

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

**Εποχιακή μεταβλητότητα της αφθονίας και βιομάζας της  
μακροβενθικής βιοκοινωνίας του μαλακού υποστρώματος της  
ανώτερης περιπαραλιακής ζώνης στον κόλπο Ηρακλείου (Κρητικό  
Πέλαγος).**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**  
**ΑΚΟΥΜΙΑΝΑΚΗ ΙΩΑΝΝΑ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ 1997**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τα μέλη της διμελούς επιτροπής της μεταπτυχιακής διατριβής μου: τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Α. Ελευθερίου για τις εύστοχες παρατηρήσεις του και τα σχόλια του κατά την εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής μου και τον κ. Ζούρο για τις υποδείξεις και την άμεση υποστήριξη του. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω για τον κ. Ελευθερίου που ως διευθυντής του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης είχε την πρωτοβουλία να χρησιμοποιήσω τα δείγματα μακροπανίδας από το πρόγραμμα SFS.

**Εποχιακή μεταβλητότητα της αφθονίας και βιομάζας της μακροβενθικής κοινότητας του μαλακού υποστρώματος της ανώτερης περιπαραλιακής ζώνης στον κόλπο Ηρακλείου (Κρητικό Πέλαγος).**

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
  - 1.1 Το βένθος του Αιγαίου Πελάγους.
  - 1.2 Ο κόλπος Ηρακλείου
  - 1.3 Στόχος της μελέτης
  
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ
  - 2.1 Δειγματοληψία - Εργασίες πεδίου
  - 2.2 Εργαστηρικές τεχνικές
  - 2.3 Νωπή Βιομάζα - Ξηρή Βιομάζα - Οργανική Βιομάζα
  - 2.4 Τροφικοί τύποι
  - 2.5 Ανάλυση των αποτελεσμάτων
  
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
  - 3.1 Συντελεστές μετατροπής της υγρής βιομάζας
  - 3.2 Μονοπαραγοντικές αναλύσεις
    - 3.2.1 Ταξινομικές ομάδες
    - 3.2.2 Αφθονία
    - 3.2.3 Βιομάζα
    - 3.2.4 Αφθονία - Βιομάζα των κυριότερων ταξινομικών ομάδων
      - 3.2.4α Πολύχαιτοι
      - 3.2.4β Μικρά καρκινοειδή
      - 3.2.4γ Δεκάποδα
      - 3.2.4δ Μαλάκια
      - 3.2.4ε Εχινόδερμα
      - 3.2.4στ Διάφορα
      - 3.2.4ζ Σωληνοειδή
    - 3.2.5 Τροφικοί τύποι
    - 3.2.6 Απόλυτες διαφορές αφθονίας και βιομάζας
  - 3.3 Πολυμεταβλητές αναλύσεις
  
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ
  
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
  
6. ΠΕΡΙΛΗΨΗ
  
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
  
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

# Εποχιακή μεταβλητότητα της αφθονίας και βιομάζας της μακροβενθικής κοινότητας του μαλακού υποστρώματος της ανώτερης περιπαραλιακής ζώνης στον κόλπο Ηρακλείου (Κρητικό Πέλαγος).

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Το βένθος του Αιγαίου Πελάγους

Λίγες μελέτες αναφέρονται, έως τώρα, στην παράκτια ζώνη και το βαθύαλο οικοσύστημα της Ανατολικής Μεσογείου. Στον τομέα της βενθικής οικολογίας, ειδικότερα, η θαλάσσια έρευνα βρίσκεται ακόμη στο στάδιο της βιονομικής προσέγγισης συγκεκριμένων περιοχών. Αντίθετα στη Δυτική λεκάνη, όπου έχουν πλέον περιγραφεί οι κυριότεροι τύποι των οργανισμικών συναθροίσεων, η μελέτη του βένθους επεκτείνεται στην κατανόηση της δομής των βιοκοινωνιών, την εκτίμηση της παραγωγικότητας των διαφόρων υποστρωμάτων και την ποιοτική και ποσοτική επίδραση της ροής σωματιδιακού υλικού στο βενθικό μεταβολισμό.

Το Αιγαίο Πέλαγος αποτελεί γεωγραφική υποπεριοχή της Ανατολικής Μεσογείου. Το βόρειο τμήμα του έχει χαρακτηριστεί από τους Peres (1967) και Dounas & Koukouras (1991) σε μια διακριτή περιοχή της Μεσογείου η οποία εμφανίζει μεγάλη πανιδική ομοιότητα με τη Βορειοδυτική Μεσόγειο. Κλιματικές αντιστοιχίες σε συνδυασμό με τον εμπλουτισμό των υδάτων σε θρεπτικά άλατα χάρη στις εκβολές μεγάλων ποταμών και, ενδεχομένως, την εισροή υδάτινων μαζών από τη Μαύρη Θάλασσα (Por, 1989), συμβάλλουν στην ομολογία των δύο αυτών περιοχών.

Το Κρητικό Πέλαγος, η μεγαλύτερη λεκάνη του Νοτίου Αιγαίου, χαρακτηρίζεται από ένα μέσο βάθος 1000 μέτρων. Μέσω των στενών του κρητικού τόξου επικοινωνεί προς Ανατολάς με τη Λεβαντίνη και προς Δυσμάς με το Ιόνιο. Η απουσία εκβολών ποταμών και οργανικής ρύπανσης, η περιορισμένη έκταση της νηρητικής ζώνης, οι χαμηλές συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων, ιδίως δε των φωσφορικών, στην ζώνη της πρωτογενούς παραγωγής (Tselepides *et al.*, 1997a) και η παγιωμένη ροή υψηλής σχετικά θερμοκρασίας και πυκνότητας βαθιών νερών προς τη Λεβαντίνη και το Ιόνιο μέσω των κρητικών στενών (Theocharis *et al.*, 1993, Roether *et al.*, 1996), προσδίδουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ολιγοτροφισμού της περιοχής αυτής.

Στη βιβλιογραφία της τελευταίας δεκαετίας<sup>1</sup> πληροφορίες για το μακροζωοβένθος του

\*\*\*\*\*

1. Εκτενής επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας δίνεται από τους Κούκουρα (1979), Ντούνα (1986) και Σιακαβάρα (1994). Εδώ, αναφέρονται εργασίες που είναι καταχωρημένες στο αρχείο θαλάσσιων και αλιευτικών επιστημονικών εργασιών (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts) και όσες τελικές εκθέσεις και διδακτορικές διατριβές σχετίζονται με το θέμα της παρούσας μελέτης.

Αιγαίου πηγάζουν από μελέτες συστηματικής σε συγκεκριμένες ταξινομικές ομάδες (Kevrekidis & Koukouras, 1988, Chintiroglou *et al.*, 1989, Dounas & Koukouras, 1989α, β, 1991, Koutsoubas *et al.*, 1992α, Dounas & Steudel, 1994, Stefanidou & Voultziadou-Koukoura, 1995) και από βιονομικές προσεγγίσεις των βενθικών οικοσυστημάτων του Βόρειου (Koukouras & Russo, 1991, Chintiroglou & Koukouras, 1992, Koukouras *et al.*, 1992β, Gouvis & Koukouras, 1993), του Κεντρικού (Zenétou, 1989, Zenetos *et al.*, 1991β, Diaroulis *et al.*, 1994, Thiermann *et al.*, 1997) και του Νοτίου Αιγαίου (Ελευθερίου κ. ά., 1989, Eleftheriou & Smith, 1991, Καρακάσης, 1991, Tselepides & Eleftheriou, 1992, Σιακαβάρα, 1994). Περιορισμένη είναι επίσης η πρόσφατη βιβλιογραφία που αφορά στο ζωοβένθος περιοχών με ενδείξεις ανθρωπογενούς όχλησης και προβλήματα ρύπανσης όπως είναι ο Σαρωνικός (Zenetos *et al.*, 1991α, Zenetos & Bogdanos, 1987, Verriopoulos *et al.*, 1994), ο Παγασητικός κόλπος (Theodorou, 1995) και ο κόλπος της Γέρας (Zenetos & Papathanasiou, 1989).

## 1.2 Ο κόλπος Ηρακλείου

Ο κόλπος Ηρακλείου (25°02'-25°20'Α - 35°20'-35°28'Β) βρίσκεται στη μέση περίπου των βόρειων ακτών της Κρήτης και το μήκος του φτάνει τα 18 km. Οι επικρατούντες άνεμοι καθ' όλη τη διάρκεια του έτους έχουν βόρεια και βορειοδυτική κατεύθυνση και η μέση ετήσια θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα (19°C) θεωρείται η υψηλότερη στο Αιγαίο. Σε απόσταση 10 μιλίων από τις ακτές, το βάθος φτάνει τα 200 m ενώ ΒΑ του λιμανιού της πόλης του Ηρακλείου και σε απόσταση 11 μιλίων βρίσκεται η νησίδα Δία. Ο ποταμός Γιόφυρος και μερικοί χειμαρροί (Αλμυρός, Αποσελέμης, Καρτερός, κ.ά.) αποχετεύονται στον κ. Ηρακλείου. Χαρακτηριστικά του κόλπου αποτελούν η έντονη κίνηση στο λιμάνι Ηρακλείου (τρίτο λιμάνι της χώρας), οι εκτεταμένες ξενοδοχειακές και παραθεριστικές εγκαταστάσεις κατά μήκος των ακτών και ο ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός της ΔΕΗ.

Τρεις τύποι υποστρωμάτων διακρίνονται στις βενθικές ζώνες του κόλπου Ηρακλείου (Tsimenides *et al.*, 1991):

-Υποπαραλιακή ζώνη: χαρακτηρίζεται από διάφορα είδη φυκών και αγγειοσπέρμων (κυρίως *Posidonia oceanica*, *Halophila stipulacea* και *Caulerpa prolifera*) τα οποία καταλαμβάνουν αμμώδη και ιλυώδη υποστρώματα μέχρι τα 65 μέτρα περίπου.

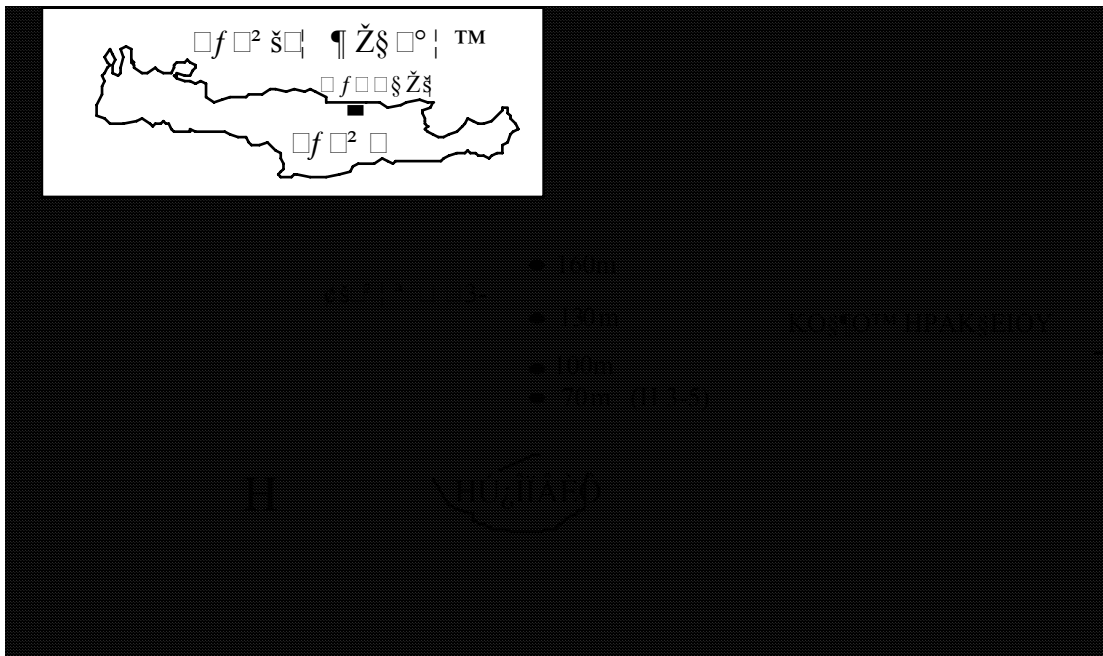
-Περιπαραλιακή ζώνη (από 70 m -160 m περίπου): χαρακτηρίζεται από λασπώδες υπόστρωμα με υψηλή περιεκτικότητα σε ιλύ και άργιλο. Το κατώτερο όριο της ζώνης αυτής συμπίπτει με το τέλος της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας.

-Βαθύαλη ζώνη (σε βάθη μεγαλύτερα από τα 160 μέτρα): πρόκειται για τη ζώνη επικράτησης των κρινοειδών και αποτελεί το ανώτερο όριο της ηπειρωτικής κατωφέρειας.

Το υπόστρωμα και η συνοδός χλωρίδα και πανίδα της υποπαραλιακής και περιπαραλιακής ζώνης του κόλπου Ηρακλείου, υπόκεινται σε συνεχείς διαταράξεις εξαιτίας σύρσεων με βενθοπελαγική τράτα από αλιευτικά σκάφη.

Παρά τα βιβλιογραφικά κενά που υπάρχουν για το βένθος του Ν. Αιγαίου, χάρη στη διενέργεια πολλαπλών διερευνητικών αποστολών του Ι.Θ.Α.ΒΙ.Κ., με αφετηρία τον κόλπο Ηρακλείου, αρκετές πληροφορίες είναι διαθέσιμες για την παραλιακή ζώνη της περιοχής αυτής (Eleftheriou & Smith, 1993, Anonymous, 1993, Leahy *et al.*, 1993, Tselepides *et al.*, 1996).

Η δειγματοληψία στην οποία βασίζεται η παρούσα μελέτη, πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος που ανέλαβε το Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης με θέμα “Τροφικές αλυσίδες στην περιοχή του Αιγαίου Πελάγους”. Κατά τη διάρκεια εκπόνησης του προγράμματος εφαρμόστηκε εντατικό πρόγραμμα δειγματοληψίας (1988 - 1992) το οποίο σχεδιαστηκε έτσι ώστε να καλύψει τις εποχιακές διακυμάνσεις και τη βαθυμετρική διαβάθμιση των περιβαλλοντικών παραγόντων σε σχέση με την κατανομή της μειοπανίδας, του μακροβένθους, της μεγαπανίδας και της ιχθυοπανίδας στον κόλπο Ηρακλείου. Η μελέτη του μακροβενθικού συστήματος υπήρξε ένας από τους κύριους στόχους του προγράμματος αυτού. Προς το παρόν έχουν αναλυθεί και καταγραφεί τα αποτελέσματα που προέκυψαν στα πλαίσια διμηνιαίας δειγματοληψίας διάρκειας ενός έτους (Δεκέμβριος 1988 - Δεκέμβριος 1989) η οποία εστιάστηκε στα 70 m (H3-5), 100 m (H3-6), 130 m (H3-7) και 160 m (H3-8) κατά μήκος διατομής με την επωνυμία H3- (Anonymous, 1993. σελ. 31-63), (Εικόνα 1).



**Εικόνα 1.** Χάρτης του κόλπου Ηρακλείου και οι σταθμοί δειγματοληψίας.  
Η Η Θέση ηλεκτροπαραγωγικού σταθμού ΔΕΗ.

Τα οικολογικά χαρακτηριστικά του σταθμού που είναι γνωστά ως τώρα, συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1.** Συνοπτική παρουσίαση της ποσοτικής και ποιοτικής σύνθεσης της μακροβενθικής κοινότητας και των τιμών των αβιοτικών και βιοτικών παραμέτρων του ιζήματος στα 70 μέτρα (σταθμός H3-5) στον κόλπο του Ηρακλείου. (Από: Anonymous, 1993. Τελική έκθεση αποτελεσμάτων. σελ. 31-63).

<b>Παράμετρος</b>	<b>Εύρος τιμών/Χαρακτηριστικά</b>
Τύπος υποστρώματος	Ίλυοαργιλώδες
Θεμοκρασία	από 14 °C (Ιανουάριος και Φεβρουάριος) έως 20 °C (Οκτώβριος)
Eh (έως 10 cm βάθος ιζήματος)	Θετικό
Σωματιδιακός οργανικός άνθρακας	από 3.5 mg/ g (Δεκέμβριος) έως 6.8 mg/ g (Αύγουστος)
Χλωροφύλλη α	από 0.44 μg/ g (Δεκέμβριος) έως 5.1 μg/ g (Αύγουστος)
Μικροβιακή Βιομάζα (ATP)	από 50 ng/ g (Δεκέμβριος) έως 794 ng/ g (Δεκέμβριος)
Αφθονία μακροπανίδας	έως 2176 άτομα / m <sup>2</sup>
Ξηρή βιομάζα μακροπανίδας	από 12 (Ιανουάριος) έως 18.5 g / m <sup>2</sup> (Μάιος), περίπου
Αριθμός ειδών μακροπανίδας	63 / 0.1 m <sup>2</sup> (Νοέμβριος, μέγιστη τιμή)

### 1.3 Στόχοι της μελέτης

Η παρούσα μελέτη ανατέθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος ειδίκευσης της συγγραφέως. Η επιλογή της περιοχής (κόλπος Ηρακλείου) και του συγκεκριμένου σταθμού (H3-5) σε βάθος 70 μέτρα, έγινε με κριτήριο τη συμβολή στις ερευνητικές δραστηριότητες περιβαλλοντικής παρακολούθησης που διεξάγονται από το Ι.Θ.Α.ΒΙ.Κ. στην παράκτια ζώνη του κ. Ηρακλείου. Τα πανδικά δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν είχαν ήδη συλλεχθεί στα πλαίσια του προγράμματος “Τροφικές αλυσίδες στο Αιγαίο” γεγονός που συνηγόρησε στην ανάληψη εκπόνησης της μελέτης.

Δεδομένου ότι τα διαθέσιμα στοιχεία για την ανάλυση των δεδομένων αφορούσαν μόνο σε δείγματα μακροπανίδας τα οποία πάρθηκαν σε εποχιακή βάση, η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην εκτίμηση των εποχιακών μεταβολών της αφθονίας και βιομάζας της

μακροβενθικής κοινότητας στην περιπαραλιακή ζώνη (70 m βάθος) του κ. Ηρακλείου. Επιχειρήθηκε, επίσης, η τοποθέτηση της μακροβενθικής κοινότητας των 70 μέτρων στον κ. Ηρακλείου σε σχέση με κοινότητες άλλων περιοχών της Μεσογείου. Ο όρος κοινότητα (community) εδώ, χρησιμοποιείται για να τονίσει τα ποσοτικά κριτήρια εκπροσώπησης των ειδών (αφθονία, βιομάζα, βιοποικιλότητα) και χρησιμοποιείται παράλληλα με τον όρο βιοκοινωνία.

## **2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**



## 2.1 Δειγματοληψία - Τεχνικές πεδίου

Ο σταθμός H3-5 (35°22'Β - 25°09'Α) αποτελεί το επίκεντρο της παρούσας μελέτης και βρίσκεται σε βάθος 70 μέτρα, δηλαδή στο ανώτερο όριο της περιπαραλιακής ζώνης στον κ. Ηρακλείου. Οι δειγματοληπτικές αποστολές στο σταθμό H3-5 (Εικόνα 1) έλαβαν χώρα από το Μάρτιο του 1991 έως το Φεβρουάριο του 1992 (19H3-5 / Μάρτιος, 20H3-5 / Μάιος, 21H3-5 / Αύγουστος, 22H3-5 / Νοέμβριος και 23H3-5 / Φεβρουάριος).

Με βάση τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής, τη διαδοχή των βιολογικών διεργασιών στη θαλάσσια στήλη<sup>2</sup>, τις θερμοκρασίες και την αναμενόμενη απόκριση του βένθους στο εποχιακό σήμα της στήλης, οι μήνες δειγματοληψίας θεωρούνται χαρακτηριστικοί για τις εποχές: ο Μάρτιος για την άνοιξη, ο Μάιος και ο Αύγουστος για το καλοκαίρι, ο Νοέμβριος για το φθινόπωρο, και ο Φεβρουάριος για το χειμώνα.

Για την πραγματοποίηση της δειγματοληψίας χρησιμοποιήθηκε το ερευνητικό σκάφος "Φιλία" του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης. Τα δείγματα ελήφθησαν με ποσοτικό δειγματολήπτη τύπου Smith - McIntyre (αρπάγη) με επιφάνεια 0.1 m<sup>2</sup> (Smith & McIntyre, 1954). Ο δειγματολήπτης αυτός είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένος ώστε να κλείνει αυτόματα κατά την επαφή του με το βυθό, με τη βοήθεια ειδικών ελατηρίων και δυο δίσκων πελμάτων που λειτουργούν σαν σκανδάλη με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες ιζήματος και ενδοπανίδας (Eleftheriou & Holme, 1984). Επιπλέον χάρη στα δικτυωτά πλαίσια που είναι τοποθετημένα στο επάνω μέρος του μειώνεται το ωστικό κύμα που δημιουργείται κατά την κάθοδο του οπότε επιτυγχάνεται μικρότερη διατάραξη της επιφάνειας του υποστρώματος και της επιπανίδας.

