, Gr Britain
- Smart CW & Gooday AJ (1997) Recent benthic foraminifera in the abyssal northeast Atlantic ocean: reaction to phytodetrital inputs *J For Res* 27(2) 85-92
- Smith KLLJr (1985) Macrozooplankton of a deep sea hydrothermal vent: In situ rates of oxygen consumption *Limn Oceanogr* 30(1) 102-110
- Socolova MN (1986) Data on the feeding of deep –water bottom invertebrates. In: *Feeding of Marine Invertebrates in Natural Habitat*, Academy of Sciences of the USSR, PP Shirsov Inst of Oceanology, pp 77-101
- Soetart K, Vanaverbeke J, Heip C, Herman PMJ, Middelburg JJ, Sandee A, Duineveld G (1997) Nematode distribution in ocean margin sediments of the Goban Spur (North East Atlantic) in relation to sediment geochemistry *Deep Sea Res* 44, 1671-1683
- Soetart, K, Heip, C, and Vincx, M (1991) The meiobenthos along a Mediterranean deep-sea transect off Calvi (Corsica) and in an adjacent canyon *PSZNI: Mar Ecol*, 12: 227-242
- Soltwedel T (1997) Temporal variabilities in benthic activity and biomass on the western European continental margin *Oceanol Acta* 20(6) 871-879

- Soltwedel T (2000) Metazoan meiobenthos along continental margins: a review
Progr Oceanogr 46, 59-84
- Souvermezoglou K, Hatzigeorgiou K, Pampidis I and Siapsali K (1992)
Distribution and seasonal variability of nutrients and dissolved oxygen in the
northeastern Ionian Sea Oceanol Acta, 15: 585-594
- Swedmark B (1964) The intersitial fauna of marine sand Biol Rev 39:1-42
- Thiel H (1983) Meiobenthos and nanobenthos of the deep sea In: Rowe, G (Ed),
Deep-Sea Biology Wiley, New York, pp 167-230
- Thomson RE, Burd BJ, Dolling AG, Gordon RL, Jamieson GS (1992) The deep
scattering layer associated with the Endeavour Ridge hydrothermal plume
Deep Sea Res 39(1): 55-73
- Tietjen JH (1971) Ecology and distribution of deep-sea meiofauna off North
Carolina. Deep Sea Res 18: 941-957
- Tietjen JH (1992) Abundance and biomass of metazoan meiobenthos in the deep
sea In: Rowe, GT, Pariente, V (Eds), Deep-sea food chains and the global
carbon cycle Kluwer Academic Publishers, pp 45-62
- Travis JL & Bowser SS (1991) The motility of Foraminifera In: Biology of
Foraminifera, Lee & Anderson (eds), New York
- Tselepides A (1992) Ecological study of the bathyal ecosystem of the Aegean
Sea. Phd Thesis, Biology Department, University of Crete, Heraklion.
- Tselepides A & Eleftheriou A (1992) South Aegean (Eastern Mediterranean)
continental slope benthos: macrofaunal-environmental relationships In:
Rowe, GT, Pariente, V (Eds), Deep Sea Food and the Global Carbon Cycle,
pp 63-91

- Tselepides A & Lampadariou N. Deep-sea meiofauna communities from the eastern Mediterranean Sea: distribution and composition in relation with the environment from bathyal and abyssal sediments (accepted in Deep Sea Research)
- Tselepides A, Polychronaki T, Marralle D, Akoumianaki I, Dell' Anno A, Pusceddu A, Danovaro R, (2000a) Organic matter composition of the continental shelf and bathyal sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean) *Progr Oceanogr* 46, 311-344
- Tselepides A, Polychronaki T, Lampadariou N, (2000b) Distribution of meiofauna and sedimentary organic matter in the deep Eastern Mediterranean Sea 9th Deep Sea Biology Symposium, June 2000, Galway, Ireland
- Turley CM, Gooday A J, Green JC (1993) Maintenance of abyssal benthic foraminifera under high pressure and low temperature: some preliminary results *Deep-Sea Res I*: 40(4) 643-652
- Vincx M, Bett BJ, Dinert A, Ferrero T, Gooday AJ, Lambshead PJD, Pfannkuche O, Soltwedel T & Vanreusel A (1994) Meiobenthos of the Deep Northeast Atlantic *Advances in Marine Biology* 30, 1-88
- Vismara-Shilling A & Coulbourn W T (1991) Benthic foraminiferal thanatofacies associated with Late Pleistocene to Holocene anoxic events in the eastern Mediterranean Sea *J For Res* 21(2) 103-125
- Walkley A & Black IA (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method *Soil Science* 37: 29-38

- Waren A & Bouchet P (2001) Gastropoda and monoplacophora from hydrothermal vents and seeps; new taxa and records *The Veliger* 44(2) 116-231
- Widbom B (1988) The benthic meiofauna of three coastal areas: Structure, seasonal dynamics and response to environmental perturbations Doctoral Thesis, University of Stockholm
- Yentsch CS & Menzel DW (1963) A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence *Deep Sea Res*, 10: 221-231
- Yingst JY (1978) Patterns of micro- and meiofaunal abundance in marine sediments, measured with adenosine triphosphate assay. *Mar Biol* 47: 41-54.

**ΕΙΔΗ ΤΡΗΜΑΤΟΦΟΡΩΝ ΠΟΥ ΒΡΕΘΗΚΑΝ ΣΤΟΥΣ
ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι (ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΔΩΝ)

Λεκάνη
Σποράδων (1221-
1250m)

Κρητικό
Πέλαγος
(1840m)

| Είδος | Οικογένεια | S1 | S2 | S3 | Cr1 | Cr2 |
|---------------------------------------|---------------------|----|----|----|-----|-----|
| <i>Adercotryma glomeratum</i> | Ammosphaeroidinidae | + | + | | + | + |
| <i>Ammodiscus incertus</i> | Ammodiscidae | | | | | |
| <i>Ammolagena clavata</i> | Ammodiscidae | + | + | + | + | + |
| <i>Articulina tubulosa</i> | Hauerinidae | + | + | + | | + |
| <i>Bathysiphon aff. capillare</i> | Bathysiphonidae | + | + | + | + | + |
| <i>Bathysiphon sp.</i> | Bathysiphonidae | + | + | + | + | + |
| <i>Biloculinella depressa</i> | Hauerinidae | + | + | + | + | + |
| <i>Biloculinella labiata</i> | Hauerinidae | | | + | | |
| <i>Bolivina pseudoplicata</i> | Bolivinidae | | | | | |
| <i>Bolivina variabilis</i> | Bolivinidae | + | | + | | |
| <i>Brizalina spathulata</i> | Bolivinidae | + | + | + | | |
| <i>Bulimina marginata</i> | Buliminidae | | + | | | |
| <i>Chilostomella mediterraneensis</i> | Chilostomellidae | + | + | + | | |
| <i>Cibicides lobatulus</i> | Cibicididae | + | | + | | |
| <i>Dentalina consobrina</i> | Nodosariidae | + | + | + | | |
| <i>Dentalina filiformis</i> | Nodosariidae | + | | + | | |
| <i>Discorbinella globularis</i> | Discorbinellidae | + | | | | |
| <i>Discorbis nitida</i> | Discorbidae | + | | + | | |
| <i>Epistominella exigua</i> | Pseudoparrellidae | + | + | + | | + |
| <i>Eponides repandus</i> | Eponididae | + | + | + | + | + |
| <i>Fissurina elliptica</i> | Ellipsolagenidae | + | + | + | + | + |
| <i>Fissurina lucida</i> | Ellipsolagenidae | | | | | + |
| <i>Fissurina sp.</i> | Ellipsolagenidae | + | | + | | |
| <i>Globobulimina sp</i> | Buliminidae | | | + | | |
| <i>Glomospira charoides</i> | Ammodiscidae | + | | + | | |
| <i>Goesella obscura</i> | Valvulinidae | | | | | |
| <i>Gyroidina altiformis</i> | Gavelinellidae | + | + | + | + | + |
| <i>Gyroidina orbicularis</i> | Gavelinellidae | + | + | + | | + |
| <i>Haplophragmoides bradyi</i> | Haplophragmoididae | + | + | + | + | + |
| <i>Haplophragmoides membranaceus</i> | Haplophragmoididae | | | | | |
| <i>Hyalinonetrion gracillimum</i> | Lagenidae | | | + | | + |
| <i>Hyperammia leavigata</i> | Hippocrepinidae | + | + | + | | |
| <i>Lagena hispidula</i> | Lagenidae | | + | + | | |
| <i>Lagena mollis</i> | Lagenidae | + | + | + | | |
| <i>Leavidentalina inflexa</i> | Nodosariidae | | | | | |
| <i>Marginulina glabra</i> | Vaginulinidae | | | | | |
| <i>Melonis barleeaanum</i> | Nonionidae | + | + | + | + | + |
| <i>Nodellum membranacea</i> | Allogromiidae | + | + | + | + | + |
| <i>Nodosaria sp1</i> | Nodosariidae | + | | + | | + |
| <i>Nodosaria sp2</i> | Nodosariidae | | + | + | | |
| <i>Orthomorphina calimorpha</i> | Stilostomellidae | + | + | + | | |
| <i>Planorbulina mediterraneensis</i> | Planorbulinidae | + | | | | |
| <i>Pseudotriloculina laevigata</i> | Hauerinidae | | | + | | |
| <i>Pullenia quinqueloba</i> | Nonionidae | + | | + | | + |
| <i>Quinqueloqulina lamarckiana</i> | Hauerinidae | | | | | |
| <i>Quinqueloqulina leavigata</i> | Hauerinidae | + | + | + | | |
| <i>Quinqueloculina padani</i> | Hauerinidae | + | + | + | | + |
| <i>Quinqueloqulina sp</i> | Hauerinidae | + | + | + | | |
| <i>Rectobolivina collumelaris</i> | Siphogenerinoididae | | | + | | |

Λεκάνη
Σποράδων (1221-
1250m)

Κρητικό
Πέλαγος
(1840m)

| Είδος | Οικογένεια | S1 | S2 | S3 | Cr1 | Cr2 |
|---------------------------------|------------------|----|----|----|-----|-----|
| <i>Reophax guttifer</i> | Hormosinidae | + | | + | + | |
| <i>Reophax scorpiurus</i> | Hormosinidae | + | + | + | + | + |
| <i>Robulus orbicularis</i> | Vaginulinidae | | | | | |
| <i>Saccorhiza sp</i> | Hippocrepinidae | + | + | + | | + |
| <i>Spirillina limbata</i> | Spirillinidae | + | + | + | + | + |
| <i>Spiroloculina caniculata</i> | Spiroloculinidae | + | + | + | | |
| <i>Textularia truncata</i> | Textulariidae | + | + | | | |
| <i>Tritaxis fusca</i> | Trochamminidae | | | | | |
| <i>Uvigerina mediterranea</i> | Uvigerinidae | + | + | + | + | |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Saccaminidae | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Saccaminidae | | + | + | | + |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Saccaminidae | + | + | + | + | |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Allogromiidae | | | | | + |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Allogromiidae | | | | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Allogromiidae | | | | + | |
| <i>g. et sp. indet. 4</i> | Allogromiidae | + | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. Indet. 5</i> | Allogromiidae | + | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 6</i> | Allogromiidae | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 7</i> | Allogromiidae | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 8</i> | Allogromiidae | | | | | |
| <i>g. et sp. Indet. 9</i> | Allogromiidae | | | | | |

Δ. Ιόνιο Πέλαγος
(582-1512m)

Α. Ιόνιο Πέλαγος
(600-1735m)

| Είδος | Οικογένεια | I1 | I2 | I3 | I4 | I5 | I6 |
|---------------------------------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|
| <i>Adercotryma glomeratum</i> | Ammosphaeroidinidae | | + | + | | | |
| <i>Ammodiscus incertus</i> | Ammodiscidae | | + | | | | |
| <i>Ammolagena clavata</i> | Ammodiscidae | | + | + | | | |
| <i>Articulina tubulosa</i> | Hauerinidae | | + | + | | | |
| <i>Bathysiphon aff. capillare</i> | Bathysiphonidae | + | + | + | + | + | + |
| <i>Bathysiphon sp.</i> | Bathysiphonidae | | | | | | |
| <i>Biloculinella depressa</i> | Hauerinidae | | | | | | |
| <i>Biloculinella labiata</i> | Hauerinidae | + | + | + | | | |
| <i>Bolivina pseudoplicata</i> | Bolivinidae | + | + | + | | | |
| <i>Bolivina variabilis</i> | Bolivinidae | | | | | | |
| <i>Brizalina spathulata</i> | Bolivinidae | | | | | | |
| <i>Bulimina marginata</i> | Buliminidae | + | + | + | + | | |
| <i>Chilostomella mediterraneensis</i> | Chilostomellidae | + | | | | | |
| <i>Cibicides lobatulus</i> | Cibicididae | | | | | | |
| <i>Dentalina consobrina</i> | Nodosariidae | | | | | | |
| <i>Dentalina filiformis</i> | Nodosariidae | | | | | | |
| <i>Discorbinella globularis</i> | Discorbinellidae | | | | | | |
| <i>Discorbis nitida</i> | Discorbidae | | | | | | |
| <i>Epistominella exigua</i> | Pseudoparrellidae | | | | | | |
| <i>Eponides repandus</i> | Eponididae | + | | + | | | |
| <i>Fissurina elliptica</i> | Ellipsolagenidae | | + | | | | |
| <i>Fissurina lucida</i> | Ellipsolagenidae | | | | | | |
| <i>Fissurina sp.</i> | Ellipsolagenidae | | | | | | |
| <i>Globobulimina sp</i> | Buliminidae | | | | | | |
| <i>Glomospira charoides</i> | Ammodiscidae | + | + | + | + | + | |
| <i>Goesella obscura</i> | Valvulinidae | | + | + | | | |
| <i>Gyroidina altiformis</i> | Gavelinellidae | | | | | | |
| <i>Gyroidina orbicularis</i> | Gavelinellidae | + | + | + | + | | |
| <i>Haplophragmoides bradyi</i> | Haplophragmoididae | | | | | | |
| <i>Haplophragmoides membranaceus</i> | Haplophragmoididae | + | | + | + | | |
| <i>Hyalinonetrion gracillimum</i> | Lagenidae | | | | | | |
| <i>Hyperammia leavigata</i> | Hippocrepinidae | | | + | | | |
| <i>Lagena hispidula</i> | Lagenidae | | | + | | | |
| <i>Lagena mollis</i> | Lagenidae | | | | | | |
| <i>Leavidentalina inflexa</i> | Nodosariidae | | + | + | + | + | + |
| <i>Marginulina glabra</i> | Vaginulinidae | + | | | | | |
| <i>Melonis barleeaanum</i> | Nonionidae | | + | | + | | |
| <i>Nodellum membranacea</i> | Allogromiidae | | + | + | + | + | + |
| <i>Nodosaria sp1</i> | Nodosariidae | | | | | | |
| <i>Nodosaria sp2</i> | Nodosariidae | | | | | | |
| <i>Orthomorphina calimorpha</i> | Stilostomellidae | | | | | | |
| <i>Planorbulina mediterraneensis</i> | Planorbulinidae | | | | | | |
| <i>Pseudotriloculina laevigata</i> | Hauerinidae | | | | | | |
| <i>Pullenia quinqueloba</i> | Nonionidae | | | | | | |
| <i>Quinqueloqulina lamarckiana</i> | Hauerinidae | + | + | + | + | | |
| <i>Quinqueloqulina leavigata</i> | Hauerinidae | | | | | | |
| <i>Quinqueloculina padani</i> | Hauerinidae | + | + | + | + | | |
| <i>Quinqueloculina sp</i> | Hauerinidae | | | | | | |
| <i>Rectobolivina collumellaris</i> | Siphogenerinoididae | | | | | | |

Δ. Ιόνιο Πέλαγος
(582-1512m)