Πέντε δείγματα ελήφθησαν ανά εποχή, με αποτέλεσμα η συνολική επιφάνεια δειγματοληψίας να είναι 0.5 m<sup>2</sup>. Από τον υπολογισμό του αναμενόμενου αριθμού ειδών ανά δειγματοληπτική μονάδα και τις αθροιστικές καμπύλες αριθμού ειδών κατά προσπάθεια (Hurlbert Rarefaction curves) που προέκυψαν κατά την επεξεργασία αποτελεσμάτων προηγούμενων επισκέψεων στο σταθμό H3-5 (Περίοδος '89-'90), διαπιστώθηκε ότι οι πέντε δειγματοληπτικές προσπάθειες είναι ικανές για να καλύψουν το θεωρητικό μέγιστο αριθμό ειδών (Smith, προσωπική επικοινωνία). Επίσης, σύμφωνα με τον Longhurst (1959), οι πέντε δειγματοληπτικές προσπάθειες ανά σταθμό επαρκούν για την εκτίμηση των πανιδικών δεικτών στις περιπτώσεις εκείνες που τα δεδομένα περιέχουν μικρή διασπορά.

\*\*\*\*\*

2. Σε γενικές γραμμές το σχήμα έχει ως εξής: έκρηξη φυτοπλαγκτού & βρόσκιση ζωοπλαγκτού & παραγωγή περιττωμάτων και ανανέωση θρεπτικών & δεύτερη έκρηξη φυτοπλαγκτού κλπ. Το βένθος της περιπαραλιακής ζώνης αποτελεί τον τελικό αποδέκτη των προϊόντων της πρωτογενούς και δευτερογενούς παραγωγής της στήλης.

Επάνω στο πλοίο τα δείγματα ξεπλένονταν σε κόσκινα διαμέτρου οπών 0.5 mm, αποσκοπώντας στην έκπλυση μεγάλου ποσοστού του κλάσματος ιλύος-αργίλου που

περιέχεται στα ιζήματα της περιοχής. Η επιλογή της διαμέτρου των οπών εξαρτάται από το σκοπό της μελέτης, την αδρότητα του ιζήματος και την επιθυμία για συλλογή νεαρών ατόμων ή όχι (James *et al.*, 1995). Το "άνοιγμα" μεγέθους 0.5 mm ή 1 mm, θεωρείται κατάλληλο σε αναλύσεις της βενθικής μακροπανίδας (Eleftheriou & Holme, 1984; Kingston and Riddle, 1989). Η πλειοψηφία των βενθικών εργαστηρίων χρησιμοποιεί κόσκινα με διάμετρο οπών 0.5 mm, η χρήση των οποίων στην παρούσα περίπτωση, υπαγορεύθηκε και από το φαινόμενο "νανισμού" που χαρακτηρίζει τη βενθική πανίδα της Ανατολικής Μεσογείου (Tortonese, 1951; Peres & Picard, 1958), .

Οι εργασίες πεδίου ολοκληρώνονταν με την τοποθέτηση των δειγμάτων σε πλαστικά δοχεία όγκου μισού λίτρου και την προσθήκη διαλύματος φορμόλης - θαλασσινού νερού 10 % κατ' όγκον. Αυτό το μέσο συντήρησης χρησιμοποιήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια των εργαστηριακών τεχνικών που εφαρμόστηκαν.

## 2.2 Εργαστηριακές τεχνικές

Στο εργαστήριο προστέθηκαν σε κάθε δοχείο, ανάλογα με τον όγκο του δείγματος, λίγες δεκάδες χιλιοστόλιτρα ερυθρού της Βεγγάλης 1 % για το χρωματισμό των οργανισμών, προκειμένου να διευκολυνθεί η διαλογή τους από τους κόκκους του ιζήματος. Στη συνέχεια κάθε δείγμα με τη βοήθεια ενός δοχείου όγκου 2 λίτρων , υποβλήθηκε σε διαδοχικές εκπλύσεις με νερό της βρύσης. Έτσι, χάρη στο διαχωρισμό του υπερκείμενου κλάσματος, που αποτελείτο κυρίως από τους μικρότερους οργανισμούς και ελαφρά θρύμματα, από το υποκείμενο, που περιείχε συνήθως ίζημα, κελύφη νεκρών μαλακίων και μεγάλα σε μέγεθος άτομα, η διαδικασία της διαλογής (sorting) διευκολύνθηκε και επιταχύνθηκε. Από αυτά τα δύο κλάσματα που προέκυψαν, οι οργανισμοί συλλέχθηκαν με τη βοήθεια μεγεθυντικού φακού.

Ακολούθησε κατάταξη της πανίδας στις κυριότερες ταξινομικές ομάδες, δηλαδή σε πολύχαιτους, μαλάκια, εχινόδερμα, σωληνοειδή, μικρά καρκινοειδή (οστρακάωδη, αμφίποδα, ανισόποδα, κουμόωδη, μυσιδώδη και ισόποδα), δεκάποδα και σε διάφορα (ανθόζωα, νεμερτίνοους, ασκίδια, πυκνογονίδια). Οι πολύχαιτοι προσδιορίστηκαν σε επίπεδο οικογένειας, τα μαλάκια και τα εχινόδερμα σε επίπεδο κλάσεων, τα μικρά καρκινοειδή σε επίπεδο τάξης και τα διάφορα σε επίπεδο φύλου και κλάσης. Όλοι οι προσδιορισμοί έγιναν με τη χρήση στερεοσκοπίου OLYMPUS VM-VMZ-1X-4X.

Τα άτομα από κάθε ταξινομική ομάδα μετρήθηκαν και φυλάχθηκαν σε ξεχωριστά φιαλίδια των 10 ml. Μια από τις συνέπειες της μεγάλης χρονικής απόστασης που μεσολάβησε ανάμεσα στη δειγματοληψία (περίοδος 1991-1992) και στην επεξεργασία των δειγμάτων (1996), ήταν η φθορά της επιφάνειας, των εξαρτημάτων και γενικά της συνεκτικότητας των ιστών της πλειοψηφίας των ατόμων. Συγκεκριμένα, τα ασβεστιτικά κελύφη των περισσότερων μικρών διθύρων είχαν διαβρωθεί και οι επιφανειακές δομές των πολύχαιτων, των εχινόδερμων και της ομάδας των διαφόρων είχαν αλλοιωθεί. Η απώλεια της ακεραιότητας των ατόμων μετά το κοσκίνισμα, αποδίδεται στη μείωση του pH του διαλύματος φορμόλης, που επέρχεται με την πάροδο του χρόνου. Αν και είναι γνωστές από τη βιβλιογραφία διάφορες ουσίες με ρυθμιστική δράση, όπως ο βόρακας, η εξαμίνη και τα ρινίσματα μαρμάρου (Eleftheriou & Holme, 1984), καμία από αυτές δεν

προστέθηκε στο αρχικό διάλυμα φορμόλης που χρησιμοποιήθηκε εν πλώ. Στα αποτελέσματα της παράλειψης αυτής, εκτός από τις δυσχέρειες στον ταξινομικό διαχωρισμό, προσμετράται η μείωση του ανόργανου περιεχομένου των ατόμων.

### **2.3 Υγρή Βιομάζα - Ξηρή Βιομάζα - Οργανική βιομάζα**

Η μέτρηση της υγρής βιομάζας (Wet Biomass) έγινε ξεχωριστά για κάθε δειγματοληπτική μονάδα (replicate) για όλους τους μήνες. Τα άτομα ζυγίστηκαν ανά κύρια ταξινομική ομάδα. Συγκεκριμένα ανά δείγμα και εποχή μετρήθηκε το νωπό βάρος των πολύχαιτων, μαλακίων, μικρών καρκινοειδών, δεκαπόδων, σωληνοειδών, εχινოდέρμων και της ομάδας των διαφόρων. Από την κλάση των πολύχαιτων, τα άτομα της οικογένειας Chaetopteridae, και τα μικρά άτομα των οικογενειών Oweniidae, Maldanidae και Capitellidae, ζυγίστηκαν μαζί με το σωλήνα τους. Αντίθετα, τα άτομα της οικογένειας Paguridae (Decapoda) και τα σωληνοειδή που βρέθηκαν μέσα σε κέλυφος γαστερόποδου, ζυγίστηκαν χωρίς αυτό.

Η ζύγιση του νωπού βάρους έγινε με ζυγό Mettler AJ100 με ακρίβεια 0.0001 gr, αφού προηγουμένως τα άτομα κάθε ομάδας στραγγίζονταν σε απορροφητικό χαρτί, μέχρι να μην αφήνουν ίχνη υγρασίας. Η άποψη να ζυγιστεί η βιομάζα κατά στενότερη συστηματική ομάδα απορρίφθηκε επειδή τα περισσότερα ζώα ήταν κατακερματισμένα και η ανεύρεση ολόκληρου του σώματος ήταν χρονοβόρα και αμφίβολη.

Τα μεγάλα άτομα, δηλαδή εκείνα που υπερέβαιναν το συνολικό βάρος της εκάστοτε δειγματοληπτικής μονάδας, ζυγίστηκαν χωριστά.

Προκειμένου να εξαχθούν συντελεστές μετατροπής υγρής βιομάζας σε ξηρή (Dry Biomass) και οργανική (Ash Free Dry Biomass) βιομάζα για το σύνολο των δειγμάτων, επιλέχθηκε ένα από τα πέντε δείγματα της πρώτης εποχής δειγματοληψίας (Μάρτιος 1991) του οποίου προδιορίστηκε το ξηρό βάρος και ακολούθως το οργανικό περιεχόμενο. Στην ίδια διαδικασία υποβλήθηκαν, ξεχωριστά το καθένα, τα μεγάλα άτομα που βρέθηκαν.

Τα άτομα από κάθε κύρια ταξινομική ομάδα τοθετήθηκαν σε προζυγισμένο αλουμινόχαρτο και θερμάνθηκαν σε ειδικό φούρνο (Gallenkamp Oven 300 Plus Series) στους 90 °C (υπό συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης), μέχρι σταθερού βάρους. Το βάρος μετρήθηκε 15 και 18 ώρες μετά την έναρξη της διαδικασίας αυτής. Διαπιστώθηκε, ότι ήδη από τις 15 ώρες παραμονής στη θερμοκρασία αυτή, είχε ολοκληρωθεί η αφαίρεση του υδατικού περιεχομένου των ιστών όλων των ταξινομικών ομάδων. Η μέτρηση του ξηρού βάρους στις θερμοκρασίες των 90-100 °C χρησιμοποιείται ευρύτατα καθώς επιλέγεται για την αποφυγή της απώλειας των πτητικών ουσιών που περιέχονται τους ιστούς, όπως συμβαίνει σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Giese, 1967; Wolff & de Wolf, 1977; Crisp, 1984; Palmerini & Bianchi, 1994). Από τις τιμές που προέκυψαν κατά τον τρόπο αυτό, υπολογίστηκαν οι συντελεστές μετατροπής της υγρής σε ξηρή βιομάζα για κάθε κύρια ταξινομική ομάδα.

Τα ανόργανα συστατικά της βιομάζας, στα οποία περιλαμβάνονται άλατα του θαλασσινού νερού, πυρίτιο, φωσφορικό και ανθρακικό ασβέστιο, προσδιορίζονται με πλήρη καύση της οργανικής ύλης στον κλίβανο και αποτελούν το περιεχόμενο της τέφρας (ή στάχτης) που προκύπτει. Η παραμονή στους 500-600 °C για 4 έως 6 ώρες θεωρείται ως η κατάλληλη διαδικασία για την αποτέφρωση της βιομάζας (Crisp, 1984). Η μερική (partial) πτητικότητα κάποιων από τα ανόργανα συστατικά των ιστών, η αξιοσημείωτη απώλεια διοξειδίου του άνθρακα κατά την καύση των ανθρακικών αλάτων και οι χημικοί δεσμοί του νερού με τα πυριτικά άλατα, αποτελούν τους κυριότερους παράγοντες στους οποίους οφείλονται τα σφάλματα της μεθόδου. Στις περιπτώσεις που το βάρος της τέφρας ή του κλάσματος ανθρακικού ασβεστίου που περιέχεται σε αυτήν είναι γνωστό εκ των προτέρων ότι είναι μικρό, τα σφάλματα μπορούν να αγνοηθούν. Αλλά εάν το ανθρακικό περιεχόμενο και το βάρος της τέφρας αποτελούν μεγάλο μέρος της ξηρής βιομάζας, όπως συμβαίνει στα μαλάκια και τα εχινόδερμα, η απώλεια βάρους κατά την καύση μέσω της απομάκρυνσης του CO<sub>2</sub> είναι δυνατό να ανέλθει, θεωρητικά, στο 44 % του βάρους του ανθρακικού ασβεστίου που περιέχεται στη στάχτη, με αποτέλεσμα σημαντική υποεκτίμηση του βάρους της τέφρας (Crisp, 1984).

Στην παρούσα περίπτωση, αμέσως μετά την τελευταία μέτρηση του ξηρού βάρους, τα αφυδατωμένα υπολείμματα από κάθε ομάδα υποβλήθηκαν σε καύση στους 570 °C για 2 ώρες σε κλίβανο τύπου Carbolite. Η διάρκεια της καύσης μειώθηκε λόγω της μικρής μάζας των οργανισμών και επειδή το ανόργανο περιεχόμενο των ατόμων ήταν ήδη μειωμένο λόγω της μακροχρόνιας παραμονής σε μη ουδετεροποιημένο διάλυμα φορμόλης. Για το χρονικό αυτό διάστημα και στη συγκεκριμένη θερμοκρασία, όπως διαπιστώθηκε από τους Wolff & de Wolf (1977), ελαχιστοποιούνται οι απώλειες των μη ασβεστούχων οργανικών ενώσεων που συνδέονται με τα κελύφη, όπως οι σύνδεσμοι, το περιόστρακο και μικρά υπολείμματα ιστών. Η τέφρα που απέμεινε μετά το πέρας της διαδικασίας αυτής, ζυγίστηκε. Το οργανικό περιεχόμενο της βιομάζας για κάθε ομάδα χωριστά, υπολογίστηκε αφαιρώντας το βάρος της στάχτης από το ξηρό βάρος. Έτσι, προσδιορίστηκαν οι συντελεστές μετατροπής υγρής βιομάζας σε οργανική βιομάζα οι οποίοι εφαρμόστηκαν σε όλα τα πανιδικά δείγματα της εργασίας αυτής.

## 2.4 Τροφικοί τύποι

Ακριβείς πληροφορίες για τις τακτικές τροφοληψίας που ακολουθούν οι μακροβενθικοί οργανισμοί, είναι διαθέσιμες μόνο για περιορισμένο αριθμό ειδών. Έτσι, η ένταξη ενός είδους με άγνωστες τροφικές συνήθειες σε μια τροφική κατηγορία, διευκολύνεται με γενικεύση των υπαρχόντων δεδομένων από άλλα είδη, τα οποία ανήκουν στην ίδια ταξινομική ομάδα (γένος, οικογένεια, τάξη). Η τακτική αυτή αμφισβητείται για δύο κυρίως λόγους:

1. Πολλά είδη επιδεικνύουν ευελιξία στις τροφικές προτιμήσεις τους ανάλογα με τη διαθεσιμότητα της τροφής σε ένα δεδομένο περιβάλλον.

2. Κατά γενική ομολογία, οι τροφικοί θώκοι ειδών που ανήκουν στην ίδια οικογένεια ή ακόμη και στο ίδιο γένος διαφοροποιούνται, με αποτέλεσμα η κατηγοριοποίηση που βασίζεται σε βιβλιογραφικές αναφορές να αποκλίνει, λίγο έως πολύ, από την πραγματικότητα.

Η διάκριση των τροφικών τύπων βασίζεται συνήθως στη λειτουργική μορφολογία του τροφοληπτικού μηχανισμού και στο περιεχόμενο και μέγεθος των τεμαχίων της τροφής. Στην παρούσα εργασία, οι πολύχαιτοι χαρακτηρίστηκαν με βάση την κλασσική εργασία των Fauchald & Jumars (1979), οι οποίοι έχουν προτείνει την κατάταξη των ειδών αυτής της κλάσης σε διθηματοφάγους, επιφανειακούς ιζηματοφάγους, υποεπιφανειακούς ιζηματοφάγους, σαρκοφάγους και φυτοφάγους. Τα σωληνοειδή, τα μικρά καρκίνοειδή, τα δεκάποδα, τα εχινόδερμα, τα διάφορα και τα μαλάκια κατατάχτηκαν ως προς τις τροφικές τους συνήθειες με το ίδιο σύστημα, με βάση πληροφορίες από τα εγχειρίδια ζωολογίας των Barnes (1987) και Brusca & Brusca (1990). Χρησιμοποιήθηκαν και άλλες εργασίες ώστε να ληφθεί υπόψη κατά το δυνατό περισσότερο η διαθέσιμη πληροφορία στην υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Αξίζει να σημειωθεί ότι με βάση την κατάταξη που χρησιμοποιήθηκε δε διευκρινίζεται με ακρίβεια ο τροφικός ρόλος των ειδών στη βενθική βιοκοινωνία. Για παράδειγμα, σε ιλυοαργιλώδη υποστρώματα, οι επιφανειακοί ιζηματοφάγοι και οι διθηματοφάγοι οργανισμοί, κατατάσσονται σε διαφορετικούς τροφικούς τύπους με βάση τη λειτουργική μορφολογία του τροφοληπτικού μηχανισμού. Παρόλα αυτά, ενδεχόμενα, η προέλευση της διαίτας τους είναι κοινή, δηλαδή βιογενή θρύμματα. Στην περίπτωση αυτή, η διάκριση των τροφικών τύπων αφορά τον τρόπο και με τον οποίο προσλαμβάνουν την τροφή γεγονός που αντανακλά τόσο το μέγεθος των τεμαχίων τροφής όσο και το βαθμό επεξεργασίας που έχουν υποστεί τα θρύμματα ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον τροφοληπτικό μηχανισμό του συγκεκριμένου οργανισμού.

## **2.5 Ανάλυση των αποτελεσμάτων**

Η μέση αφθονία και η μέση υγρή, ξηρή και οργανική βιομάζα από κάθε μήνα δειγματοληψίας εκφράστηκαν ως αριθμός ατόμων ανά  $m^2$  και γραμμάρια ανά  $m^2$ , αντίστοιχα. Στη συνέχεια, ακολουθήθηκε η διαδικασία που προτείνει ο Elliott (1977) για τον υπολογισμό των 95 % ορίων εμπιστοσύνης της μέσης τιμής ενός πληθυσμού τιμών που ακολουθούν την αρνητική διωνυμική κατανομή. Οι τιμές λογαριθμήθηκαν καθώς με τη μεταροπή αυτή επιτυγχάνεται καλύτερη εκτίμηση του μέσου για μικρά δείγματα από πληθυσμούς με συναθροιστική κατανομή των ατόμων στο χώρο (Elliott, 1977).

Η σύγκριση ανάμεσα στα δείγματα έγινε με τη χρήση μη παραμετρικών στατιστικών ελέγχων. Με μη παραμετρική ανάλυση διασποράς Kruskal-Wallis (Elliott 1977) ελέγχθηκε η μηδενική υπόθεση ότι τα δείγματα από όλους τους μήνες δειγματοληψίας, προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό. Με τη μέθοδο αυτή έγινε σύγκριση της αφθονίας και βιομάζας για όλους τους μήνες δειγματοληψίας ανά ταξινομική ομάδα. Στην περίπτωση σημαντικότητας των ελέγχων, εφαρμόστηκε μη παραμετρικός έλεγχος των μέσων τιμών

ανά ζεύγη δειγμάτων (έλεγχος Mann-Whitney), οπότε εντοπίζονταν οι μήνες ανάμεσα στους οποίους υπήρχαν οι σημαντικές διαφορές. Η σύγκριση των τιμών βιομάζας συμπεριλαμβανομένων και μη των μεγάλων ατόμων έγιναν επίσης με τη βοήθεια των παραπάνω ελέγχων. Οι υπολογισμοί αυτοί έγιναν με τη χρησιμοποίηση του προγράμματος Systat 5.2 για Windows (1992).