Α. Ιόνιο Πέλαγος
(600-1735m)

| Είδος | Οικογένεια | I1 | I2 | I3 | I4 | I5 | I6 |
|---------------------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|
| <i>Reophax guttifer</i> | Hormosinidae | + | + | + | | + | + |
| <i>Reophax scorpiurus</i> | Hormosinidae | | | + | | | |
| <i>Robulus orbicularis</i> | Vaginulinidae | + | + | + | | | |
| <i>Saccorhiza sp</i> | Hippocrepinidae | | + | + | | | + |
| <i>Spirillina limbata</i> | Spirillinidae | + | + | | | | |
| <i>Spiroloculina caniculata</i> | Spiroloculinidae | | | | | | |
| <i>Textularia truncata</i> | Textulariidae | | | | | | |
| <i>Tritaxis fusca</i> | Trochamminidae | | + | | | | |
| <i>Uvigerina mediterranea</i> | Uvigerinidae | | + | + | + | | |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Saccaminidae | | | | + | | |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Saccaminidae | + | + | + | + | + | |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Saccaminidae | + | + | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Allogromiidae | | + | | + | | + |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Allogromiidae | | + | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Allogromiidae | + | + | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 4</i> | Allogromiidae | | + | | + | + | |
| <i>g. et sp. Indet. 5</i> | Allogromiidae | + | + | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 6</i> | Allogromiidae | | + | + | + | | + |
| <i>g. et sp. indet. 7</i> | Allogromiidae | | + | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 8</i> | Allogromiidae | | + | + | + | | |
| <i>g. et sp. Indet. 9</i> | Allogromiidae | | | + | | | |

Σταθμοί βάθους 2714-2837m

Απρίλιος 2001

Οκτώβριος 2001

| Είδος | Οικογένεια | A | B | C | 2A | 2B | 2C |
|------------------------------------|---------------------|---|---|---|----|----|----|
| <i>Adercotryma glomeratum</i> | Ammosphaeroidinidae | | | | | | |
| <i>Ammolagena clavata</i> | Ammodiscidae | | | | | | |
| <i>Amphicoryna sp.</i> | Vaginulinidae | | | | | | |
| <i>Articulina tubulosa</i> | Hauerinidae | | | + | | | |
| <i>Bathysiphon aff. capillare</i> | Bathysiphonidae | | + | | + | | |
| <i>Biloculinella depressa</i> | Hauerinidae | | | | | | |
| <i>Biloculinella labiata</i> | Hauerinidae | | | | | | |
| <i>Dentalina sp.</i> | Nodosariidae | | | | | | |
| <i>Discorbis nitida</i> | Discorbidae | | | | | | |
| <i>Fissurina elliptica</i> | Ellipsolagenidae | | | | | | |
| <i>Glomospira charoides</i> | Ammodiscidae | | | | | | |
| <i>Goesella obscura</i> | Valvulinidae | + | + | | | | |
| <i>Gyroidina altiformis</i> | Gavelinellidae | | | | | | |
| <i>Gyroidina orbicularis</i> | Gavelinellidae | | | | | | |
| <i>Haplophragmoides bradyi</i> | Haplophragmoididae | | + | | | | |
| <i>Hyperammina elongata</i> | Hippocrepinidae | | | | | | |
| <i>Lagena flexa</i> | Lagenidae | | | | | | |
| <i>Lagena hispidula</i> | Lagenidae | | | | | | |
| <i>Leavidentalina inflexa</i> | Nodosariidae | + | + | + | + | + | + |
| <i>Melonis barleeaanum</i> | Nonionidae | + | | | | | |
| <i>Nodellum membranacea</i> | Allogromiidae | | + | + | + | + | + |
| <i>Peneroplis pertusus</i> | Peneroplidae | | | | + | | |
| <i>Peneroplis planatus</i> | Peneroplidae | | | + | | | |
| <i>Pseudotriloculina laevigata</i> | Hauerinidae | | | | | | |
| <i>Pullenia bulloides</i> | Nonionidae | | + | | | | |
| <i>Quinqueloqulina lamarckiana</i> | Hauerinidae | | | | | | |
| <i>Quinqueloqulina padani</i> | Hauerinidae | | | | | | |
| <i>Reophax guttifer</i> | Hormosinidae | | + | | | | |
| <i>Reophax scorpiurus</i> | Hormosinidae | + | | | | | |
| <i>Saccorhiza sp.</i> | Hippocrepinidae | | | | | | |
| <i>Sagenina sp.</i> | Dryorhizopsidae | | | | | | |
| <i>Spirillina limbata</i> | Spirillinidae | | | | | | |
| <i>Uvigerina mediterranea</i> | Uvigerinidae | | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Saccaminidae | | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Saccaminidae | | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Saccaminidae | | + | | + | | |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Allogromiidae | | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Allogromiidae | | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Allogromiidae | + | | | | | + |
| <i>g. et sp. indet. 4</i> | Allogromiidae | | | | | | |
| <i>g. et sp. Indet. 5</i> | Allogromiidae | + | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 6</i> | Allogromiidae | | | | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 7</i> | Allogromiidae | | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 8</i> | Allogromiidae | + | + | | + | + | + |
| <i>g. et sp. Indet. 9</i> | Allogromiidae | | | | | | |

| Είδος | Οικογένεια | T1 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|------------------------------------|---------------------|----|----|----|----|----|
| <i>Adercotryma glomeratum</i> | Ammosphaeroidinidae | | | | | |
| <i>Ammolagena clavata</i> | Ammodiscidae | | + | | | |
| <i>Amphicoryna sp.</i> | Vaginulinidae | | | | | |
| <i>Articulina tubulosa</i> | Hauerinidae | | | + | + | |
| <i>Bathysiphon aff. capillare</i> | Bathysiphonidae | | + | | | + |
| <i>Biloculinella depressa</i> | Hauerinidae | | | | | |
| <i>Biloculinella labiata</i> | Hauerinidae | | | | | |
| <i>Dentalina sp.</i> | Nodosariidae | | | | | |
| <i>Discorbis nitida</i> | Discorbidae | | | | | |
| <i>Fissurina elliptica</i> | Ellipsolagenidae | | | | | |
| <i>Glomospira charoides</i> | Ammodiscidae | | | + | | + |
| <i>Goesella obscura</i> | Valvulinidae | | | | | |
| <i>Gyroidina altiformis</i> | Gavelinellidae | | | | | |
| <i>Gyroidina orbicularis</i> | Gavelinellidae | | | | | |
| <i>Haplophragmoides bradyi</i> | Haplophragmoididae | | | | | |
| <i>Hyperammina elongata</i> | Hippocrepinidae | | | | | |
| <i>Lagena flexa</i> | Lagenidae | | | + | | |
| <i>Lagena hispidula</i> | Lagenidae | | | | | |
| <i>Leavidentalina inflexa</i> | Nodosariidae | + | + | | + | + |
| <i>Melonis barleeanum</i> | Nonionidae | | | + | | |
| <i>Nodellum membranacea</i> | Allogromiidae | | + | + | + | + |
| <i>Peneroplis pertusus</i> | Peneroplidae | | | | | |
| <i>Peneroplis planatus</i> | Peneroplidae | | | + | | |
| <i>Pseudotriloculina laevigata</i> | Hauerinidae | | | | | |
| <i>Pullenia bulloides</i> | Nonionidae | | | | | |
| <i>Quinqueloculina lamarckiana</i> | Hauerinidae | | | | | + |
| <i>Quinqueloculina padani</i> | Hauerinidae | | | | | |
| <i>Reophax guttifer</i> | Hormosinidae | | | | | |
| <i>Reophax scorpiurus</i> | Hormosinidae | + | + | | + | + |
| <i>Saccorhiza sp.</i> | Hippocrepinidae | | | | + | |
| <i>Sagenina sp.</i> | Dryorhizopsidae | | | | | |
| <i>Spirillina limbata</i> | Spirillinidae | | | | | |
| <i>Uvigerina mediterranea</i> | Uvigerinidae | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Saccaminidae | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Saccaminidae | | | | | + |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Saccaminidae | + | + | | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Allogromiidae | | + | | + | |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Allogromiidae | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Allogromiidae | | | | | + |
| <i>g. et sp. indet. 4</i> | Allogromiidae | + | | | | |
| <i>g. et sp. Indet. 5</i> | Allogromiidae | + | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 6</i> | Allogromiidae | | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 7</i> | Allogromiidae | | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 8</i> | Allogromiidae | | + | | | + |
| <i>g. et sp. Indet. 9</i> | Allogromiidae | | | | | + |