Η πολυμεταβλητή ανάλυση εφαρμόστηκε με στόχο να διερευνηθούν οι σχέσεις (αν)ομοιότητας μεταξύ των σταθμών-μηνών δειγματοληψίας. Στη μήτρα δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις πολυμεταβλητές αναλύσεις που έγιναν, οι τιμές αφθονίας και βιομάζας που εισήχθησαν ήταν οι τέταρτες ρίζες των αντίστοιχων πραγματικών τιμών. Σύμφωνα με τους Field *et al.* (1982) ο μετασχηματισμός της διπλής τετραγωνικής ρίζας των τιμών έχει το πλεονέκτημα ότι μειώνει την επίδραση των ειδών που εμφανίζουν μεγάλη αφθονία έτσι ώστε να αντισταθμίζεται ο ρόλος των λιγότερο κυρίαρχων και σπάνιων ειδών στην ομοιότητα μεταξύ δυο δειγμάτων. Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκαν οι παρακάτω αναλύσεις:

### **1. Ομαδοποίηση με την τεχνική “group-average linkage” (Hierarchical agglomerative clustering).**

Στη μήτρα δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε οι σταθμοί-μήνες δειγματοληψίας αποτέλεσαν τις στήλες και οι γραμμές τις τιμές αφθονίας και βιομάζας των ταξινομικών ομάδων. Η ομοιότητα ανάμεσα σε κάθε ζεύγος δειγμάτων υπολογίστηκε με την εφαρμογή μιας Q-τύπου ανάλυσης που οδήγησε στην παραγωγή μήτρας ομοιότητας (similarity matrix). Η μέτρηση της ομοιότητας έγινε με το συντελεστή BRAY-CURTIS (Bray & Curtis, 1957) ο οποίος χρησιμοποιείται ευρύτατα, δεν επηρεάζεται από τις κοινές απουσίες ειδών στις μήτρες και δίνει βάρος στα πλέον άφθονα είδη. Με την τεχνική “group-average linkage” υπολογίζεται η μέση ομοιότητα όλων των δυνατών ζευγών δειγμάτων από κάθε ομάδα και όχι η μέγιστη ομοιότητα ανάμεσα στα ζεύγη (Field *et al.*, 1982). Το αποτέλεσμα της ανάλυσης ήταν η γραφική απεικόνιση των μηνών δειγματοληψίας με τη μορφή δενδρογράμματος, χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο Primer 3.1 (1990).

### **2. Διευθέτηση με τη μέθοδο της μη μετρικής πολυδιάστατης διαβάθμισης (non-metric Multi-dimensional scaling, MDS).**

Το ζητούμενο της διευθέτησης των δεδομένων με τη μέθοδο αυτή ήταν η κατασκευή ενός “χάρτη” στον οποίο τα δείγματα τοποθετούνται στις δύο ή τρεις διαστάσεις, συνήθως, σε τέτοιες αποστάσεις μεταξύ τους ώστε να ικανοποιούνται όλες οι συνθήκες που υπαγορεύονται από την ιεράρχηση των συντελεστών ομοιότητας Bray-Curtis (Clarke & Warwick, 1994). Η οικολογική σημασία της διευθέτησης συνίσταται στο γεγονός ότι οι αποστάσεις μεταξύ των σταθμών στο διάγραμμα MDS αντανακλούν ανομοιοότητες στη δομή των πληθυσμών που αντιπροσωπεύουν.

Στην παρούσα μελέτη η διευθέτηση βασίστηκε στη μήτρα ομοιότητας που παράχθηκε κατά την ανάλυση ομάδας. Το στατιστικό πακέτο Primer 3.1 (1990) που

χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση αποδίδει το τελικό δισδιάστατο διάγραμμα MDS μέσα από μια επαναληπτική διαδικασία (iterative procedure) με στόχο τη διευθέτηση με το μικρότερο συντελεστή έντασης (stress). Ο συντελεστής αυτός έχει μικρές τιμές όταν επιτυγχάνεται μονότονη τοποθέτηση των ζευγών τιμών που προκύπτουν κατά την εφαρμογή μη-μετρικής (μονότονης) παλινδρόμησης μεταξύ των ευκλείδειων αποστάσεων (άξονας Y) και των Bray-Curtis τιμών ανομοιότητας (άξονας X) ανάμεσα σε όλα τα ζευγη δειγμάτων (Clarke & Warwick, 1994). Η μικρή τιμή του συντελεστή έντασης (stress) αποτελεί κριτήριο καλής εφαρμογής του μοντέλου και αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την πιστότητα της μεθόδου (Field *et al.*, 1982).

Με τη χρήση του προγράμματος Simper του Plymouth Marine Laboratory και με βάση το δείκτη Bray-Curtis, υπολογίστηκε η μέση ποσοστιαία συνεισφορά κάθε ταξινομικής ομάδας στην ολική ομοιότητα ανάμεσα στις ομάδες δειγμάτων. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν τα taxa τα οποία είναι χαρακτηριστικά για κάθε ομάδα. Αντίθετα, η μέση συνεισφορά ανομοιότητας κάθε ταξινομικής ομάδας, απέδωσε τα taxa που ευθύνονται για το διαχωρισμό των δειγμάτων σε ομάδες (clusters).

### **3. Ανάλυση κυρίων συνιστωσών (Principal Components Analysis).**

Η Ανάλυση κυρίων συνιστωσών αποτελεί επίσης μια μέθοδο διευθέτησης των δεδομένων. Στόχος της είναι η μείωση των διαστάσεων των δεδομένων μέσα από γραμμικούς συνδυασμούς των αρχικών μεταβλητών, ώστε οι νέες μεταβλητές που παράγονται, οι κύριες συνιστώσες (Κ.Σ.) δηλαδή, να διατηρούν τη μέγιστη δυνατή διασπορά των αρχικών δεδομένων. Κάθε Κ.Σ. περιέχει διαφορετικό "ποσό" πληροφορίας για τα αρχικά δεδομένα που αποδίδεται με τις τιμές των scores για κάθε Κ.Σ. Η ταξινόμηση των νέων αξόνων κατά σειρά σπουδαιότητας βασίζεται στις ιδιοτιμές (eigenvalues) του πίνακα συσχετίσεων (Πίνακας R) ή του πίνακα διασπορών-συνδιασπορών (Πίνακας S) του αρχικού συνόλου: η πρώτη Κ.Σ. έχει τη μεγαλύτερη ιδιοτιμή δηλαδή το μεγαλύτερο % ποσοστό επί της συνολικής διακύμανσης. Η δεύτερη Κ.Σ., κάθετη στην πρώτη, περιέχει την αμέσως μικρότερη διακύμανση κλπ.

Η αξία της μεθόδου αναδεικνύεται πολύ περισσότερο όταν υπάρχει μεγάλος αριθμός δειγμάτων και πλεονεκτεί έναντι άλλων μεθόδων διευθέτησης ως προς το ότι οι άξονες των κυρίων συνιστωσών είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους και είναι δυνατό να ερμηνευτούν (Clarke & Warwick, 1994). Ωστόσο, παράγοντες που μαθηματικά είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, δεν αντιπροσωπεύουν κατ' ανάγκη ανεξάρτητα πρότυπα στη φύση (Austin & Noy-Meir, 1971), και γιαυτό εφιστάται ιδιαίτερη προσοχή κατά την οικολογική ερμηνεία της μεταβλητότητας που περιέχουν οι κύριες συνιστώσες.

Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε μήτρα δεδομένων της μορφής "σταθμοί X αφθονία ταξινομικών ομάδων", οπότε ο αριθμός των αρχικών μεταβλητών ήταν ίσος με τον αριθμό των ταξινομικών ομάδων. Με τη χρήση του στατιστικού πακέτου Systat 5.2 (1993) κατασκευάστηκε ο Πίνακας S και η ανάλυση ολοκληρώθηκε με την απεικόνιση των μηνών στις δύο διαστάσεις ως προς τις ευκλείδειες αποστάσεις μεταξύ τους.

### **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

#### **3.1 Συντελεστές μετατροπής της νωπής βιομάζας**



Οι συντελεστές που χρησιμοποιήθηκαν για τη μετατροπή της νωπής βιομάζας σε ξηρή και οργανική βιομάζα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Μόνο δύο μεγάλα άτομα (*Aporhais pes-pelecani*), των οποίων το υγρό βάρος υπερέβαινε το βάρος της δειγματοληπτικής μονάδας, βρέθηκαν.

Ο συντελεστής μετατροπής της νωπής βιομάζας προς οργανική είναι αντίστροφα ανάλογος του συνόλου των ανόργανων ενώσεων, κυρίως δε των ασβεστιτικών αποθέσεων, που περιέχονται στους σωματικούς ιστούς, τα κελύφη και τις σκελετικές κατασκευές. Τα μαλάκια, χάρη στα ασβεστιτικά κελύφη που διαθέτουν, τα εχινόδερμα των οποίων ο σκελετός φέρει αποθέσεις  $Ca^{++}$  και τα δεκάποδα των οποίων ο εξωσκελετός περιέχει ασβεστιτικές ενώσεις, εμφανίζουν υψηλότερες τιμές του συντελεστή αυτού κατ' αντιπαράθεση με τις υπόλοιπες ταξινομικές ομάδες.

**Πίνακας 2.** Συντελεστές μετατροπής της νωπής βιομάζας σε ξηρή και οργανική βιομάζα. Σε παρένθεση οι συντελεστές μετατροπής νωπής βιομάζας σε ξηρή από McIntyre & Eleftheriou (1968).

<u>Ταξινομική ομάδα</u>	<u>Συντελεστές Μετατροπής Νωπής Βιομάζας</u>	
	<u>Ξηρή Βιομάζα</u>	<u>Ολικό Οργανικό Περιεχόμενο</u>
<b>Πολύχαιτοι</b>	<b>0.1910 (0.155)</b>	<b>0.1338</b>
<b>Μαλάκια</b>	<b>0.2400 (0.085)*</b>	<b>0.0900</b>
<b>Σωληνοειδή</b>	<b>0.1924 (0.155)**</b>	<b>0.1356</b>
<b>Εχινόδερμα</b>	<b>0.2362 (0.085)</b>	<b>0.0789</b>
<b>Μικρά</b>		
<b>καρκινοειδή</b>	<b>0.1774 (0.08)***</b>	<b>0.1129</b>
<b>Δεκάποδα</b>	<b>0.1396 (0.08)***</b>	<b>0.0943</b>
<b>Διάφορα</b>	<b>0.1345 (0.155)**</b>	<b>0.1091</b>
<b><i>Aporhais pes-pelecani</i></b>	<b>0.8020</b>	<b>0.0478</b>

(\*) χωρίς το κέλυφος

(\*\*) και (\*\*\*) εντάσσονται στην ίδια κατηγορία κατά McIntyre & Eleftheriou (1968).

### 3.2 Μονοπαραγοντικές αναλύσεις

#### 3.2.1 Ταξινομικές ομάδες

Η ανάλυση των δειγμάτων απέδωσε από τους 5 μήνες συνολικά 51 ταξινομικές ομάδες. Συγκεκριμένα βρέθηκαν 31 οικογένειες πολύχαιτων δακτυλιοσκωλήκων, 5 κλάσεις μαλακίων (Δίθυρα, Γαστερόποδα, Caudofauneata, Πολυπλακοφόρα, Σκαφόποδα), 3 κλάσεις από το φύλο των εχινοδέρμων (εχινοειδή, οφιουροειδή, ολοθουροειδή), 5 φύλα από την ομάδα των διαφόρων (νεμερτίνοι, ανθόζωα (κνιδόζωα), πυκνογονίδια (αρθρόποδα), ασκίδια), το φύλο των σωληνοειδών και 3 υπερτάξεις από το υποφύλο των καρκινοειδών. Ειδικότερα, προσδιορίστηκαν τα οστρακώδη, 5 τάξεις από την υπερτάξη των Peracarida (αμφίποδα, κουμώδη, ταναϊδώδη, μυσιδώδη, ισόποδα) και 1 τάξη, τα δεκάποδα, από την υπερτάξη των Eucarida.

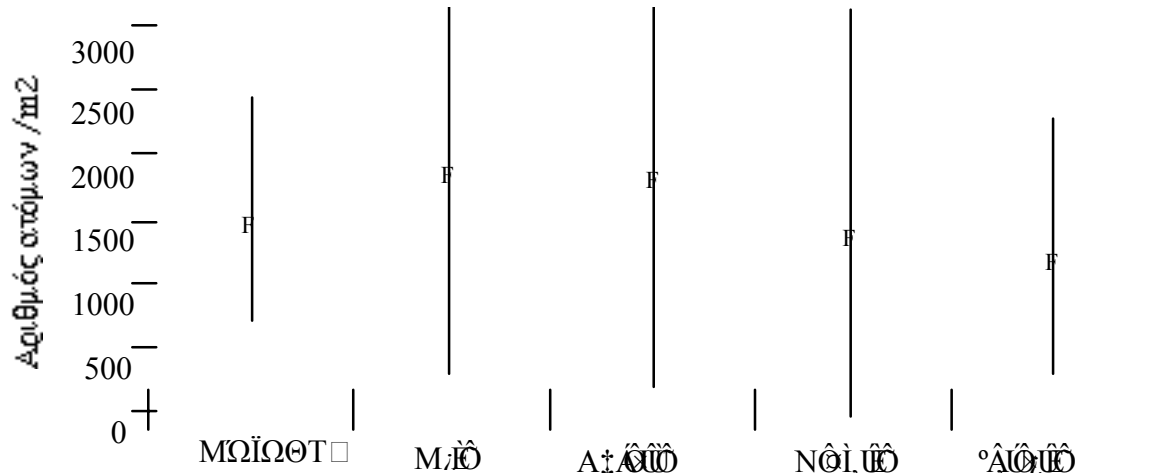
Το Μάρτιο και το Μάιο σημειώθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός ταξινομικών ομάδων (44) ενώ κατά το Φεβρουάριο ο μικρότερος (39). (Πίνακας 3).

**Πίνακας 3.** Αριθμός ταξινομικών ομάδων ανά μήνα δειγματοληψίας και ανά κύρια βενθικό taxon.

<b>Taxon</b>	<b>Μάρτιος</b>	<b>Μάιος</b>	<b>Αύγουστος</b>	<b>Νοέμβριος</b>	<b>Φεβρουάριος</b>
Πολύχαιτοι	28	29	28	29	26
Καρκίνοειδή	6	4	5	4	5
Μαλάκια	4	4	4	3	3
Εχινόδερμα	2	3	2	1	1
Διάφορα	3	3	3	2	3
Σωληνοειδή	1	1	1	1	1

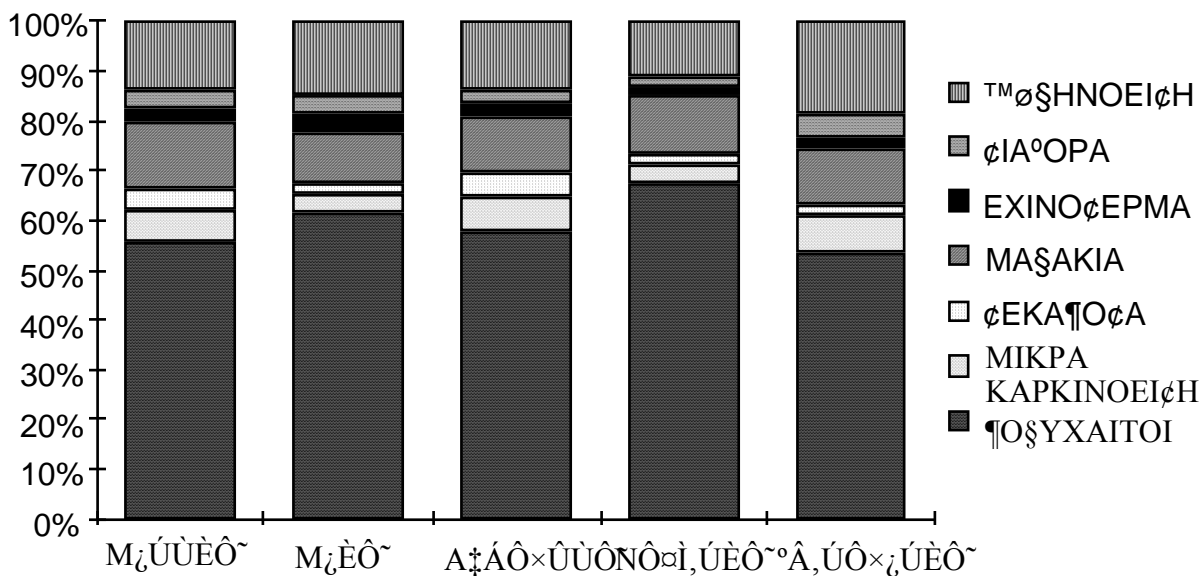
### 3.2.2 Αφθονία

Η ολική αφθονία της μακροπανίδας παρουσίασε υψηλότερες τιμές στους καλοκαιρινούς μήνες (Μάιος και Αύγουστος) και χαμηλότερες κατά το φθινόπωρο και το χειμώνα (Νοέμβριος και Φεβρουάριος, αντίστοιχα) και στην αρχή της άνοιξης (Μάρτιος) (Εικόνα 2). Συγκεκριμένα, ο ολικός αριθμός ατόμων κυμάνθηκε από 1924 άτομα / m<sup>2</sup> κατά το μήνα Μάιο σε 1240 άτομα / m<sup>2</sup> κατά το μήνα Φεβρουάριο.



**Εικόνα 2.** Μέσες τιμές της ολικής αφθονίας των ατόμων και τα 95% όρια εμπιστοσύνης σε όλους τους μήνες δειγματοληψίας.

Οι πολύχαιτοι παρουσίασαν τη μεγαλύτερη αφθονία σε όλους τους μήνες δειγματοληψίας και το ποσοστό τους υπερέβαινε πάντα το 50 % επί της ολικής αφθονίας. Ακολουθούν τα σωληνοειδή των οποίων το ποσοστό επί του συνόλου των μακροπανιδικών οργανισμών στο σταθμό H3-5 κυμάνθηκε από 11% (Νοέμβριος) έως 19% (Φεβρουάριος). Τα ποσοστά της μέσης αφθονίας των κύριων ταξινομικών ομάδων για το σύνολο της πανίδας σε όλους τους μήνες δειγματοληψίας, δίνονται στην Εικόνα 3.



**Εικόνα 3.** Ποσοστά της μέσης αφθονίας των κυριότερων ταξινομικών ομάδων σε όλους τους μήνες δειγματοληψίας.

Εξί από τα 10 επικρατέστερα taxa από την άποψη της αφθονίας, συγκαταλέγονταν στα επικρατέστερα για όλους τους μήνες (Πίνακας 4). Αυτά είναι: τα σωληνοειδή, τα δίθυρα, και οι οικογένειες πολύχαιτων Cirratulidae, Spionidae, Lumbrineridae και Maldanidae.

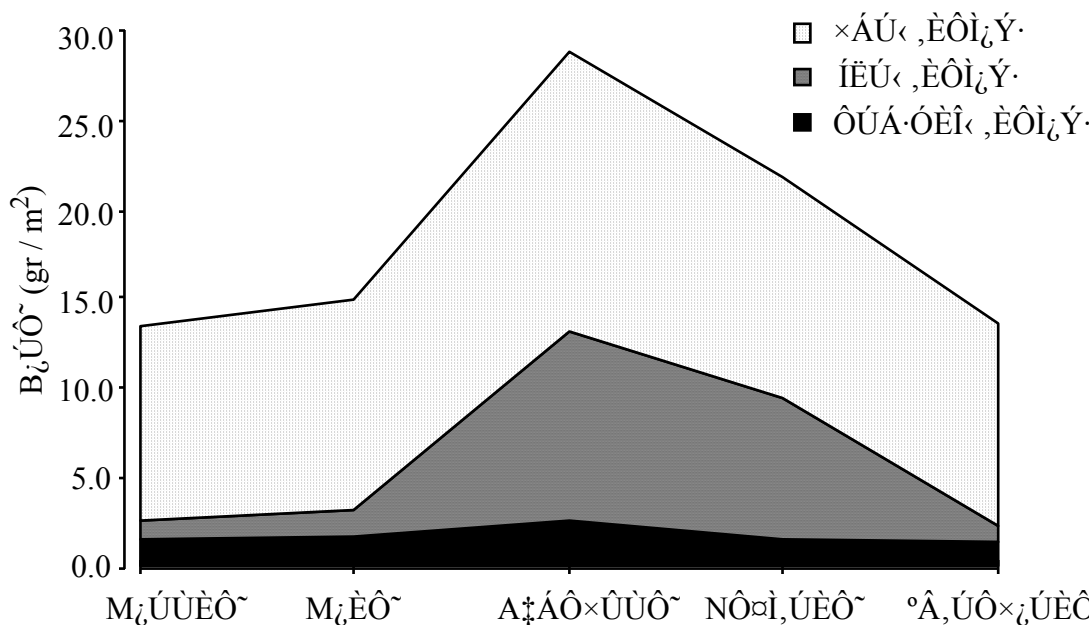
**Πίνακας 4.** Οι δέκα αφθονότερες ταξινομικές ομάδες ανά σταθμό δειγματοληψίας. Εντός παρένθεσης η % αφθονία κάθε ταξινομικής ομάδας επί της μέσης αφθονίας του σταθμού.