Λεκάνες
Πελοποννήσου &
Ιεράπετρας (4617 &
4200m)

| Είδος | Οικογένεια | Pel | Ier1 | Ier2 | Ier3 |
|------------------------------------|---------------------|-----|------|------|------|
| <i>Adercotryma glomeratum</i> | Ammosphaeroidinidae | | | | |
| <i>Ammolagena clavata</i> | Ammodiscidae | | | | |
| <i>Amphicoryna sp.</i> | Vaginulinidae | | | | |
| <i>Articulina tubulosa</i> | Hauerinidae | + | | | + |
| <i>Bathysiphon aff. capillare</i> | Bathysiphonidae | | | | |
| <i>Biloculinella depressa</i> | Hauerinidae | | | | |
| <i>Biloculinella labiata</i> | Hauerinidae | | | | |
| <i>Dentalina sp.</i> | Nodosariidae | | | | |
| <i>Discorbis nitida</i> | Discorbidae | | | | |
| <i>Fissurina elliptica</i> | Ellipsolagenidae | | | | |
| <i>Glomospira charoides</i> | Ammodiscidae | + | | + | |
| <i>Goesella obscura</i> | Valvulinidae | | | | |
| <i>Gyroidina altiformis</i> | Gavelinellidae | | | | |
| <i>Gyroidina orbicularis</i> | Gavelinellidae | | | | |
| <i>Haplophragmoides bradyi</i> | Haplophragmoididae | | | | |
| <i>Hyperammia elongata</i> | Hippocrepinidae | | | | |
| <i>Lagena flexa</i> | Lagenidae | | | | |
| <i>Lagena hispidula</i> | Lagenidae | | | | |
| <i>Leavidentalina inflexa</i> | Nodosariidae | + | | | |
| <i>Melonis barleeaanum</i> | Nonionidae | | + | + | + |
| <i>Nodellum membranacea</i> | Allogromiidae | + | + | | |
| <i>Peneroplis pertusus</i> | Peneroplidae | | | | |
| <i>Peneroplis planatus</i> | Peneroplidae | | | | |
| <i>Pseudotriloculina laevigata</i> | Hauerinidae | | | | |
| <i>Pullenia bulloides</i> | Nonionidae | | | | |
| <i>Quinqueloqulina lamarckiana</i> | Hauerinidae | + | | | |
| <i>Quinqueloqulina padani</i> | Hauerinidae | | | | |
| <i>Reophax guttifer</i> | Hormosinidae | | | | |
| <i>Reophax scorpiurus</i> | Hormosinidae | + | | | |
| <i>Saccorhiza sp.</i> | Hippocrepinidae | + | | | |
| <i>Sagenina sp.</i> | Dryorhizopsidae | | | | |
| <i>Spirillina limbata</i> | Spirillinidae | + | | | |
| <i>Uvigerina mediterranea</i> | Uvigerinidae | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Saccaminidae | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Saccaminidae | + | | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Saccaminidae | + | | | |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Allogromiidae | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Allogromiidae | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Allogromiidae | | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 4</i> | Allogromiidae | | | + | |
| <i>g. et sp. Indet. 5</i> | Allogromiidae | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 6</i> | Allogromiidae | + | | | |
| <i>g. et sp. indet. 7</i> | Allogromiidae | + | | | |
| <i>g. et sp. indet. 8</i> | Allogromiidae | + | | | |
| <i>g. et sp. Indet. 9</i> | Allogromiidae | + | | | |

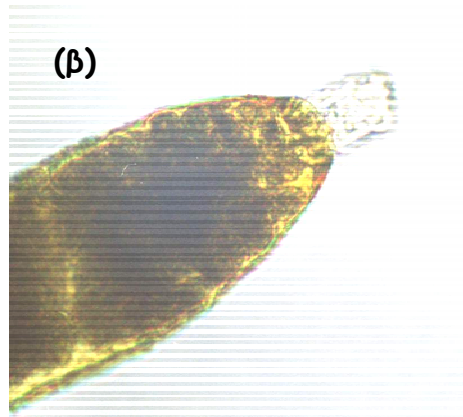
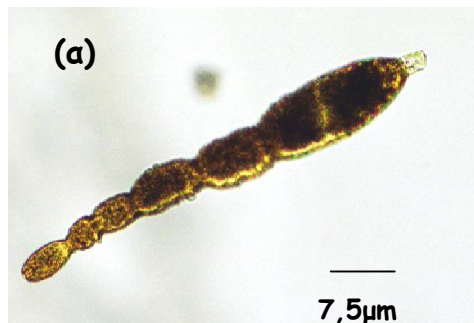
Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής
Αλατότητας (φυσιολογική περιοχή,
3080-3426m)

| Είδος | Οικογένεια | Disc | Atal1 | Atal2 | Ur | Bann |
|------------------------------------|---------------------|------|-------|-------|----|------|
| <i>Adercotryma glomeratum</i> | Ammosphaeroidinidae | | | | | |
| <i>Ammolagena clavata</i> | Ammodiscidae | | | | | |
| <i>Amphicoryna sp.</i> | Vaginulinidae | | | | | |
| <i>Articulina tubulosa</i> | Hauerinidae | | | | | |
| <i>Bathysiphon aff. capillare</i> | Bathysiphonidae | + | | | | |
| <i>Biloculinella depressa</i> | Hauerinidae | | | | | |
| <i>Biloculinella labiata</i> | Hauerinidae | | | | | |
| <i>Dentalina sp.</i> | Nodosariidae | + | | + | | |
| <i>Discorbis nitida</i> | Discorbidae | | | | | |
| <i>Fissurina elliptica</i> | Ellipsolagenidae | | | | | |
| <i>Glomospira charoides</i> | Ammodiscidae | + | | | | |
| <i>Goesella obscura</i> | Valvulinidae | | | + | | |
| <i>Gyroidina altiformis</i> | Gavelinellidae | | | | | |
| <i>Gyroidina orbicularis</i> | Gavelinellidae | | | | | |
| <i>Haplophragmoides bradyi</i> | Haplophragmoididae | | | | | |
| <i>Hyperammina elongata</i> | Hippocrepinidae | | | | | |
| <i>Lagena flexa</i> | Lagenidae | | | | | |
| <i>Lagena hispidula</i> | Lagenidae | | | | | |
| <i>Leavidentalina inflexa</i> | Nodosariidae | + | + | + | + | + |
| <i>Melonis barleeaanum</i> | Nonionidae | | | | | |
| <i>Nodellum membranacea</i> | Allogromiidae | + | + | + | + | + |
| <i>Peneroplis pertusus</i> | Peneroplidae | | | | | |
| <i>Peneroplis planatus</i> | Peneroplidae | | | | | |
| <i>Pseudotriloculina laevigata</i> | Hauerinidae | | | | | |
| <i>Pullenia bulloides</i> | Nonionidae | | | | | |
| <i>Quinqueloqulina lamarckiana</i> | Hauerinidae | | + | | | |
| <i>Quinqueloqulina padani</i> | Hauerinidae | | | | | |
| <i>Reophax guttifer</i> | Hormosinidae | | | | | |
| <i>Reophax scorpiurus</i> | Hormosinidae | + | | | + | + |
| <i>Saccorhiza sp.</i> | Hippocrepinidae | + | | | | |
| <i>Sagenina sp.</i> | Dryorhizopsidae | | | | | |
| <i>Spirillina limbata</i> | Spirillinidae | | | | | |
| <i>Uvigerina mediterranea</i> | Uvigerinidae | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Saccaminidae | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Saccaminidae | | + | | | + |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Saccaminidae | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 1</i> | Allogromiidae | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 2</i> | Allogromiidae | + | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 3</i> | Allogromiidae | | | | | |
| <i>g. et sp. indet. 4</i> | Allogromiidae | | | | | |
| <i>g. et sp. Indet. 5</i> | Allogromiidae | + | | + | | + |
| <i>g. et sp. indet. 6</i> | Allogromiidae | + | + | + | + | + |
| <i>g. et sp. indet. 7</i> | Allogromiidae | + | | + | | |
| <i>g. et sp. indet. 8</i> | Allogromiidae | | | | | |
| <i>g. et sp. Indet. 9</i> | Allogromiidae | | | | | |

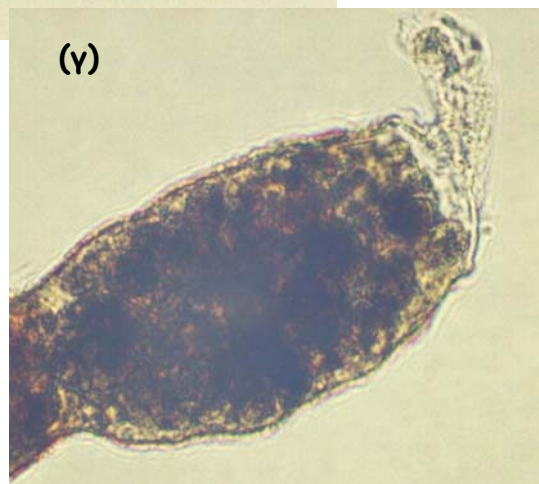
Ανοξικές Λεκάνες Υψηλής Αλατότητας (ανοξική περιοχή, 3080-3426m)

| Είδος | Οικογένεια | D An | Atal An | Ur An | Bann An1 | Bann An2 |
|----------------------------|---------------|------|---------|-------|----------|----------|
| <i>g. et sp. indet. 10</i> | Allogromiidae | + | + | + | | |
| <i>g. et sp. indet. 11</i> | Allogromiidae | + | | | + | |
| <i>g. et sp. indet. 12</i> | Allogromiidae | + | + | | + | + |

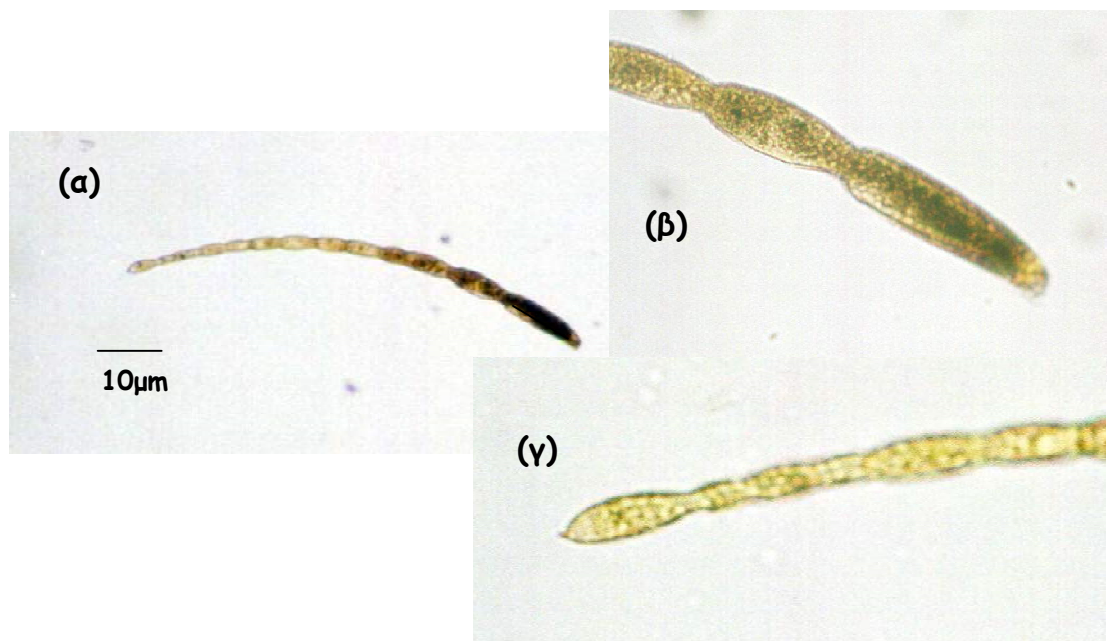
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ (ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΙΔΩΝ)



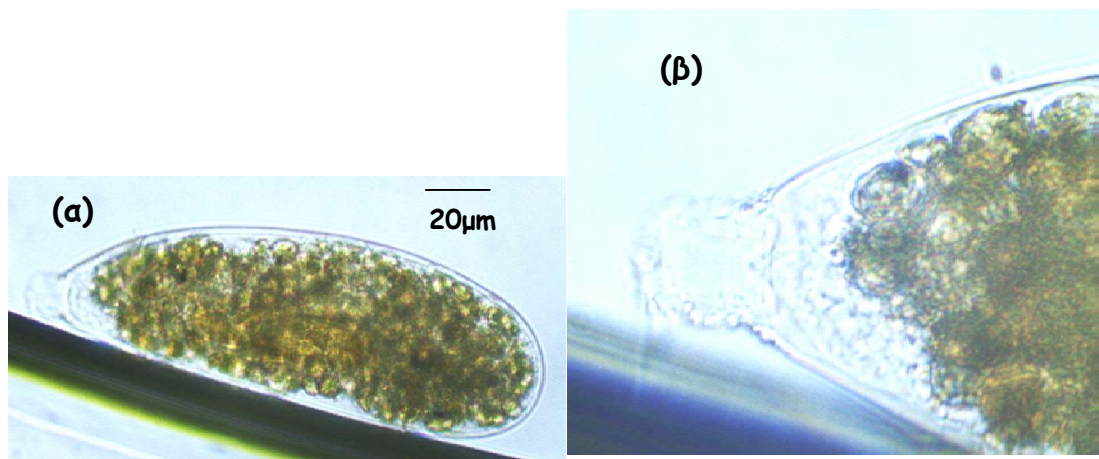
Εικ. 1: *Nodellum membranacea*. (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β): στοματικό άνοιγμα. Λεκάνη Σποράδων (1224m, 1-2cm βάθος ιζήματος).



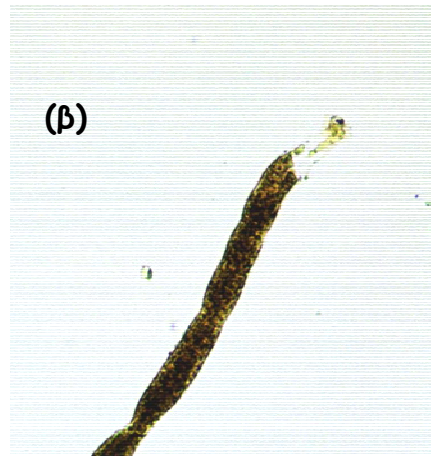
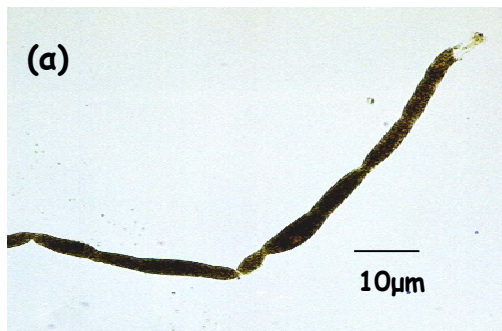
Εικ. 2: *Nodellum membranacea*. (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), αρχικός θάλαμος (γ): στοματικό άνοιγμα.. Σταθμός T4 (2950m, 0,5-1cm βάθος ιζήματος).



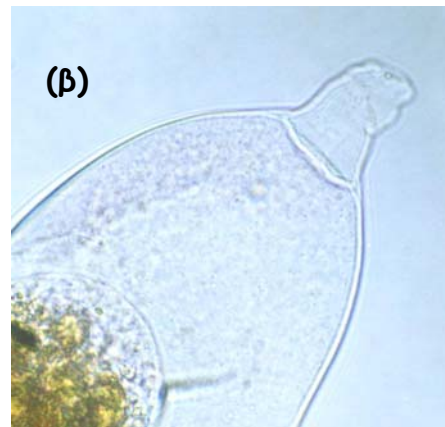
Εικ. 3: *g. et sp. indet. 1* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), στοματικό άνοιγμα (γ): αρχικός θάλαμος. Φυσιολογική περιοχή Λεκάνης Discovery (3426m, 0-0,5cm βάθος ιζήματος).