Αφθονία / m <sup>2</sup>	Μάρτιος	Μάιος	Αύγουστος	Νοέμβριος	Φεβρουάριος
AMPHIPODA	56 (3.4)		74 (3.6)		52 (3.6)
BIVALVIA	192 (11.5)	166 (7.7)	184 (8.8)	140 (8.4)	118 (8.2)
CAPITELLIDAE	62 (3.7)	62 (2.9)			
CAUDOFAUVEATA				50 (3.0)	35 (2.4)
CIRRATULIDAE	142 (8.5)	258 (11.9)	242 (11.6)	222 (13.3)	128 (8.9)
DECAPODA	67.5 (4.1)		104 (5.0)	44 (2.6)	35 (2.4)
LUMBRINERIDAE	70 (4.2)	116 (5.4)	82 (3.9)	102 (6.1)	72 (5.0)
MAGELONIDAE		58 (2.7)	44 (2.1)	36 (2.2)	
MALDANIDAE	70 (4.2)	68 (3.1)	104 (5.0)	54 (3.2)	60 (4.2)
ONUPHIDAE					37.5 (2.6)
OPHIUROIDEA		56.7 (2.6)			
PARAONIDAE	72 (4.3)	68 (3.1)	46 (2.2)	74 (4.4)	
SIPUNCULA	236 (14.2)	318 (14.7)	284 (13.7)	184 (11.0)	272 (19.0)
SPIONIDAE	106 (6.4)	268 (12.4)	226 (10.9)	238 (14.2)	86 (6.0)
SYLLIDAE					36.5 (2.6)
NEPHTYIDAE				36 (2.2)	

Με βάση τα παραπάνω σχηματίζεται η εικόνα της εποχιακής διακύμανσης της αφθονίας με γενικά υψηλότερες τιμές κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενδιάμεσες κατά την άνοιξη και χαμηλότερες κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες. Η διαφορά στις τιμές αφθονίας για όλους τους μήνες δειγματοληψίας ήταν στατιστικά οριακά σημαντική (Kruskal-Wallis,  $p=0.05$ ).

### 3.2.3 Βιομάζα

Η μεταβολή των τιμών της συνολικής νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, δίνεται στην Εικόνα 4.



**Εικόνα 4.** Συγκριτική παρουσίαση της μεταβολής των μέσων τιμών της ολικής νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας σε όλους τους μήνες δειγματοληψίας.

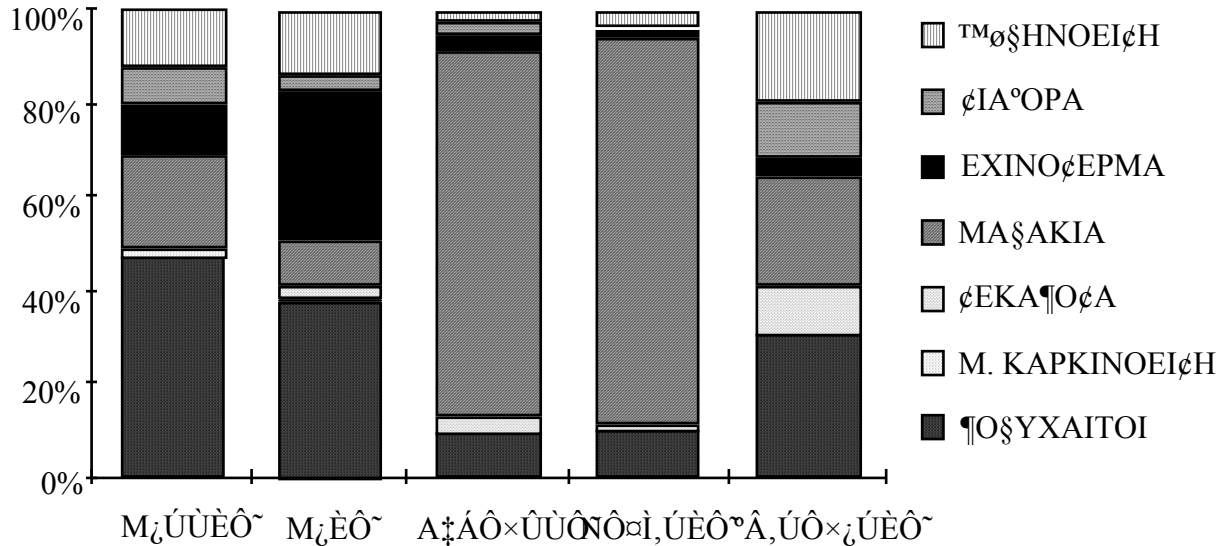
Η υψηλότερη μέση τιμή της συνολικής νωπής βιομάζας παρατηρήθηκε τον Αύγουστο ( $29.223 \text{ gr / m}^2$ ) και η χαμηλότερη το Φεβρουάριο ( $13.887 \text{ gr / m}^2$ ). Παρόμοια, οι τιμές της ξηρής και οργανικής βιομάζας παρουσιάζουν μέγιστες και ελάχιστες τιμές στους αντίστοιχους μήνες. Έτσι, η ξηρή βιομάζα κυμάνθηκε από  $13.335 \text{ gr/m}^2$  έως  $2.475 \text{ gr / m}^2$  και η οργανική βιομάζα από  $2.624 \text{ gr / m}^2$  έως  $1.535 \text{ gr / m}^2$ . Οι εποχιακές διακυμάνσεις της βιομάζας εξομαλύνονται στο επίπεδο της οργανικής βιομάζας καθώς, το εύρος των τιμών νωπής βιομάζας κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας ήταν  $15.336 \text{ gr / m}^2$  και της ξηρής βιομάζας  $10.86 \text{ gr / m}^2$  ενώ το εύρος τιμών της οργανικής βιομάζας κατά τη διάρκεια του έτους  $1.089 \text{ gr / m}^2$ . Όπως διαπιστώθηκε, η τελευταία τιμή αντιστοιχεί πρακτικά στη διαφορά οργανικού βάρους που παρουσίασε η πανίδα ανάμεσα στο καλοκαίρι και το χειμώνα.

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p > 0.05$ ) ανάμεσα στις τιμές της νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας περιλαμβανομένων των δύο μεγάλων ατόμων του είδους *Aporhais pes-pelecani* και μη. Ως εκ τούτου, όλες οι τιμές της συνολικής βιομάζας που αναφέρονται στα πλαίσια της εργασίας αυτής, υπολογίστηκαν λαμβάνοντας υπόψιν τα δύο μεγάλα άτομα.

Η διαφορά στις τιμές βιομάζας (νωπής, ξηρής και οργανικής), με κριτήριο τους μήνες δειγματοληψίας, δεν ήταν στατιστικά σημαντική (Kruskal-Wallis,  $p > 0.05$ ). Ωστόσο, βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Kruskal-Wallis,  $p < 0.05$ ) ανάμεσα στα διαφορετικά επίπεδα μετατροπής της βιομάζας, γεγονός που υποδηλώνει ότι η

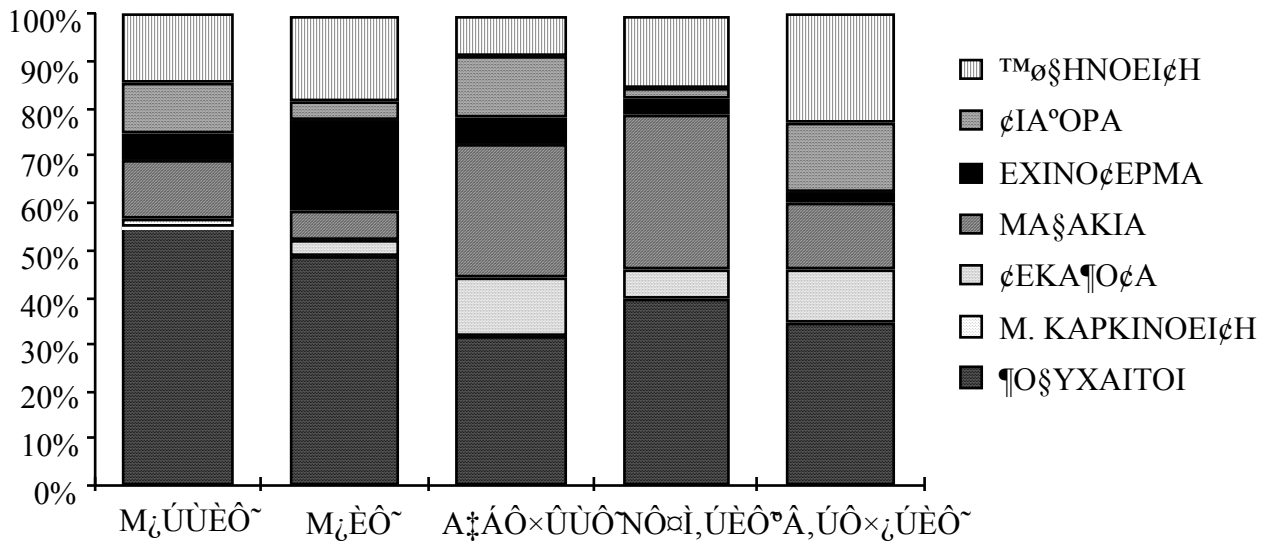
προσέγγιση και η ερμηνεία αναμένεται να διαφέρει με το επίπεδο στο οποίο εξετάζεται η βιομάζα.

Στην Εικόνα 5 δίνεται η εκατοστιαία συνεισφορά των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στη συνολική ξηρή βιομάζα.



**Εικόνα 5.** % αναλογία της ξηρής βιομάζας των κυριότερων ταξινομικών ομάδων επί της συνολικής ξηρής βιομάζας για κάθε μήνα δειγματοληψίας.

Οι πολύχαιτοι παρουσιάζουν μεγαλύτερα ποσοστά επί της συνολικής ξηρής βιομάζας από τις άλλες ομάδες κατά τους μήνες Μάρτιο, Μάιο και Φεβρουάριο, με μέγιστο ποσοστό κατά το Μάρτιο (47.2 %). Παρόμοιο πρότυπο ακολουθούν και τα σωληνοειδή τα οποία παρουσιάζουν μέγιστη εκατοστιαία αναλογία το Φεβρουάριο (19.9 %). Τον Αύγουστο και Νοέμβριο, η συνεισφορά των μαλακίων υπερβαίνει το 75 % της συνολικής ξηρής βιομάζας ενώ αυξημένη είναι η συμμετοχή των εχινοδέρμων κατά το Μάιο (32.6 %). Τα δικάποδα και η ομάδα των διαφόρων εμφανίζουν σχετικά χαμηλά μέγιστα ποσοστά το Φεβρουάριο ενώ το ποσοστό των μικρών καρκινοειδών προσεγγίζει το μηδέν σε όλους τους μήνες. Στην εικόνα 6 δίνεται η εκατοστιαία συνεισφορά των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στη συνολική οργανική βιομάζα για κάθε μήνα δειγματοληψίας.



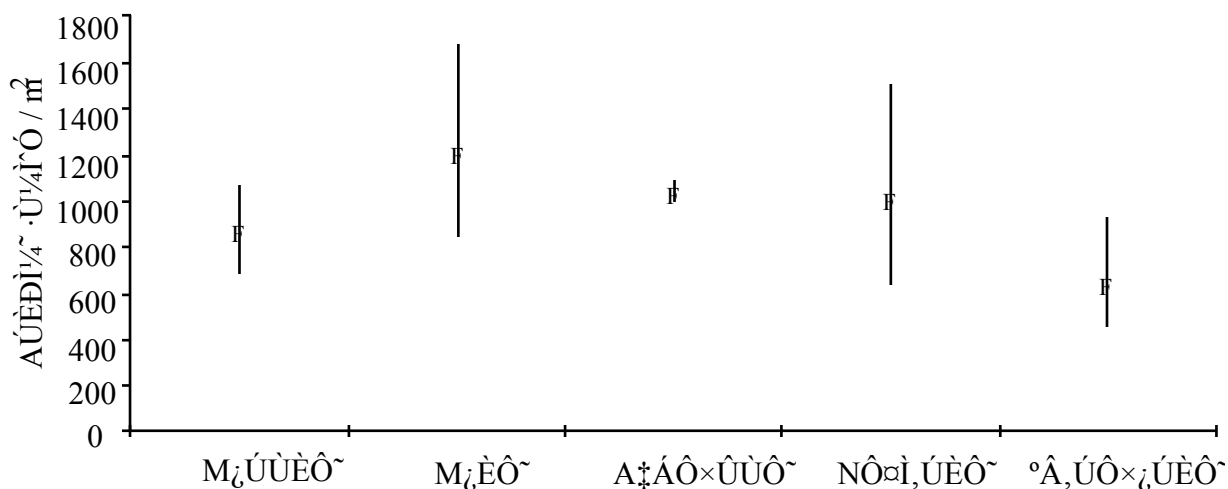
**Εκόνα 6.** % αναλογία της οργανικής βιομάζας των κυριότερων ταξινομικών ομάδων επί της συνολικής οργανικής βιομάζας για κάθε μήνα δειγματοληψίας.

Οι πολύχαιτοι αποτέλεσαν την ομάδα με το μεγαλύτερο ποσοστό επί της ολικής οργανικής βιομάζας, το οποίο κυμάνθηκε από 31.92 % (Αύγουστος) έως 54.77 % (Μάρτιος). Ακολουθούν τα μαλάκια, τα οποία κατά το μήνα Αύγουστο παρουσίασαν μέγιστο ποσοστό (32.85 %) ενώ κατά το Μάιο το ελάχιστο (6.35 %). Το εύρος των μεταβολών της εκατοστιαίας αναλογίας της οργανικής βιομάζας των υπόλοιπων ταξινομικών ομάδων ήταν: για τα σωληνοειδή από 9.01 % (Αύγουστος) έως 22.59 % (Φεβρουάριος), για τα εχινόδερμα από 2.19 % (Φεβρουάριος) έως 19.73 % (Μάιος), για την ομάδα των διαφόρων από 2.15 % (Νοέμβριος) έως 15.27 % (Φεβρουάριος), για τα δεκάποδα από 1.49 % (Μάρτιος) έως 11.9 % (Αύγουστος). Τα μικρά καρκινοειδή είχαν σταθερά ποσοστό μικρότερο του 0.5 % επί της ολικής οργανικής βιομάζας.

### 3.2.4 Αφθονία - Βιομάζα των κυριότερων ταξινομικών ομάδων

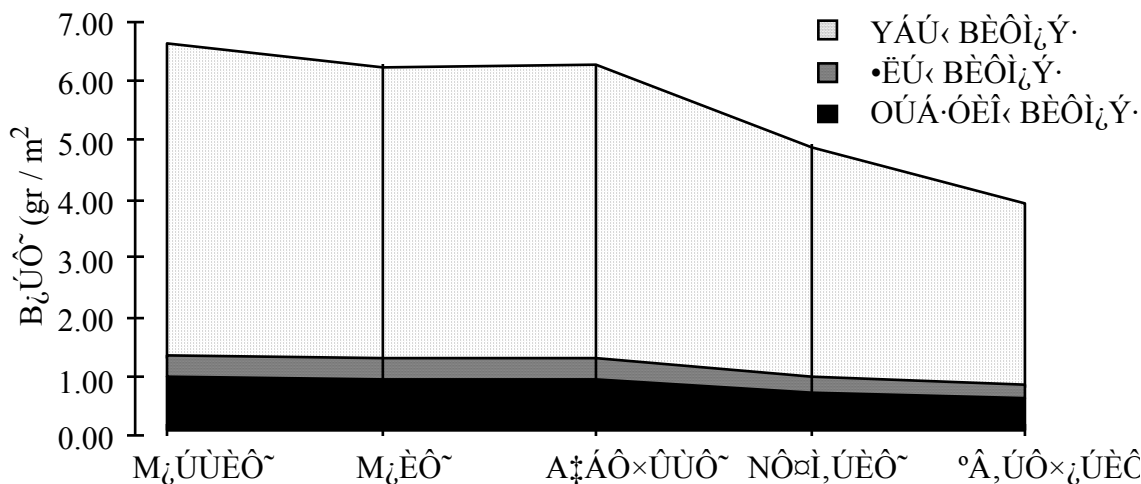
#### 3.2.4.a Πολύχαιτοι

Η κλάση των πολύχαιτων, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο, αποτέλεσε την ταξινομική ομάδα με τις υψηλότερες τιμές αφθονίας (Εικόνα 7) και οργανικής βιομάζας (Εικόνα 8).



**Εικόνα 7.** Μεταβολή των μέσων τιμών και των 95 % διαστημάτων εμπιστοσύνης του αριθμού ατόμων των πολύχαιτων.

Η χαμηλότερη μέση αφθονία τους σημειώθηκε το Φεβρουάριο (648 άτομα / m<sup>2</sup>) και η υψηλότερη το Μάιο (1188 άτομα / m<sup>2</sup>). Με βάση τα δεδομένα της συγκεκριμένης δειγματοληψίας αποτυπώθηκε η εικόνα ενός ετήσιου κύκλου κατά τον οποίο εκδηλώνονται τάσεις αύξησης του αριθμού ατόμων των πολύχαιτων κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι και τάσεις μείωσης κατά το φθινόπωρο και το χειμώνα. Οι διαφορές αυτές δεν είναι στατιστικά σημαντικές (Kruskal-Wallis, p>0.05).



**Εικόνα 8.** Συγκριτική παρουσίαση της διακύμανσης των τιμών νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας των πολύχαιτων.

Οι τιμές βιομάζας βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα το Μάρτιο, Μάιο και Αύγουστο σε σχέση με το Νοέμβριο και το Φεβρουάριο αλλά δεν παρουσιάζουν στατιστικά



σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (Kruskal-Wallis,  $p > 0.05$ ). Το μέγιστο της οργανικής βιομάζας σημειώθηκε κατά το Μάρτιο ( $0.89 \text{ gr} / \text{m}^2$ ) ενώ το χειμώνα σημειώθηκε το ελάχιστο της παρούσας δειγματοληψίας ( $0.53 \text{ gr} / \text{m}^2$ , Φεβρουάριος).

Συγκρίνοντας τις μεταβολές της αφθονίας και της βιομάζας κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, παρατηρήθηκε ότι, κατά τις αρχές της άνοιξης ο πληθυσμός των πολύχαιτων παρουσιάζει χαμηλή αφθονία αλλά τη μέγιστη οργανική βιομάζα, υποδηλώνοντας την παρουσία ώριμων ατόμων. Το Νοέμβριο δεν έχουν ακόμη εκδηλωθεί τάσεις μείωσης του αριθμού ατόμων αν και παράλληλα η οργανική βιομάζα μειώνεται. Είναι πιθανό ότι η εγκατάσταση νεαρών ατόμων της κλάσης αυτής είναι εντονότερη κατά την περίοδο που επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες στη στήλη, δηλαδή κατά το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Τα μη συγχρονισμένα επίπεδα της αφθονίας και βιομάζας, είναι δυνατό να οφείλονται επίσης σε διαφορετικούς κύκλους ζωής των ειδών που απαρτίζουν τις οικογένειες.

Οι 20 από τις 31 οικογένειες δηλαδή το 65 % επί του συνόλου ήταν παρούσες σε όλους τους μήνες δειγματοληψίας. Το 25 % των οικογενειών είχε παρουσία στους 4 από τους 5 μήνες δειγματοληψίας και το 7 % ήταν παρόν στους 3 από τους 5. Το υπόλοιπο μόλις 3 % υπήρχε στους 2 από τους 5 μήνες.

Στον Πίνακα 5 δίνονται οι 10 επικρατέστερες από την άποψη της αφθονίας οικογένειες. Οι οικογένειες Cirratulidae, Spionidae, Lumbrineridae, Glyceridae και Maldanidae, συγκαταλέγονται στις 5 αφθονότερες οικογένειες κάθε μήνα. Με εξαίρεση το Μάρτιο, τα ποσοστά της αφθονίας των οικογενειών αυτών επί της μέσης αφθονίας των πολύχαιτων και της συνολικής μέσης μακροπανιδικής αφθονίας για κάθε μήνα, υπερβαίνουν σταθερά το 60 % και το 30 %, αντίστοιχα. Στη συνέχεια διερευνώνται οι διακυμάνσεις καθε μιας από τις οικογένειες αυτές ξεχωριστά.

**Πίνακας 5.** Μέση αφθονία των 10 (αριθμός ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο) επικρατέστερων οικογενειών της κλάσης των πολύχαιτων για κάθε μήνα.

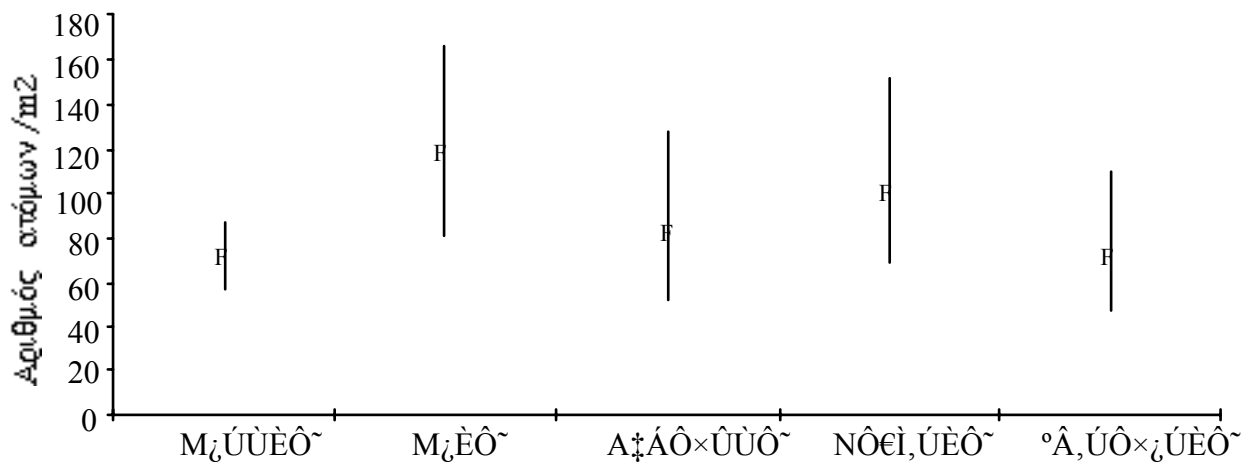
	Μάρτιος	Μάιος	Αύγουστος	Νοέμβριος	Φεβρουάριος
<b>NEPHTYIDAE</b>	34.00	8.0	28.00	36.0	18.0
<b>MAGELONIDAE</b>	42.00	58.00	44.00	36.00	15.00
<b>PARAONIDAE</b>	72.00	68.00	46.00	74.00	20.00
<b>CAPITELLIDAE</b>	62.00	62.00	28.00	22.00	24.00
<b>GLYCERIDAE</b>	36.00	46.00	30.00	30.00	32.00
<b>SYLLIDAE</b>	22.00	12.50	40.00	20.00	36.67
<b>ONUPHIDAE</b>	32.00	27.50	26.67	30.00	37.50
<b>MALDANIDAE</b>	70.00	68.00	104.00	54.00	60.00
<b>LUMBRINERIDAE</b>	70.00	116.00	82.00	102.00	72.00
<b>SPIONIDAE</b>	106.00	268.00	226.00	238.00	86.00
<b>CIRRATULIDAE</b>	142.00	258.00	242.00	222.00	128.00



## II. Lumbrineridae

Η οικογένεια Lumbrineridae θεωρείται ότι περιλαμβάνει κυρίως σαρκοφάγα είδη (Fauchald & Jumars, 1979). Η αναπαραγωγή μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους: πρώτον, με την παρεμβολή ενός λεκιθοτροφικού σταδίου που διανύει σύντομη πελαγική φάση και χαρακτηρίζεται από ανεπιτυχή προσαρμογή στην πελαγική ζωή και δεύτερον, άμεσα, με το σχηματισμό βενθικής προνύμφης (Bhaud, 1987; Masse & Guerin, 1978).

Η μεταβολή των μέσων τιμών του αριθμού ατόμων και των 95 % διαστημάτων εμπιστοσύνης τους για την οικογένεια Lumbrineridae δίνονται στην Εικόνα 10. Παρατηρείται ότι εμφανίζουν τη μέγιστη μέση αφθονία το Μάιο με 116 άτομα / m<sup>2</sup> και τη μικρότερη το Μάρτιο με 70 άτομα / m<sup>2</sup>. Γενικά η μέση αφθονία έχει υψηλότερες τιμές κατά τους μήνες Μάιο, και Νοέμβριο σε σχέση με τις τιμές που εμφανίζονται κατά το Αύγουστο, Φεβρουάριο και το Μάρτιο. Οι διακυμάνσεις αυτές είναι στατιστικά σημαντικές (Kruskal-Wallis, p<0.05) και οι σημαντικές διαφορές εντοπίζονται μεταξύ του Μαΐου με το Μάρτιο και το Φεβρουάριο (Mann-Whitney, p<0.05). Οι Masse & Guerin (1978) αναφέρουν για είδη της οικογένειας αυτής ότι η στρατολόγηση των νεαρών ατομών λαμβάνει χώρα από από το Μάιο έως τον Ιούλιο στη Δ. Μεσόγειο. Υπάρχουν ενδείξεις από τις τιμές της αφθονίας ότι η αναπαραγωγική περίοδος των Lumbrineridae στην περιοχή του κ. Ηρακλείου διαρκεί από τα μέσα της άνοιξης έως το φθινόπωρο.



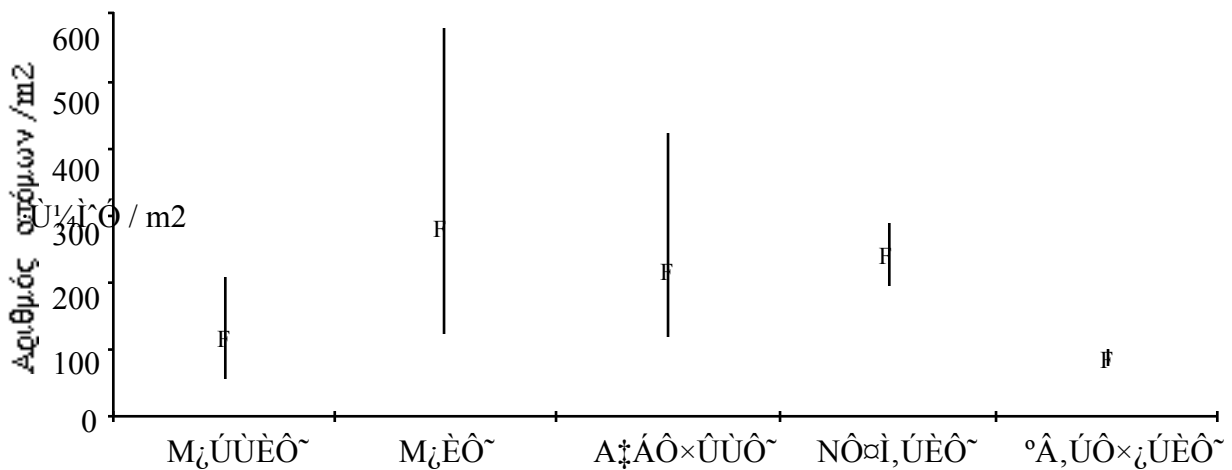
**Εικόνα 10.** Μεταβολή των μέσων τιμών και των 95% διαστημάτων εμπιστοσύνης του αριθμού ατόμων / m<sup>2</sup> της οικογένειας Lumbrineridae.

### III. Spionidae

Η οικογένεια Spionidae περιλαμβάνει ιζηματοφάγα και διηθηματοφάγα είδη (Fauchald & Jumars, 1979). Ζουν μέσα σε σωλήνα και πέρα από την ικανότητα να εγκαταλείψουν το σωλήνα τους και να κατασκευάσουν νέο, εμφανίζουν σχετική κινητικότητα στο υπόστρωμα (Remane, 1933). Στην πλειοψηφία τους αποθέτουν μεγάλα αυγά που διαθέτουν σκληρό περίβλημα. Στη συνέχεια τα αυγά είτε απελευθερώνονται στη στήλη του νερού οπότε διέρχονται από τα αναπτυξιακά στάδια της μεταμόρφωσης, είτε παραμένουν προστατευμένα μέσα στο σωλήνα του ενήλικου, όπου λαμβάνουν χώρα τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης (Fauchald & Jumars, 1979).

Η μεταβολή των μέσων τιμών του αριθμού ατόμων και των 95 % διαστημάτων εμπιστοσύνης για την οικογένεια Spionidae δίνεται στην Εικόνα 11.

Η υψηλότερη μέση τιμή αφθονίας εμφανίζεται το Μάιο με 268 άτομα / m<sup>2</sup> η οποία είναι υπερτριπλάσια της μικρότερης που σημειώθηκε τον επόμενο Φεβρουάριο (86 άτομα / m<sup>2</sup>). Ο πληθυσμός του Φεβρουαρίου διαφέρει ως προς την αφθονία από αυτούς του Μαΐου, του Αυγούστου και του Νοεμβρίου (Mann-Whitney, p<0.05). Σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν επίσης ανάμεσα στις αφθονίες του Μαρτίου με τον Αύγουστο και το Νοέμβριο (Mann-Whitney, p<0.05). Η εποχιακότητα της οικογένειας αυτής εκδηλώνεται με τις υψηλότερες τιμές της μέσης αφθονίας κατά τους μήνες Μάιο, Αύγουστο και Νοέμβριο και με σημαντικά χαμηλότερες το Μάρτιο και Φεβρουάριο. Σύμφωνα με τα δεδομένα, ο Μάρτιος “σηματοδοτεί” την έναρξη της εγκατάστασης των νεαρών ατόμων η οποία διαρκεί έως το φθινόπωρο.

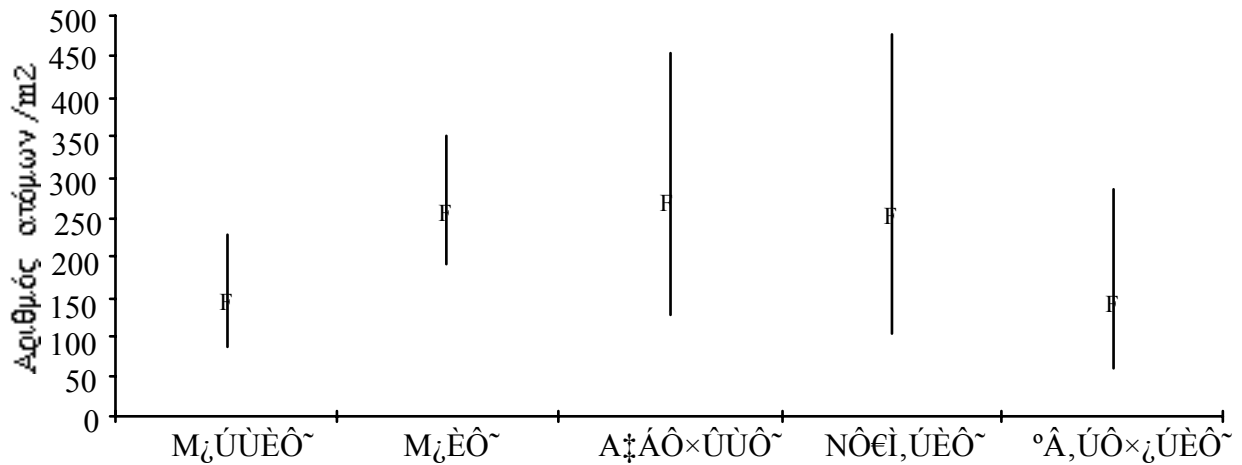


**Εικόνα 11.** Μεταβολή των μέσων τιμών και των 95% διαστημάτων εμπιστοσύνης του αριθμού ατόμων / m<sup>2</sup> της οικογένειας Spionidae.

#### IV. Cirratulidae

Τα Cirratulidae χαρακτηρίζονται ως επιφανειακοί ιζηματοφάγοι (Fauchald & Jumars, 1979). Η οικογένεια αυτή εμφανίζει γρήγορη σωματική αύξηση και υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό (Masse & Guerin, 1978).

Η μέση αφθονία παρουσίασε υψηλότερες τιμές κατά τους καλοκαιρινούς μήνες έως το Νοέμβριο και χαμηλότερες κατά το χειμώνα έως την αρχή της άνοιξης (Εικόνα 12). Ο μέγιστος μέσος αριθμός ατόμων σημειώθηκε το Μάιο με 258 άτομα / m<sup>2</sup> και ο μικρότερος το Φεβρουάριο με 128 άτομα / m<sup>2</sup>. Είναι πιθανό ότι η στρατολόγηση νεαρών ατόμων της επικρατέστερης ταξινομικής ομάδας της μακροπανίδας σε βάθος 70 m στον κ. Ηρακλείου, διαρκεί τη θερμή περίοδο του έτους. Ο υποδιπλασιασμός του πληθυσμού των Cirratulidae το χειμώνα μπορεί εν μέρει να οφείλεται σε αυξημένη θνησιμότητα μετά την περίοδο ωοτοκίας, όπως έχει ήδη αναφερθεί για μερικά γένη της οικογένειας αυτής (Oyenekan, 1987).

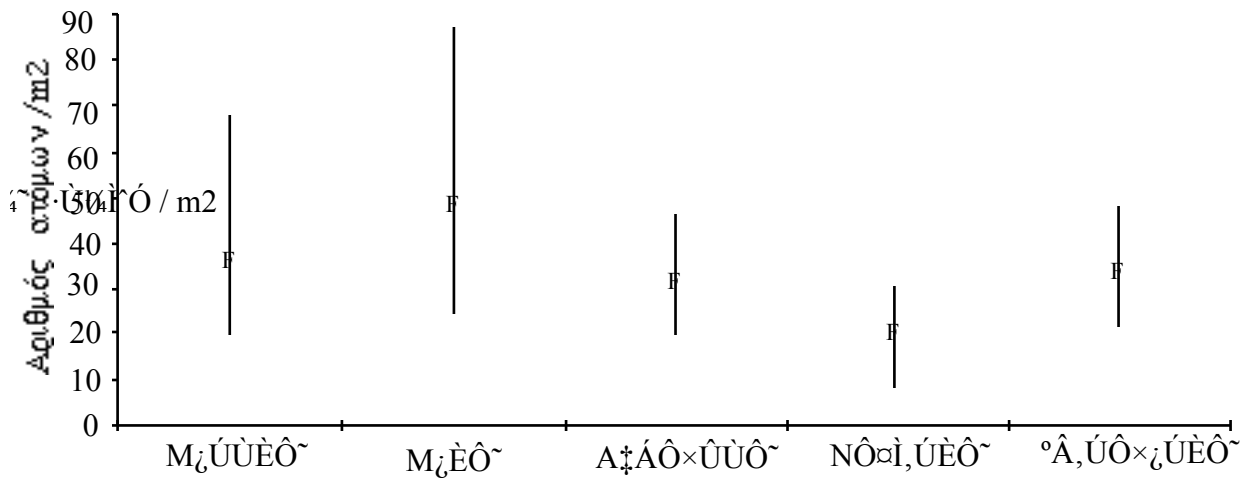


**Εικόνα 12.** Μεταβολή των μέσων τιμών και των 95% διαστημάτων εμπιστοσύνης του αριθμού ατόμων / m<sup>2</sup> της οικογένειας Cirratulidae.

## V. Glyceridae

Η οικογένεια Glyceridae περιλαμβάνει μέλη που εντάσσονται στην τροφική κατηγορία των σαρκοφάγων και μέλη που είναι ιζηματοφάγα. Η σαρκοφαγία, που θεωρείται ο κύριος τροφικός τύπος, συνοδεύεται από την κατασκευή σωλήνα που χρησιμεύει ως βάση εξόρμησης για τη σύλληψη κινούμενης λείας (Fauchald & Jumars, 1979).

Οι διακυμάνσεις της μέσης αφθονίας των Glyceridae κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας δίνονται στην Εικόνα 13. Ο μέγιστος μέσος αριθμός ατόμων εμφανίστηκε το Μάιο (46 άτομα / m<sup>2</sup>) και ο μικρότερος το Νοέμβριο (18 άτομα / m<sup>2</sup>).



**Εικόνα 13.** Μεταβολή των μέσων τιμών και των 95% διαστημάτων εμπιστοσύνης του αριθμού ατόμων / m<sup>2</sup> της οικογένειας Glyceridae.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της διερεύνησης των εποχιακών διακυμάνσεων της μέσης αφθονίας της κλάσης των πολύχαιτων έδειξαν τα εξής:

- οι οικογένειες Lumbrineridae, Cirratulidae, Glyceridae και Spionidae εμφανίζουν μέγιστη αφθονία κατά το Μάιο ενώ τα Maldanidae παρουσιάζουν μέγιστο αριθμό ατόμων τον Αύγουστο.

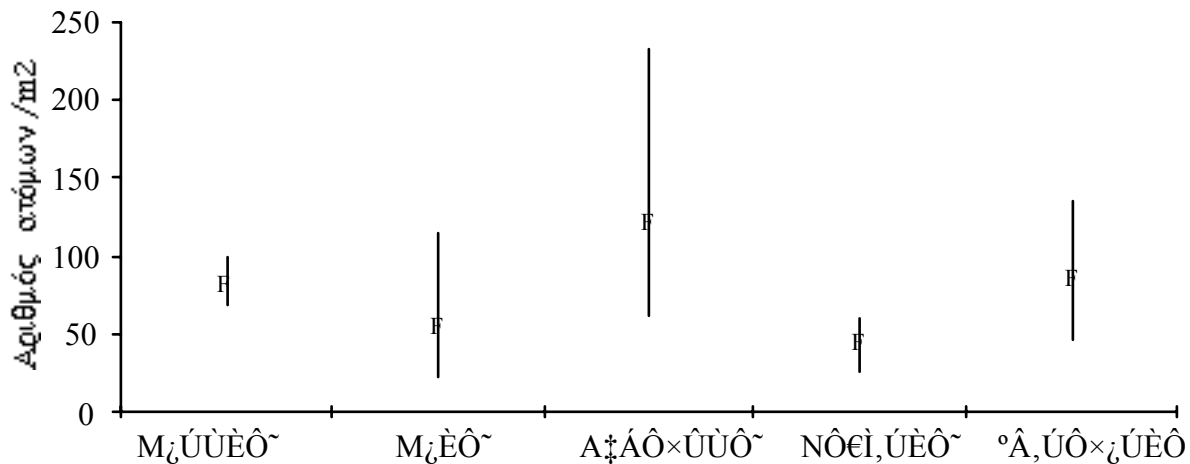
- οι ελάχιστες τιμές αφθονίας των 5 επικρατέστερων οικογενειών σημειώθηκαν κατά τους μήνες Φεβρουάριο (Cirratulidae, Spionidae, Lumbrineridae), Μάρτιο (Lumbrineridae) και Νοέμβριο (Maldanidae, Glyceridae).

- Οι οικογένειες Capitellidae, Paraonidae, Onuphidae, Syllidae, Nephtyidae και Magelonidae συγκαταλέγονται στις 10 αφθονότερες οικογένειες της κλάσης (Πίνακας 4). Οι πολύχαιτοι Capitellidae, Paraonidae και Magelonidae κατατάσσονται στην κατηγορία των υποεπιφανειακών ιζηματοφάγων οργανισμών (Fauchald & Jumars, 1979). Σαρκοφάγα και ιζηματοφάγα είδη περιλαμβάνουν οι οικογένειες Onuphidae και Nephtyidae, και σαρκοφάγα η οικογένεια Syllidae (Fauchald & Jumars, 1979). Οι πολύχαιτοι Onuphidae παρουσιάζουν μέγιστη αφθονία το Φεβρουάριο και οι Syllidae το Φεβρουάριο και τον Αύγουστο, οι Capitellidae και Magelonidae το Μάιο ενώ δύο μέγιστα, το Μάρτιο και το Νοέμβριο παρουσίασαν οι Paraonidae και Nephtyidae. Οι μικρότερες αφθονίες των οικογενειών αυτών σημειώθηκαν κατά τους μήνες Φεβρουάριο (Magelonidae και Paraonidae), Μάιο (Syllidae, Nephtyidae), Αύγουστο (Onuphidae) και Νοέμβριο (Capitellidae).

### 3.2.4.β Μικρά καρκινοειδή

Τα μικρά καρκινοειδή ήταν η δεύτερη ομάδα από την άποψη της εκπροσώπησης σε ταχα σε όλους τους μήνες δειγματοληψίας. Το εύρος τιμών της μέσης αφθονίας κυμάνθηκε από 116 άτομα / m<sup>2</sup> τον Αύγουστο έως 40 άτομα / m<sup>2</sup> το Νοέμβριο (Εικόνα 14).

Έντονες διακυμάνσεις της μέσης αφθονίας (Kruskal-Wallis,  $p < 0.05$ ) διαπιστώθηκαν κατά τη διάρκεια της παρούσας δειγματοληψίας στον πληθυσμό των μικρών καρκινοειδών. Συγκεκριμένα οι διαφορές εντοπίστηκαν ανάμεσα στο Νοέμβριο και το Αύγουστο (Mann-Whitney,  $p < 0.05$ ) ενώ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους υπόλοιπους μήνες δειγματοληψίας.