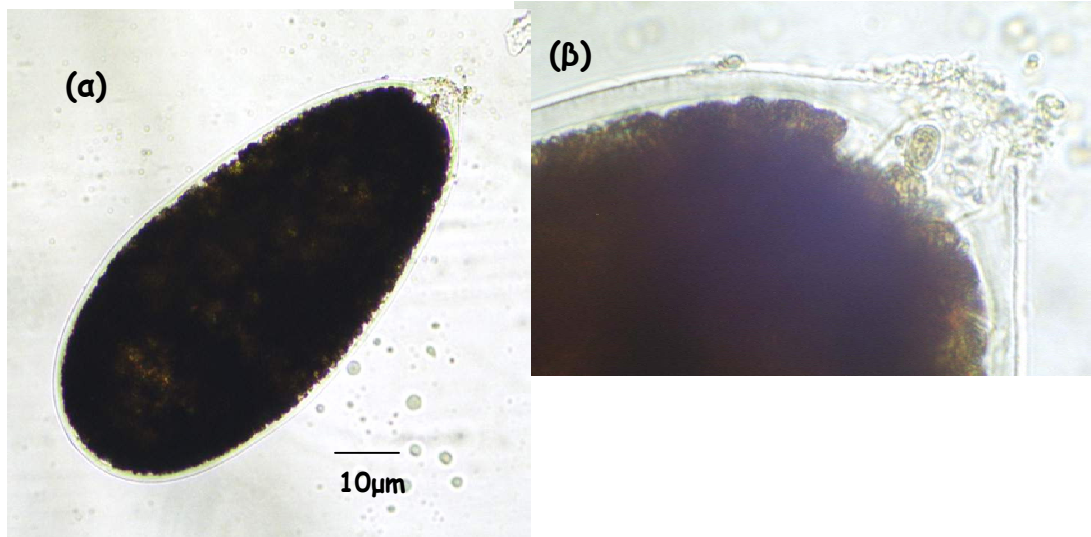
Εικ. 4: *g. et sp. indet. 2* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), στοματικό άνοιγμα. Δυτικό Ιόνιο (776m, 0,5-1cm βάθος ιζήματος).



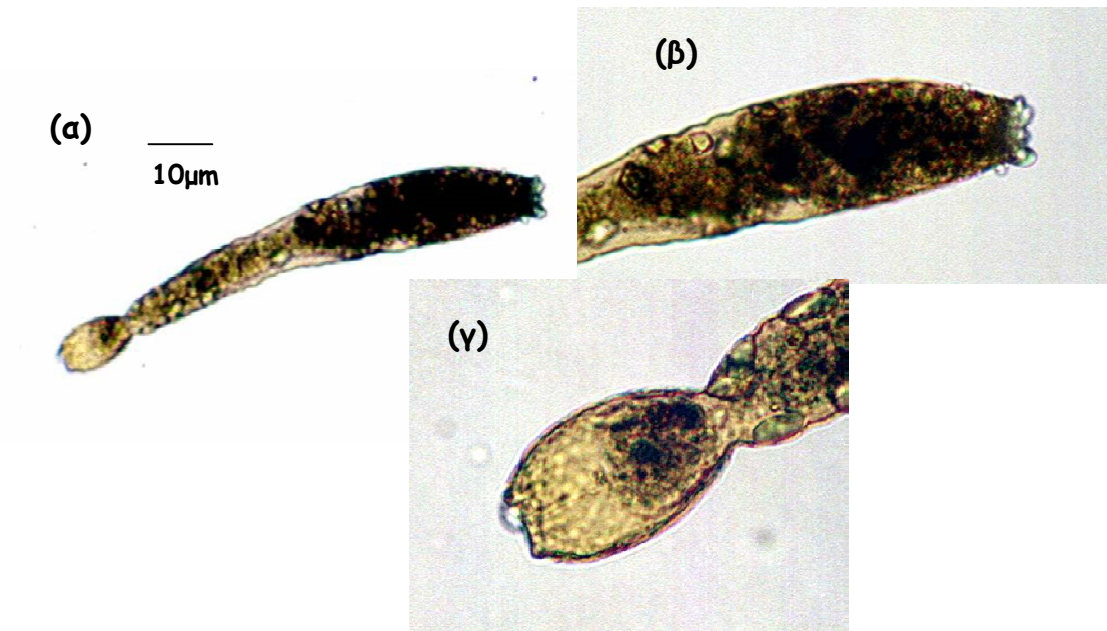
Εικ. 5: *g. et sp. indet. 3* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), στοματικό άνοιγμα. Δυτικό Ιόνιο (1512m, 0,5-1cm βάθος ιζήματος).



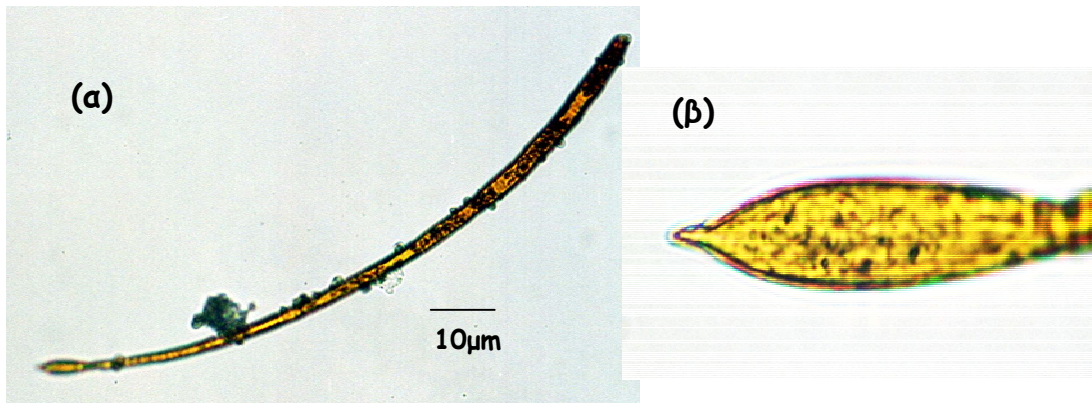
Εικ. 6: *g. et sp. indet. 4* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), στοματικό άνοιγμα. Δυτικό Ιόνιο (776m m, 3-4cm βάθος ιζήματος).



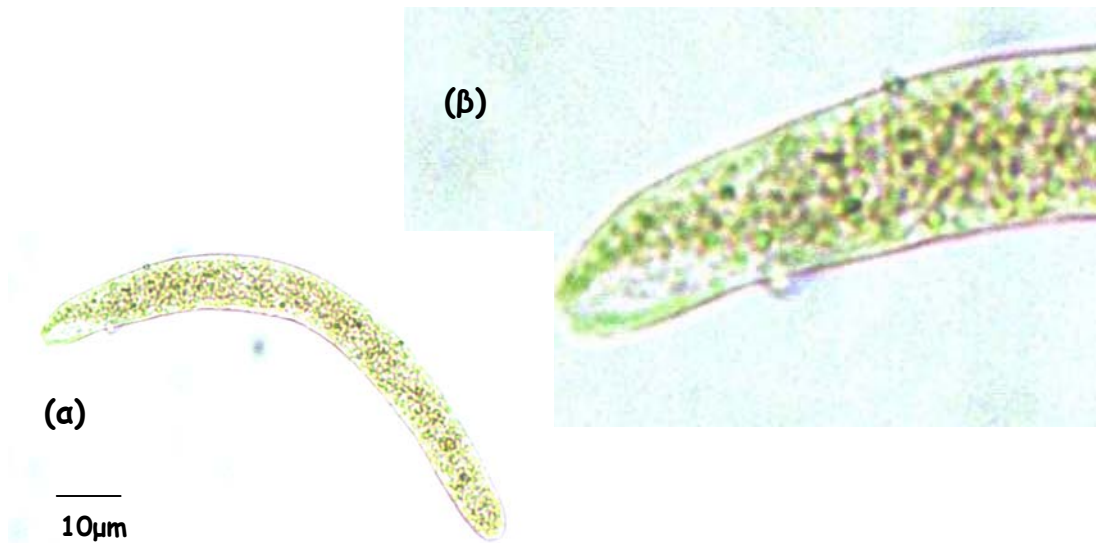
Εικ. 7: *g. et sp. indet. 5* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), στοματικό άνοιγμα. Κρητικό Πέλαγος (1840m m, 0-1cm βάθος ιζήματος).