**Εικόνα 14.** Μεταβολή των μέσων τιμών και των 95% διαστημάτων εμπιστοσύνης του αριθμού ατόμων / m<sup>2</sup> μικρών καρκινοειδών (Percarida και Οστρακώδη).

Τα αμφίποδα υπήρξαν η αφθονότερη ομάδα καταλαμβάνοντας πάνω από το 55 % της αφθονίας των μικρών καρκινοειδών σε όλους τους μήνες (Πίνακας 6). Περιλαμβάνουν είδη που τρέφονται με ίζημα, και είδη που αποξέουν την επιφάνεια νεκρών φυτικών και ζωικών οργανισμών (Barnes, 1987). Μη παραμετρικοί στατιστικοί έλεγχοι (Kruskal-Wallis) έδειξαν ότι ο πληθυσμός τους διέρχεται από έντονες εποχιακές διακυμάνσεις. Οι διαφορές αφορούν στους πληθυσμούς του Νοεμβρίου ως προς αυτούς του Μαρτίου, του Αυγούστου και του Φεβρουαρίου καθώς επίσης και του Μαΐου σε σχέση με τους πληθυσμούς του Μαρτίου και του Αυγούστου. Σε περιοχές του Β. Ατλαντικού αναφέρονται είδη που εμφανίζουν μία ωτοκία το χρόνο (Rees, 1975). Αντίθετα, στον Αμβρακικό κόλπο ο πληθυσμός των αμφιπόδων επιδεικνύει διαρκή αναπαραγωγή και παρουσιάζει αύξηση κατά τους θερινούς μήνες (Karakiri & Nicolaidou, 1987). Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας δειγματοληψίας συμπεραίνεται ότι τα αμφίποδα της περιοχής του κ. Ηρακλείου διαχειμάζουν ως ενήλικα άτομα. Είναι πιθανό ότι η εμφάνιση των νεαρών ατόμων στον πληθυσμό λαμβάνει χώρα την άνοιξη και το καλοκαίρι. Θήρευση, ανεπιτυχής εγκατάσταση των νεαρών ατόμων και ιδιαιτερότητες του κύκλου



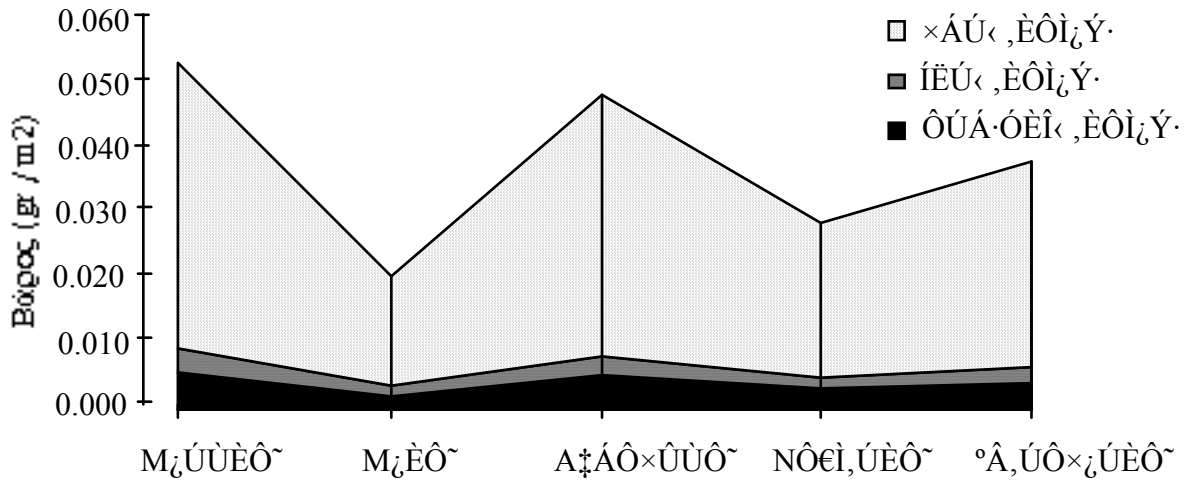
ζωής όπως π.χ. η ύπαρξη διαδοχικών γενεών κατά τη διάρκεια του έτους, είναι οι πιθανές αιτίες των μειωμένων τιμών της αφθονίας κατά το Μάιο και το Νοέμβριο.

Τα κουμόδη και ταναϊδώδη, που κατατάσσονται στους διηθηματοφάγους οργανισμούς (Barnes, 1987), είναι επίσης παρόντα σε όλους τους μήνες με σχετικά υψηλά ποσοστά επί της μέσης αφθονίας. Γενικά, οι εποχιακές διακυμάνσεις της ολικής αφθονίας των μικρών καρκινοειδών επηρεάζονται αφενός από την ασταθή παρουσία και αναλογία επικράτησης των μυσιδωδών, οστρακωδών και ισοπόδων και αφετέρου από τον κύκλο ζωής των αμφιπόδων.

**Πίνακας 6.** Εκατοστιαία αναλογία του μέσου αριθμού ατόμων των ταξινομικών ομάδων που αποτελούν τα μικρά καρκινοειδή για όλους τους μήνες δειγματοληψίας.

	Μάρτιος	Μάιος	Αύγουστος	Νοέμβριος	Φεβρουάριος
<b>AMPHIPODA</b>	68.3	56.0	63.9	55.0	65.0
<b>MYSIDACEA</b>	2.4	0.0	3.4	0.0	0.0
<b>CUMACEA</b>	18.3	32.0	29.3	10.0	12.5
<b>TANAIDACEA</b>	9.8	12.0	3.4	35.0	22.0
<b>ISOPODA</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
<b>OSTRACODA</b>	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0

Οι μεταβολές της μέσης νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας των μικρών καρκινοειδών για κάθε μήνα παρουσιάζονται στην Εικόνα 15. Η υψηλότερες τιμές ξηρής βιομάζας σημειώθηκαν το Μάρτιο και Αύγουστο ( $0.009 \text{ gr} / \text{m}^2$ ) και οι μικρότερες το Μάιο και Νοέμβριο ( $0.002$  και  $0.003 \text{ gr} / \text{m}^2$ , αντίστοιχα). Αντίστοιχα, η οργανική βιομάζα εμφάνισε μέγιστες τιμές το Μάρτιο και Αύγουστο ( $0.006$  και  $0.005 \text{ gr} / \text{m}^2$ , αντίστοιχα) και τις ελάχιστες της παρούσας δειγματοληψίας το Μάιο και Νοέμβριο ( $0.002$  και  $0.003 \text{ gr} / \text{m}^2$ , αντίστοιχα). Οι διακυμάνσεις της ξηρής και οργανικής βιομάζας δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Παρατηρήθηκε συγχρονισμένη εναλλαγή υψηλών τιμών της αφθονίας και βιομάζας με μικρότερες, γεγονός που αντανακλά ίσως την ύπαρξη διαδοχικών γενεών κατά τη διάρκεια του έτους.



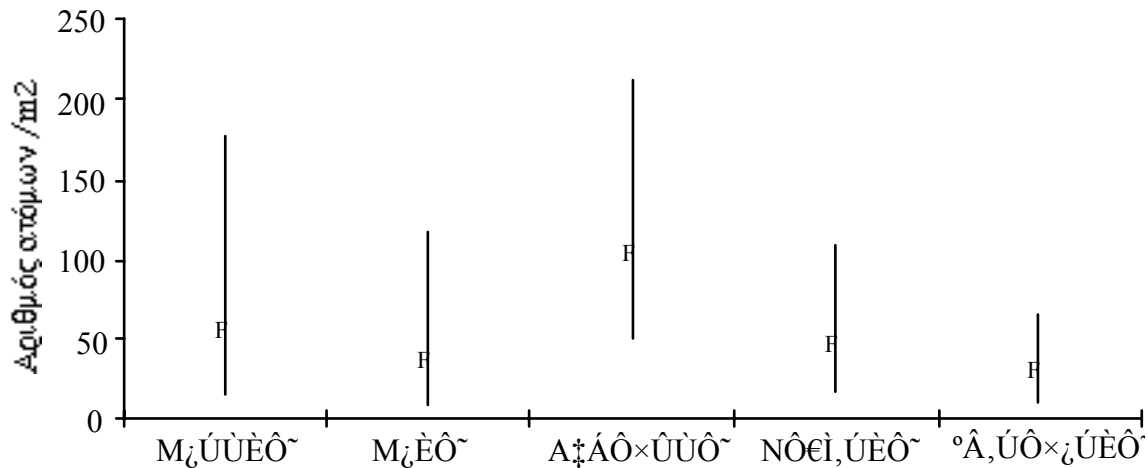
**Εικόνα 15.** Συγκριτική παρουσίαση των τιμών νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας των μικρών καρκινοειδῶν (Perracarida και Ostracoda) για ὅλους τους μήνες.

### 3.2.4.γ Δεκάποδα

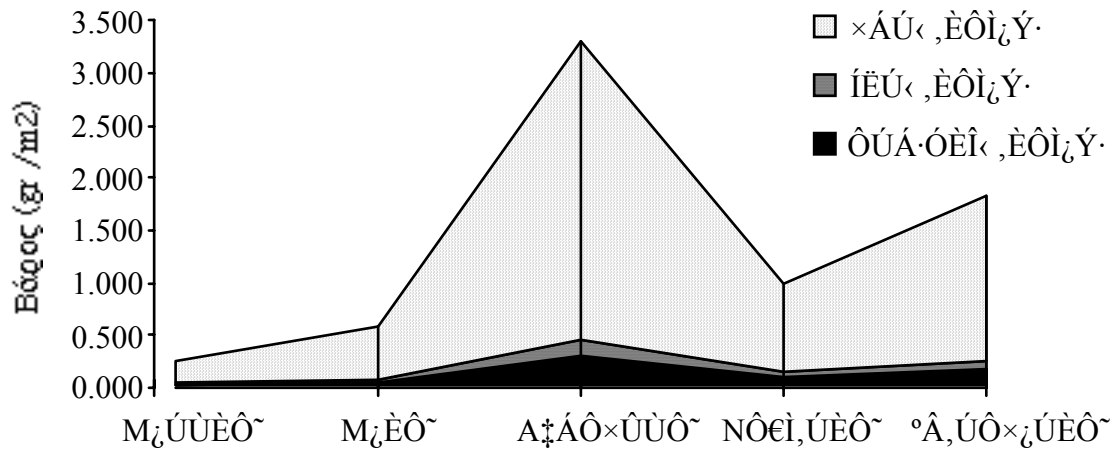
Οι εποχιακές διακυμάνσεις της μέσης αφθονίας και βιομάζας των δεκαπόδων δίνονται στις εικόνες 16 και 17, αντίστοιχα.

Η μέγιστη μέση αφθονία σημειώθηκε τον Αύγουστο (104 άτομα / m<sup>2</sup>) και η μικρότερη το Φεβρουάριο (28 άτομα / m<sup>2</sup>). Οι διαφορές ανάμεσα στους μήνες κατά τους οποίους εμφανίστηκαν η μέγιστη και η μικρότερη αφθονία καθώς και ανάμεσα στους Αύγουστο και Νοέμβριο, είναι στατιστικά σημαντικές (Mann-Whitney, p<0.05). Η ξηρή βιομάζα εμφάνισε μεγαλύτερες τιμές τον Αύγουστο (0.462 gr / m<sup>2</sup>) και το Φεβρουάριο (0.256 gr / m<sup>2</sup>) ενώ τους υπόλοιπους μήνες τα επίπεδα ήταν πολύ χαμηλότερα, με μικρότερη τιμή το Μάρτιο (0.036 gr / m<sup>2</sup>). Η μέγιστη τιμή οργανικής βιομάζας ήταν 0.312 gr / m<sup>2</sup> (Αύγουστος) και η μικρότερη 0.024 (Μάρτιος). Οι μεταβολές της οργανικής βιομάζας δεν είναι στατιστικά σημαντικές (Kruskal-Wallis, p>0.05).

Τα δεκάποδα, γενικά, περιλαμβάνουν σαρκοφάγα, ιζηματοφάγα, διθηματοφάγα και σαπροφάγα είδη (Barnes, 1987). Η αυξημένη βιομάζα του Φεβρουαρίου δε συμπίπτει με τη μικρότερη μέση αφθονία που παρατηρήθηκε τον ίδιο μήνα γεγονός που αντανακλά την επικράτηση ώριμων ατόμων κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Τα θηλυκά κατά το διάστημα αυτό φέρουν τα γονιμοποιημένα αυγά στα πλεοπόδια με αποτέλεσμα να αυξάνει η βιομάζα τους. Αντίθετα, οι μέγιστες τιμές των δύο παραμέτρων συναντώνται τον Αύγουστο οριοθετώντας χρονικά την περίοδο εγκατάστασης των νεαρών ατόμων της ομάδας αυτής.



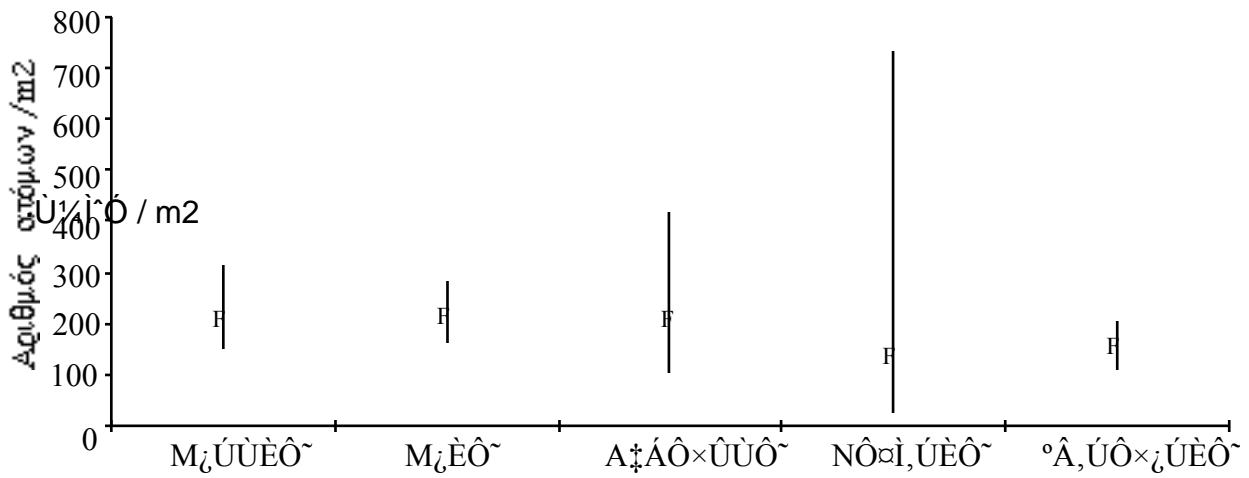
**Εικόνα 16.** Μεταβολή των μέσων τιμών και των 95% διαστημάτων εμπιστοσύνης του αριθμού ατόμων / m<sup>2</sup> των Δεκαπόδων.



**Εικόνα 17.** Συγκριτική παρουσίαση των τιμών νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζα των δεκαπόδων για όλους τους μήνες δειγματοληψίας.

### 3.2.4.δ Μαλάκια

Οι μεταβολές της μέσης αφθονίας του φύλου των μαλακίων για όλους τους μήνες δειγματοληψίας παρουσιάζονται στην Εικόνα 18. Υψηλότεροι αριθμοί ατόμων / m<sup>2</sup> εμφανίστηκαν κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι και χαμηλότεροι το χειμώνα και το φθινόπωρο. Συγκεκριμένα, η μέγιστη τιμή σημειώθηκε το Μάρτιο (218 άτομα / m<sup>2</sup>) και η μικρότερη το Νοέμβριο (146 άτομα / m<sup>2</sup>). Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές της αφθονίας ανάμεσα στους μήνες δειγματοληψίας (Kruskal-Wallis, p>0.05).



**Εικόνα 18.** Μεταβολή των μέσων τιμών και των 95% διαστημάτων εμπιστοσύνης του αριθμού ατόμων / m<sup>2</sup> των μαλακίων.

Τα δίθυρα ήταν η επικρατέστερη ομάδα με υψηλούς αριθμούς ατόμων καθ' όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας, καταλαμβάνοντας πάνω από το 75 % της μέσης αφθονίας του φύλου (Πίνακας 7). Πρόκειται για την ομάδα που διαμορφώνει το εποχιακό πρότυπο των μεταβολών της αφθονίας των μαλακίων (Εικόνες 18, 19). Οι μεγάλοι αριθμοί ατόμων αποδίδονται σε εκτεταμένες αναπαραγωγικές περιόδους, που χαρακτηρίζουν αρκετές οικογένειες της κλάσης αυτής (Masse & Guerin, 1978). Τα δίθυρα περιλαμβάνουν ιζηματοφάγα και διηθηματοφάγα είδη (Barnes, 1987).

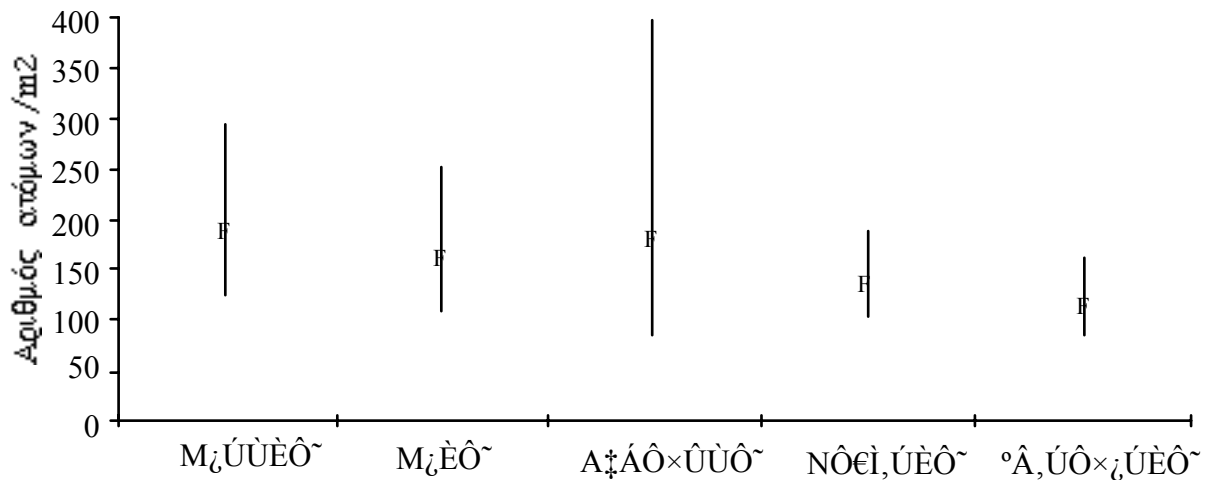
Πολύ μικρότερη αλλά σταθερή επίσης ήταν η παρουσία των Caudofauveata καθώς και των γαστεροπόδων ενώ τα πολυπλακοφόρα και τα σκαφόποδα αποτέλεσαν ιδιαίτερα σπάνια taxa της μακροπανίδας του κ. Ηρακλείου.

Τα εύρη τιμών της ξηρής και οργανικής βιομάζας κυμάνθηκαν από 0.290 και 0.109 gr / m<sup>2</sup>, αντίστοιχα (Μάιος) έως 10.446 και 0.741 gr / m<sup>2</sup> (Αύγουστος), αντίστοιχα (Εικόνα 20). Οι αυξημένες τιμές κατά τον Αύγουστο και Νοέμβριο οφείλονται αφενός στην

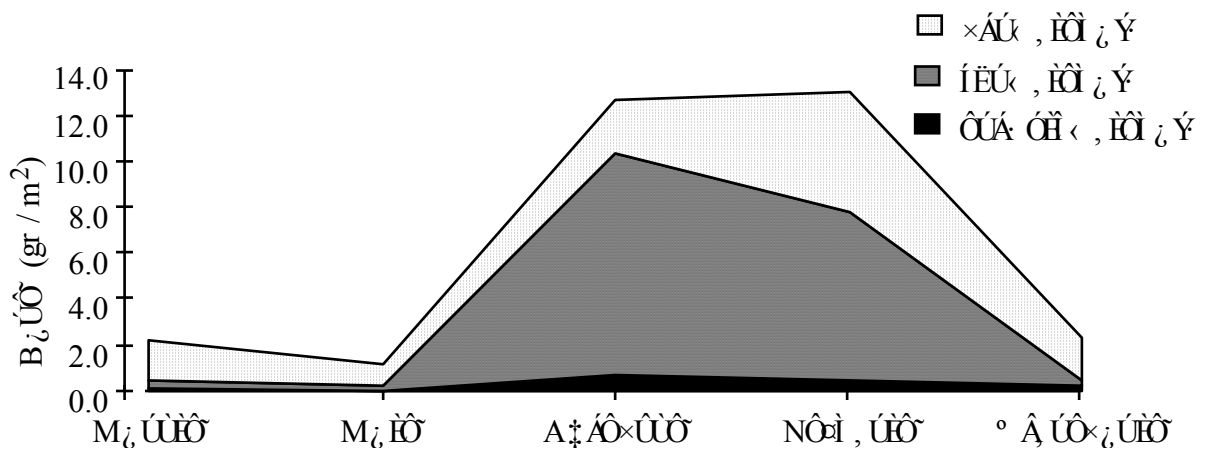
παρουσία ενός μεγάλου ατόμου του είδους *Apporhaia pes pelecani* και αφετέρου στην παρουσία μεγαλύτερων διθύρων και γαστεροπόδων καθώς και στον πληθυσμό των Caudofauveata.

**Πίνακας 7.** Εκατοστιαία αναλογία της μέσης αφθονίας των κλάσεων του φύλου των μαλακίων για όλους τους μήνες δειγματοληψίας.

Taxon	Μάρτιος	Μάιος	Αύγουστος	Νοέμβριος	Φεβρουάριος
<b>BIVALVIA</b>	88.1	77.6	87.6	76.7	79.7
<b>CAUDOFAUVEATA</b>	10.1	4.7	5.7	20.5	18.9
<b>GASTROPODA</b>	0.9	14.9	5.7	2.8	1.4
<b>POLYPLACOPHORA</b>	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>SCAPHOPODA</b>	0.0	2.8	1.0	0.0	0.0



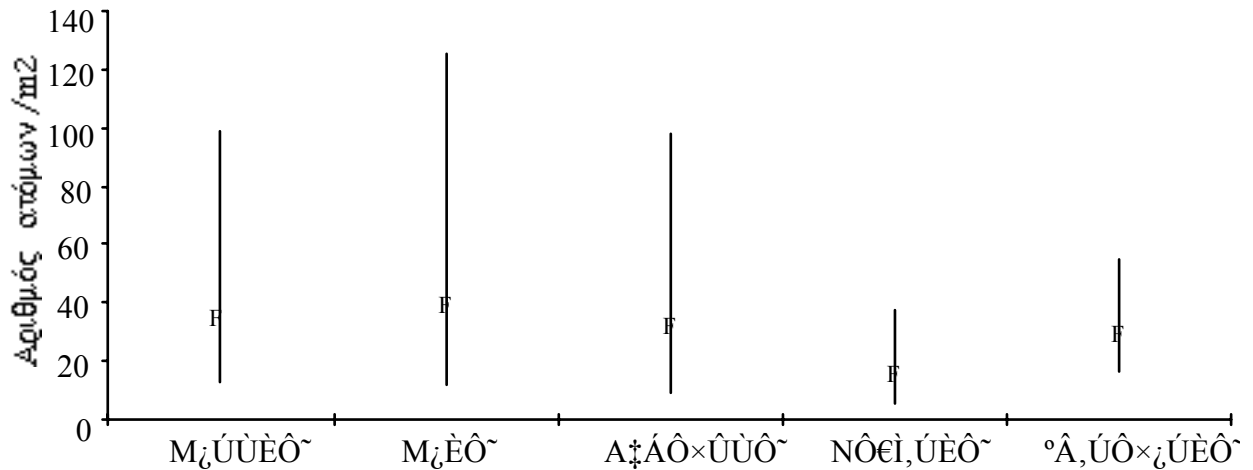
**Εικόνα 19.** Μεταβολές των μέσων τιμών της αφθονίας των διθύρων μαλακίων και τα 95 % διαστήματα εμπιστοσύνης τους για όλους τους μήνες δειγματοληψίας.



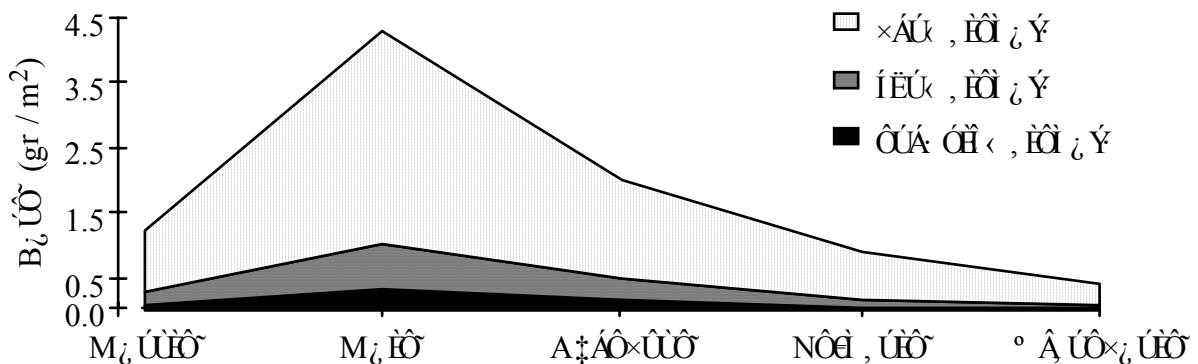
**Εικόνα 20.** Συγκριτική παρουσίαση των μεταβολών της νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας του φύλου των μαλακίων για όλους τους μήνες δειγματοληψίας.

### 3.2.4.ε Εχινόδερμα

Οι διακυμάνσεις της μέσης αφθονίας και βιομάζας των εχινόδεσμων δίνονται στις Εικόνες 21 και 22, αντίστοιχα.



**Εικόνα 21.** Μεταβολή των μέσων τιμών και των 95% διαστημάτων εμπιστοσύνης του αριθμού ατόμων / m<sup>2</sup> των εχινόδεσμων.



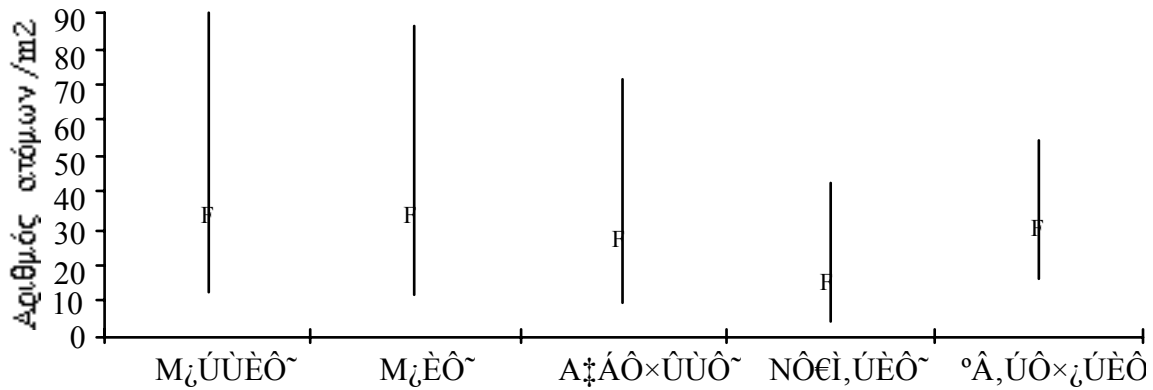
**Εικόνα 22.** Συγκριτική παρουσίαση των μεταβολών της νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας του φύλλου των εχινόδεσμων για όλους τους μήνες δειγματοληψίας.

Οι μέγιστες τιμές αφθονίας και βιομάζας σημειώθηκαν το Μάιο (40 άτομα / m<sup>2</sup> και 0.338 gr / m<sup>2</sup> οργανικής βιομάζας). Ο μικρότερος αριθμός ατόμων υπήρξε το Νοέμβριο (16 άτομα / m<sup>2</sup>) και η χαμηλότερη οργανική βιομάζα το Φεβρουάριο (0.034 gr / m<sup>2</sup>). Τα



διαφορετικά επίπεδα τιμών της αφθονίας και βιομάζας δεν ήταν στατιστικά σημαντικά (Kruskal-Wallis,  $p > 0.05$ ).

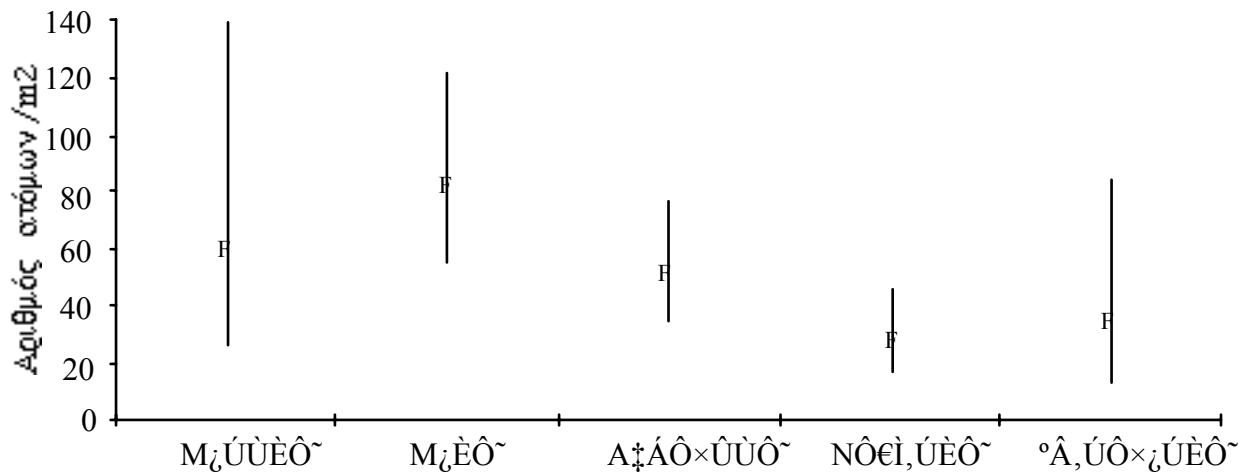
Τα εχινόδερμα της παρούσας μελέτης περιλαμβάνουν κυρίως ιζηματοφάγους οργανισμούς (Mortensen, 1977). Τα οφιουροειδή (κυρίως είδη του γένους *Amphiura*), αποτέλεσαν την πολυπληθέστερη κλάση από τα εχινόδερμα καθ'όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας (Εικόνα 23). Η περίοδος εγκατάστασης των νεαρών ατόμων υποδηλώθηκε από τις υψηλότερες αφθονίες που σημειώθηκαν κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι. Το ποσοστό τους επί της ολικής αφθονίας του φύλου κυμαίνεται από 85 % (Μάιος) έως 100 % (Νοέμβριος και Φεβρουάριος). Τα ολοθούρια (*Labidoplax* sp., κυρίως) και τα εχινοειδή είχαν πολύ μικρή συνεισφορά στον αριθμό ατόμων και απουσίαζαν από τα δείγματα του φθινοπώρου και του χειμώνα, συμβάλουν όμως με την παρουσία τους στις αυξημένες τιμές βιομάζας της άνοιξης και του καλοκαιριού που εμφάνισαν τα εχινόδερμα.



**Εικόνα 23.** Μεταβολή των μέσων τιμών του αριθμού ατόμων / m<sup>2</sup> των οφιουροειδών και των 95% διαστημάτων εμπιστοσύνης τους.

### 3.2.4.στ. Διάφορα

Η μέση αφθονία / m<sup>2</sup> της ομάδας των διαφόρων για κάθε μήνα δίνεται στην Εικόνα 24. Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε κατά τον Μάιο (82 άτομα / m<sup>2</sup>) και η μικρότερη το Νοέμβριο (28 άτομα / m<sup>2</sup>). Γενικά, ο πληθυσμός τους παρουσίασε πτωτικές τάσεις από το καλοκαίρι προς το φθινόπωρο και αυξητικές από το χειμώνα προς την άνοιξη και το καλοκαίρι. Οι μεταβολές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές (Kruskal-Wallis, p<0.05). Με μη παραμετρικό έλεγχο Mann-Whitney οι σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν ανάμεσα στους πληθυσμούς του Μαΐου και του Νοεμβρίου (p<0.05).



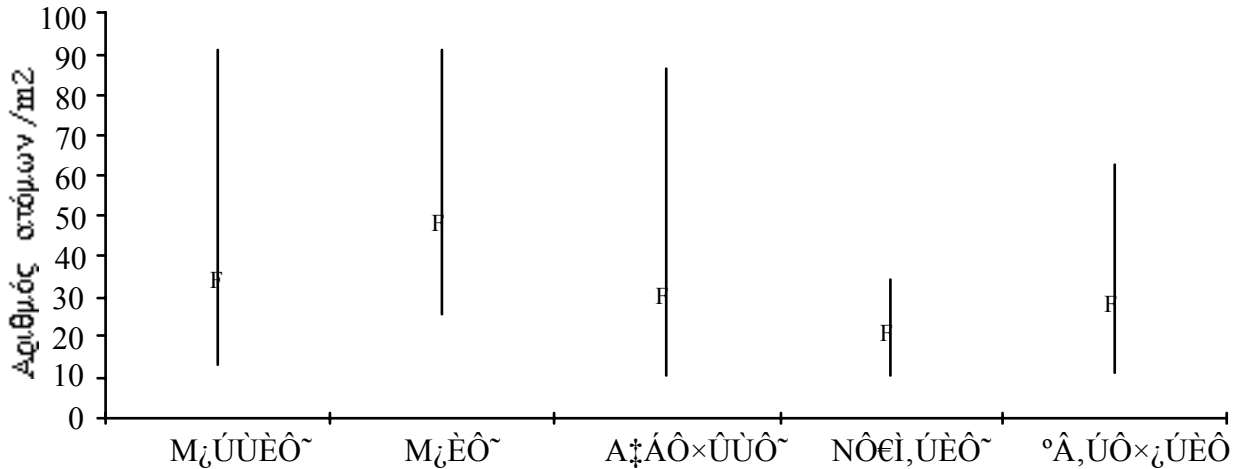
**Εικόνα 24.** Μεταβολή του μέσου αριθμού ατόμων / m<sup>2</sup> και των 95 % διαστημάτων εμπιστοσύνης τους για την ομάδα των διαφόρων για όλους τους μήνες.

**Πίνακας 8.** Εκατοστιαία αναλογία της μέσης αφθονίας των ταξινομικών ομάδων που αποτελούν τα διάφορα.

	Μάρτιος	Μάιος	Αύγουστος	Νοέμβριος	Φεβρουάριος
<b>NEMERTEA</b>	56.7	60.0	57.7	57.1	64.7
<b>ANTHOZOA</b>	40.0	32.5	34.6	42.9	29.4
<b>PYCNOGONIDA</b>	0.0	7.5	7.7	0.0	11.9
<b>TUNICATA</b>	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0

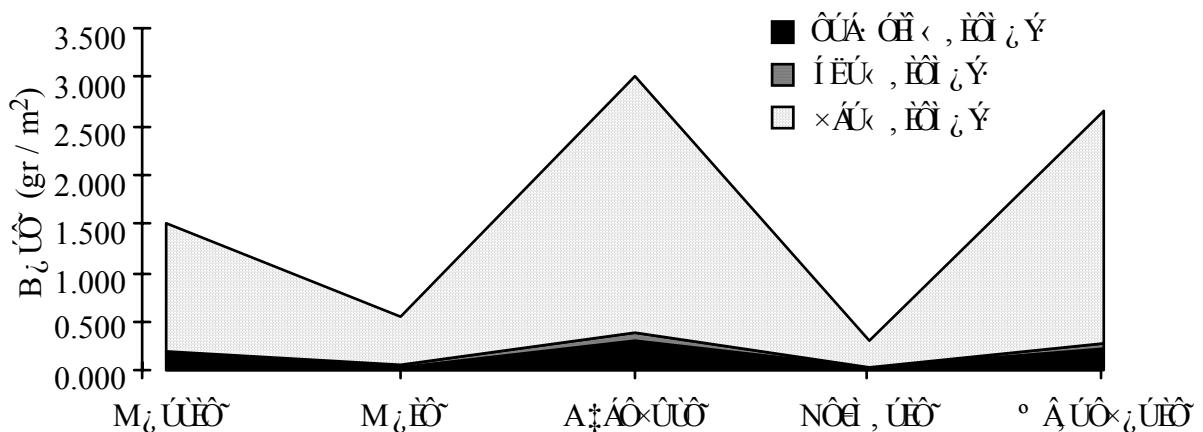
Οι νεμερτίνοι, τυπικοί σαρκοφάγοι οργανισμοί (Barnes, 1987), αποτέλεσαν το επικρατές φύλο από την άποψη της αφθονίας (Πίνακας 8). Με ποσοστό σταθερά πάνω από το 55 % επί της μέσης αφθονίας των διαφόρων, ήταν το taxon που διαμόρφωσε το εποχιακό πρότυπο μεταβολής του αριθμού ατόμων της ομάδας αυτής (Εικόνα 25).

Συγκρίνοντας τις αφθονίες τους με κριτήριο τους μήνες βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ Μαΐου και Νοεμβρίου. Τα ανθόζωα ήταν επίσης παρόντα σε όλους τους μήνες δειγματοληψίας ενώ τα πυκνογονίδια είχαν περιστασιακή εμφάνιση.



**Εικόνα 25.** Μεταβολή του μέσου αριθμού ατόμων / m<sup>2</sup> και των 95 % διαστημάτων εμπιστοσύνης τους για το φύλο των νεμερτίνων για όλους τους μήνες.

Τα επίπεδα της νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας των διαφόρων για κάθε μήνα δίνονται στην Εικόνα 26. Η ξηρή και οργανική βιομάζα επέδειξαν μέγιστες τιμές τον Αύγουστο (0.4073 και 0.3304 gr / m<sup>2</sup>, αντίστοιχα) και ελάχιστες το Νοέμβριο (0.0435 και 0.0353 gr / m<sup>2</sup>, αντίστοιχα). Η βιομάζα παρουσίασε αυξημένες τιμές κατά τους μήνες Μάρτιο, Αύγουστο και Φεβρουάριο σε σχέση με το Μάιο και Νοέμβριο. Η παρουσία ανθοζώων και νεμερτίνων μεγάλου μεγέθους συνέβαλαν σε αυτές τις μεταβολές.

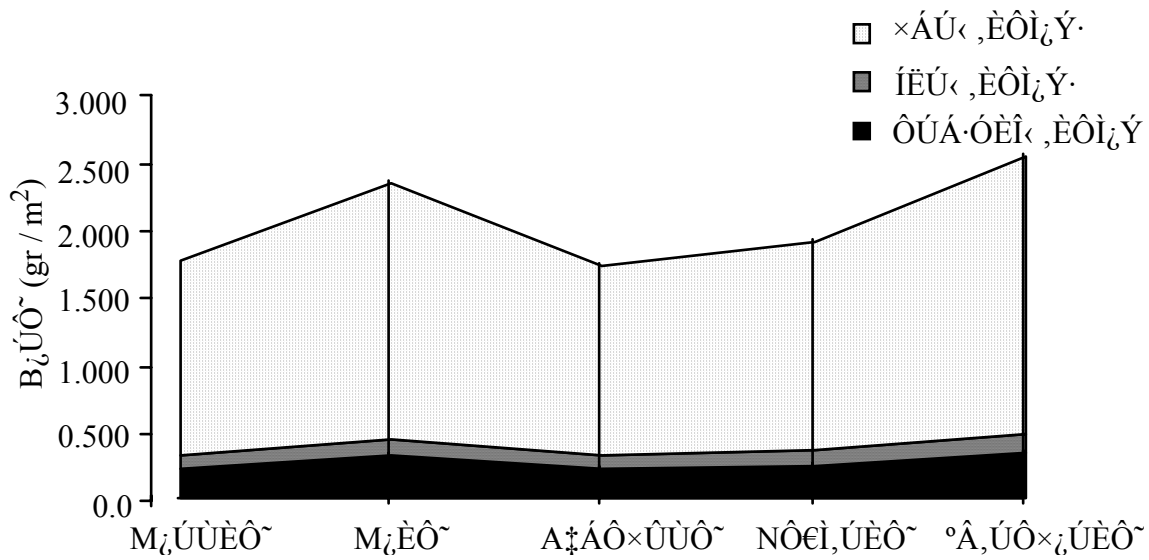


**Εικόνα 26.** Συγκριτική παρουσίαση των μεταβολών της νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας της ομάδας των διαφόρων για όλους τους μήνες δειγματοληψίας.