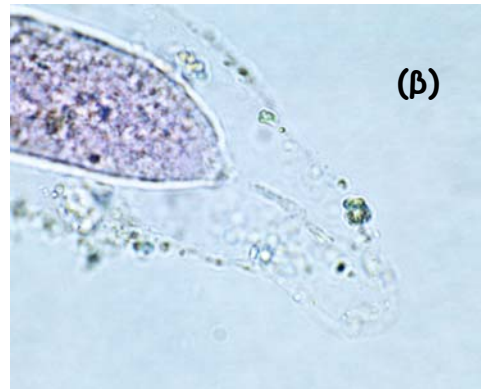
Εικ. 8: *g. et sp. indet. 6* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), στοματικό άνοιγμα (γ) αρχικός θάλαμος. Φυσιολογική περιοχή Λεκάνης Bannock (3080m, 0-0,5cm βάθος ιζήματος).



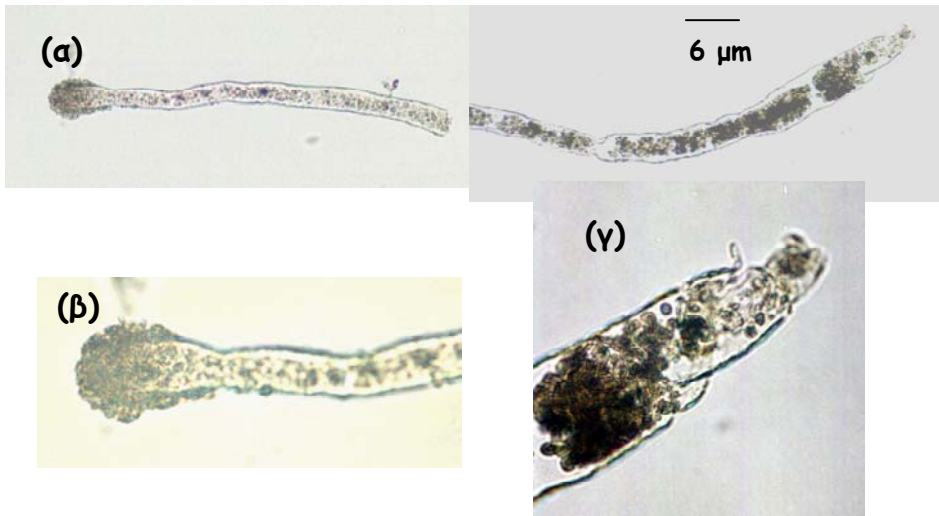
Εικ. 9: *g. et sp. indet. 7* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), αρχικός θάλαμος. Ανατολικό Ιόνιο (1735m m, 0-0,5cm βάθος ιζήματος).



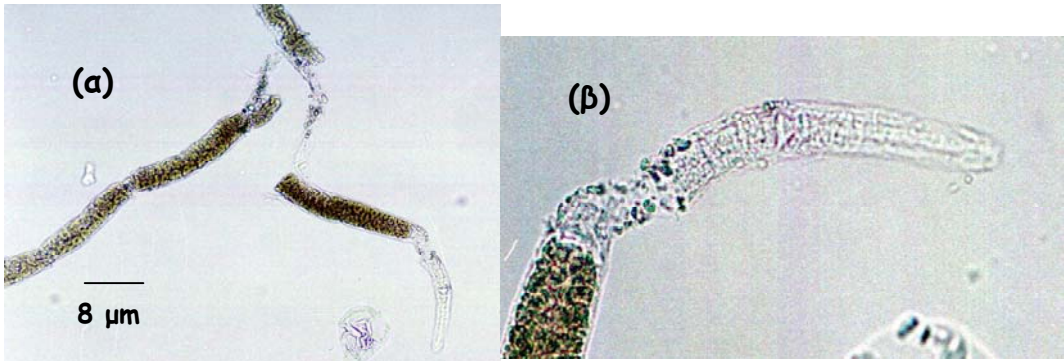
Εικ. 10: *g. et sp. indet. 8* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), στοματικό άνοιγμα. Δυτικό Ιόνιο (1512m m, 4-5cm βάθος ιζήματος).



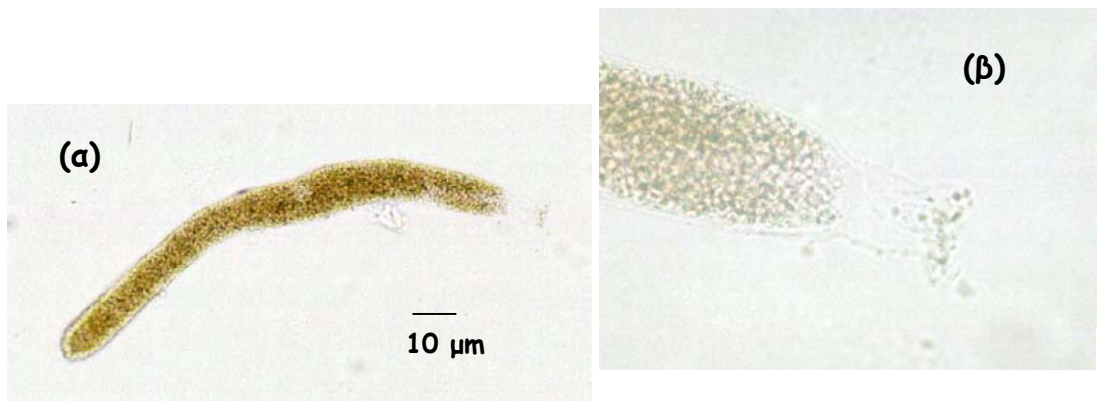
Εικ. 11: *g. et sp. indet. 9* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), ένα από τα δύο στοματικά ανοίγματα. Δυτικό Ιόνιο (1512m m, 0-0,5cm βάθος ιζήματος).



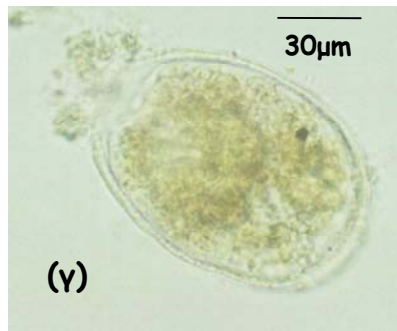
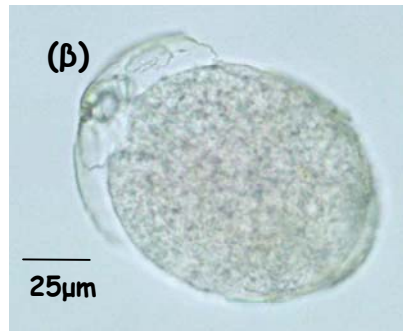
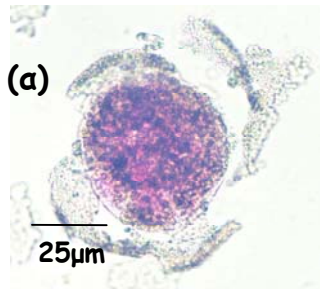
Εικ. 12: *g. et sp. indet. 10* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), αρχικός θάλαμος (γ) στοματικό άνοιγμα. Ανοξική περιοχή Λεκάνης Discovery (3522m m, 0-0,5cm βάθος ιζήματος).



Εικ. 13: *g. et sp. indet. 11* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), στοματικό άνοιγμα. Ανοξική περιοχή Λεκάνης Discovery (3522m m, 0,5-1cm βάθος ιζήματος).



Εικ. 14: *g. et sp. indet. 12* (allogromiidae). (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), στοματικό άνοιγμα. Ανοξική περιοχή Λεκάνης Atalante (3281m m, 0-0,5cm βάθος ιζήματος).

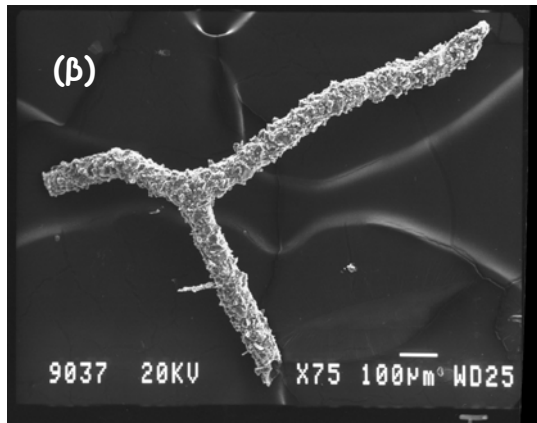
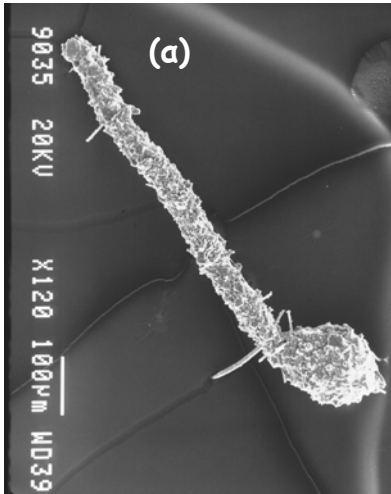


Εικ. 15:

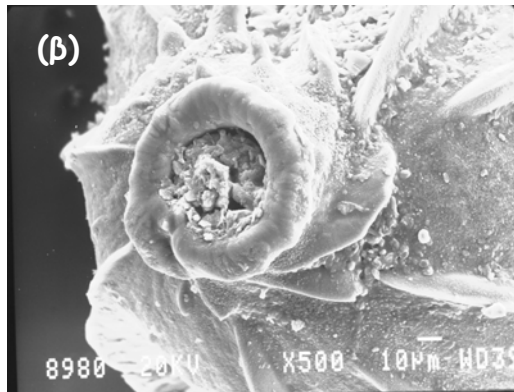
(α) *g. et sp. indet. 1* (saccaminidae). Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, με σπασμένο κέλυφος. Λεκάνη πελοποννήσου (4617m m, 0-2cm βάθος ιζήματος).

(β) *g. et sp. indet. 2* (saccaminidae). Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου. Ανατολικό Ιόνιο (600m m, 0-0,5cm βάθος ιζήματος).

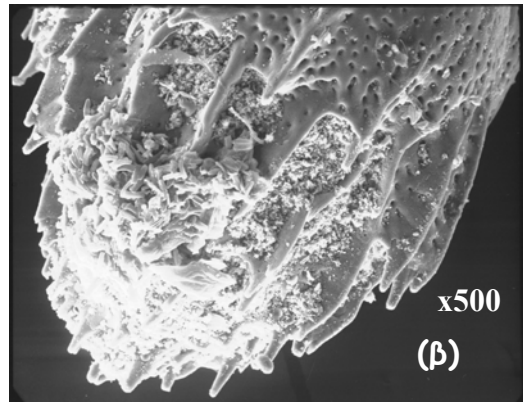
(γ) *g. et sp. indet. 3* (saccaminidae). Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου. Σταθμός Α Κεντρ. Μεσογείου (2782m, 0-0,5cm βάθος ιζήματος).



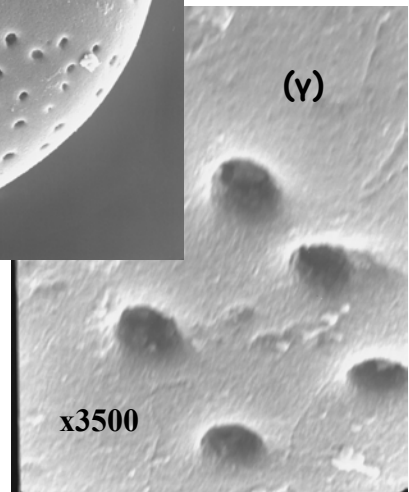
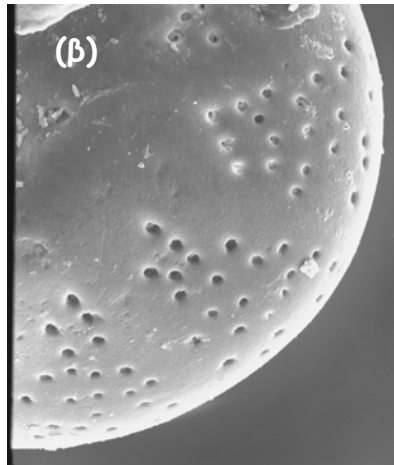
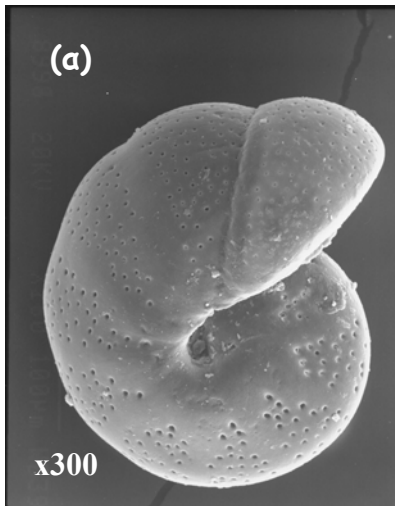
Εικ. 16: *Saccorhiza* sp. (α): Φωτογραφία αρχικού θαλάμου, (β): θέση διακλάδωσης του κελύφους. Λεκάνη Σποράδων (1224m, 1-2cm βάθος ιζήματος).



Εικ. 17: *Uvigerina mediterranea*. (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β): στοματικό άνοιγμα. Κρητικό Πέλαγος (1840m, 0-1cm βάθος ιζήματος).



Εικ. 18: *Bulimina marginata*. (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β): άκανθες κελύφους. Δυτικό Ιόνιο (600m, 0-1cm βάθος ιζήματος).

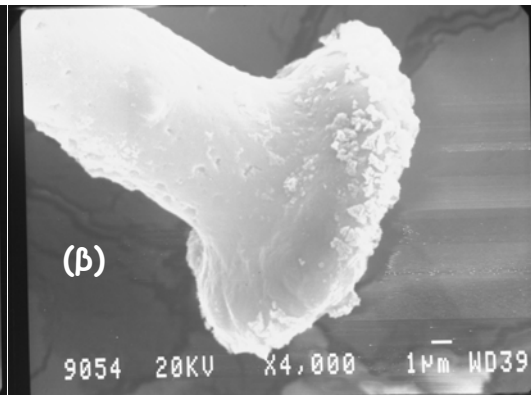
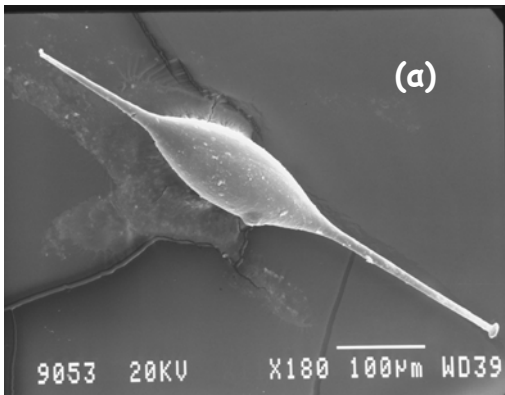
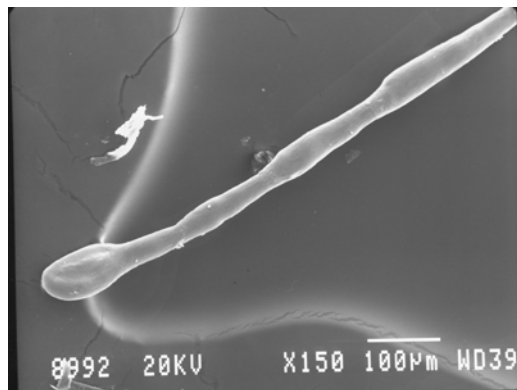


Εικ. 19: *Melonis barleeanum*. (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β), (γ): σπές κελύφους. Λεκάνη Σποράδων (1224m, 1-2cm βάθος ιζήματος).



Εικ. 20: *Ammolagena clavata*. Σταθμός T3 (3055m, 0-0,5cm βάθος ιζήματος).

Εικ. 21: *Articulina tubulosa*. Λεκάνη Πελοποννήσου (4617m, 0-2cm βάθος ιζήματος).



Εικ. 22: *Lagena mollis*. (α): Φωτογραφία ολόκληρου ατόμου, (β): στοματικό άνοιγμα. Λεκάνη Σποράδων (1224m, 0-1cm βάθος ιζήματος).