#### 3.2.4.ζ Σωληνοειδή

Τα Σωληνοειδή υπήρξαν μια από τις πολυπληθέστερες ταξινομικές ομάδες της μακροπανίδας στα 70 m βάθος στον κ. Ηρακλείου. Η μέση αφθονία τους, όπως φαίνεται στην Εικόνα 27 κυμάνθηκε από 184 άτομα/ m<sup>2</sup> (Νοέμβριος) έως 318 άτομα/ m<sup>2</sup> (Μάιος), Οι διακυμάνσεις αυτές είναι στατιστικά σημαντικές (Kruskal-Wallis, p<0.05) και εντοπίζονται ανάμεσα στο Νοέμβριο και τους μήνες Μάρτιο και Μάιο (Mann-Whitney, p<0.05). Οριακά σημαντικές είναι οι διαφορές ανάμεσα στο Νοέμβριο και τους μήνες Αύγουστο και Φεβρουάριο (Mann-Whitney, p=0.05). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας που προηγήθηκε της παρούσας στον ίδιο σταθμό (H3-5, Anonymous, 1993) κυρίαρχα είδη είναι τα *Onchnesoma steenstrupi*, Sipunculid sp. X και *Aspidosiphon muelleri*.





**Εικόνα 28.** Συγκριτική παρουσίαση των μεταβολών της νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας του φύλου των σωληνοειδών για όλους τους μήνες δειγματοληψίας.

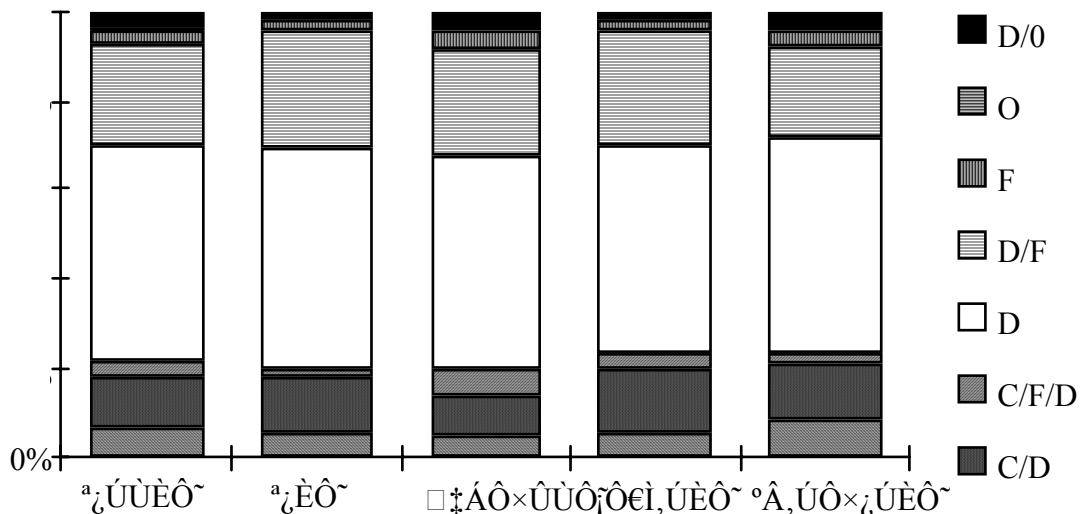
### 3.2.5 Τροφικοί τύποι

Η δυσκολία κατάταξης μια οικογένειας, τάξης, κλάσης ή φύλου σε τροφικούς τύπους υπερσκελίστηκε με κατασκευή συμβατικών ομάδων και κατηγοριών με κριτήρια τον

επικρατή τροφικό τύπο ανά ταξινομική ομάδα σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία και τη γνωστή από προηγούμενες μελέτες (Anonymous, 1993) σύνθεση των ειδών στο βάθος αυτό. Για παράδειγμα με κριτήριο το γεγονός ότι σε βάθος 70 m στον κ. Ηρακλείου τα επικρατές είδος από την οικογένεια Syllidae είναι το *Ehlersia cornuta*, το οποίο από τους Fauchald & Jumars (1979, και εκεί αναφορές) χαρακτηρίζεται ως σαρκοφάγο, η οικογένεια κατατάχθηκε στην τροφική κατηγορία των σαρκοφάγων, επίσης.

Οι επιφανειακοί και υποεπιφανειακοί ιζηματοφάγοι ομαδοποιήθηκαν στους ιζηματοφάγους. Οι πτωματοφάγοι και σαπροφάγοι (scavengers) οργανισμοί κατατάχθηκαν στην κατηγορία των παμφάγων οργανισμών, δεδομένου ότι η τροφή τους είναι πολλαπλής προέλευσης. Στην περίπτωση που η ταξινομική ομάδα περιελάμβανε είδη με εντελώς διαφορετικές τροφικές συνήθειες, οι τροφικές κατηγορίες διαμορφώθηκαν εκ νέου, έτσι ώστε να αποδίδεται όλο το φάσμα των τροφικών τύπων στα πλαίσια της ευρύτερης ταξινομικής ομάδας. Έτσι, στους ιζηματοφάγους (D), διηθηματοφάγους (F), σαρκοφάγους (C) και παμφάγους (O) προστέθηκαν οι ιζηματοφάγοι / διηθηματοφάγοι (D/F), οι σαρκοφάγοι / ιζηματοφάγοι (C/D), οι ιζηματοφάγοι / παμφάγοι (D/O) και οι σαρκοφάγοι / διηθηματοφάγοι / παμφάγοι (C/F/D).

Στην Εικόνα 29 παρουσιάζονται οι εκατοστιαίες αναλογίες της μέσης αφθονίας των ατόμων ως προς τον τροφικό τους τύπο για όλους τους μήνες. Το ποσοστό των ιζηματοφάγων κυμάνθηκε από 50 % (Μάιος) έως 47.4 % (Νοέμβριος), των ιζηματοφάγων / διηθηματοφάγων από 26 % (Μάιος) έως 19.5 % (Φεβρουάριος), των ιζηματοφάγων / σαρκοφάγων από 14 % (Νοέμβριος) έως 11.9 % (Μάρτιος) και των σαρκοφάγων από 8.1 % (Φεβρουάριος) έως 4.8 % (Αύγουστος). Στο Παραρτημα Ι δίνεται πίνακας με τους τροφικούς τύπους ανά ταξινομική ομάδα.



**Εικόνα 29.** Σχετικές αφθονίες (%) των μακροπανιδικών οργανισμών του κ. Ηρακλείου ως προς τους τροφικούς τύπους τους για όλους τους μήνες δειγματοληψίας. Για το συμβολισμό των τροφικών τύπων βλ. κείμενο.

### **3.3 Διαφορές Βιομάζας - Αφθονίας**

Η μετατροπή της ενέργειας που περιέχεται στη δίαιτα των βενθικών ασπονδύλων σε βιομάζα σωματικών ιστών, αποδίδεται ως δευτερογενής μακροβενθική παραγωγή. Ο ρυθμός αύξησης, γεννητικότητα, η θνησιμότητα, η περίοδος εγκατάστασης των νεαρών ατόμων, η ηλικιακή δομή και η διάρκεια ζωής όλων των ειδών είναι παράμετροι που



πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της παραγωγής μιας μακροβενθικής κοινότητας (Waters, 1977). Μετρώντας την αύξηση του βάρους σε διαδοχικούς χρόνους για κάθε άτομο, ηλικιακή κλάση και είδος χωριστά, είναι δυνατό να εκτιμηθεί η δευτερογενής μακροβενθική παραγωγή σε μια περιοχή από το άθροισμα των τιμών παραγωγής των επιμέρους πληθυσμών (Crisp, 1984). Συνήθως, για πρακτικούς λόγους, οι υπολογισμοί περιορίζονται στους πληθυσμούς των κυρίαρχων ειδών. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της παραγωγής για κάθε είδος χωριστά είναι η ακόλουθη (Crisp, 1984):

$$P = (W_t - W_{t-1}) * (N_{t-1} + N_t) / 2 \quad (1)$$

όπου,

W: η μέση οργανική βιομάζα,

N: η μέση αφθονία,

P: η δευτερογενής παραγωγή, και

t: ο μήνας δειγματοληψίας.

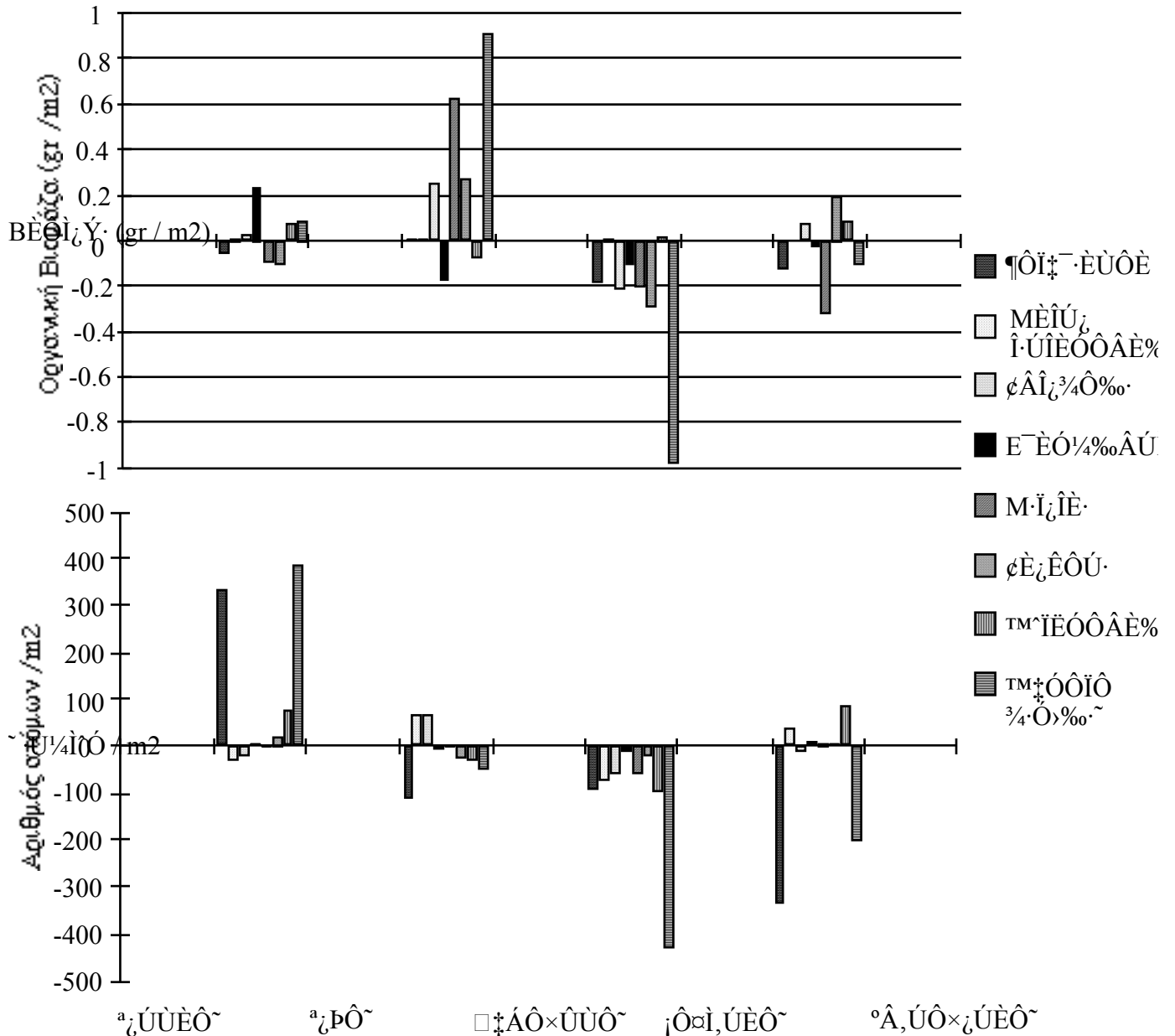
Στην προκειμένη περίπτωση η συχνότητα και δειγματοληψίας, η κατάσταση των δειγμάτων και οι ελλειπίες γνώσεις για τους κύκλους ζωής των κυρίαρχων ομάδων δεν επέτρεψαν εκτίμηση της δευτερογενούς παραγωγής. Επιχειρήθηκε όμως η απεικόνιση του μεγέθους των εποχιακών διαφορών της οργανικής βιομάζας και της αφθονίας των κύριων βενθικών ομάδων. Τα αποτελέσματα δίνονται στην Εικόνα 30.

Παρατηρείται ότι η οργανική βιομάζα των πολύχαιτων διατηρείται σχεδόν σταθερή κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού γεγονός που δεν ισχύει για τις υπόλοιπες ταξινομικές ομάδες. Η βιομάζα των δεκαπόδων, των μαλακίων, και των διαφόρων αυξάνει μέσα στο καλοκαίρι και επηρεάζει τις τιμές της ολικής βιομάζας. Κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, με την εξαίρεση των μικρών καρκινοειδών και των σωληνοειδών, η βιομάζα των υπόλοιπων ομάδων μειώνεται. Το χειμώνα η ολική βιομάζα παρουσιάζει μείωση ακολουθώντας την ελάττωση της βιομάζας των πολύχαιτων, των εχινόδερμων και των μαλακίων ενώ παράλληλα η βιομάζα των δεκαπόδων των διαφόρων και των σωληνοειδών αυξάνει. Δυστυχώς, δεν είναι γνωστό εάν οι αυξομειώσεις της βιομάζας οφείλονται σε σωματική αύξηση, εγκατάσταση νεαρών ατόμων, ωρίμανση γονάδων ή θνησιμότητα. Γενικά, η τάση της ολικής βιομάζας για κάθε χρονικό διάστημα επηρεάζεται από τα εχινόδερμα την άνοιξη, από τα μαλάκια και τα δεκάποδα το καλοκαίρι, ακολουθεί τη γενική μείωση της βιομάζας όλων σχεδόν των ομάδων κατά το φθινόπωρο και ακολουθεί τη μείωση της βιομάζας των πολύχαιτων και των μαλακίων κατά το χειμώνα.

Με την εξαίρεση των μικρών καρκινοειδών και των δεκαπόδων, οι αφθονίες των υπόλοιπων ταξινομικών ομάδων αυξάνονται κατά τη διάρκεια της άνοιξης ενώ η εικόνα αντιστρέφεται κατά τη περίοδο του καλοκαιριού. Το φθινόπωρο παρατηρείται μείωση του αριθμού ατόμων όλων των ομάδων, ενώ το χειμώνα αυξάνεται η αφθονία κυρίως των μικρών καρκινοειδών και των σωληνοειδών. Οι πολύχαιτοι εμφανίζουν μεγάλη συρρίκνωση του πληθυσμού τους κατά τη διάρκεια του χειμώνα με αποτέλεσμα να επηρεάζεται πτωτικά η ολική αφθονία. Γενικά τα εχινόδερμα και τα μαλάκια δεν επιδεικνύουν σημαντικές αυξομειώσεις διατηρώντας παρόμοια επίπεδα κατά τη διάρκεια

της δειγματοληψίας. Η ολική αφθονία ακολουθεί το πρότυπο μεταβολών της ομάδας των πολύχαιτων σε όλες τις περιόδους.

Εχοντας υπόψιν την εξίσωση (1) αναμένεται η δευτερογενής παραγωγή της μακροπανίδας να παρουσιάζει δραματική μείωση από το καλοκαίρι προς το φθινόπωρο και να ανακάμπτει κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η μέση ετήσια οργανική βιομάζα υπολογίστηκε ότι είναι  $1.83 \pm 0.4 \text{ gr / m}^2$ .

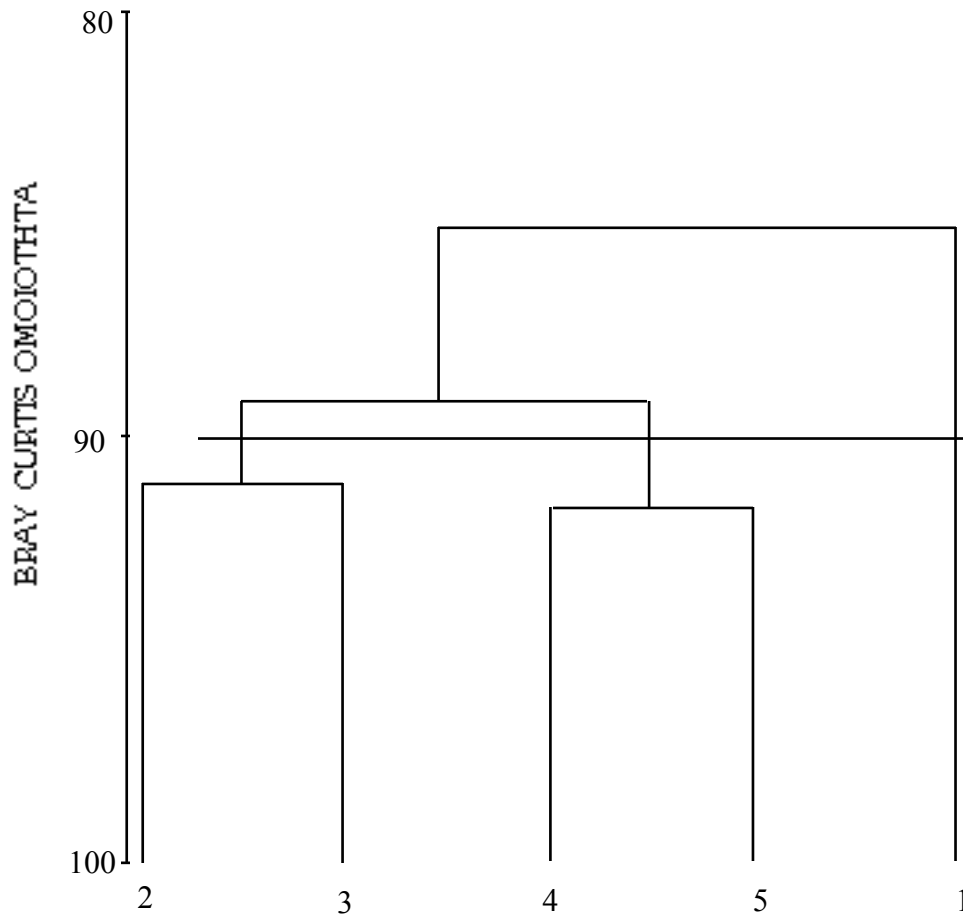


**Εικόνα 30.** Απεικόνιση του μεγέθους των διαφορών της οργανικής βιομάζας και της αφθονίας ανάμεσα στους μήνες δειγματοληψίας.

### 3.4 Πολυμεταβλητές Αναλύσεις

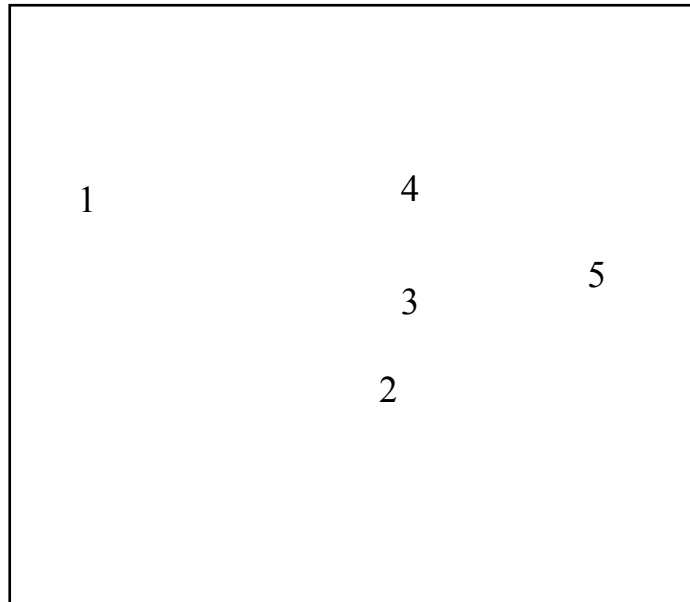
**A. Ανάλυση ομαδοποίησης (cluster analysis):** Στο δενδρόγραμμα που σχηματίστηκε με τη μέθοδο group-average linkage και τη χρήση του δείκτη ομοιότητας Bray-Curtis, αποκαλύφθηκε μεγάλη ομοιότητα ανάμεσα στους μήνες δειγματοληψίας (Εικόνα 31). Πιο συγκεκριμένα, σε επίπεδο ομοιότητας μικρότερο του 87 % όλοι οι μήνες συνιστούν μία ομάδα. Πάνω από το επίπεδο αυτό διακρίνονται δύο ομάδες μηνών. Η πρώτη ομάδα (ομάδα I) αποτελείται από τους μήνες Μάιο και Αύγουστο, που αντιπροσωπεύουν την περίοδο του καλοκαιριού, και η δεύτερη από τους μήνες Νοέμβριο και Φεβρουάριο (ομάδα II), που αποτελούν την περίοδο του φθνοπώρου και του χειμώνα. Ο Μάρτιος, ο μήνας της άνοιξης, δεν ομαδοποιείται στο συγκεκριμένο επίπεδο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το επίπεδο ομοιότητας είναι ιδιαίτερα υψηλό. Η ανάλυση ομαδοποίησης έδειξε ότι οι σταθμοί-μήνες παρουσιάζουν μικρές διαφορές μεταξύ τους ως προς τη σύνθεση και τις τιμές αφθονίας των ταξινομικών ομάδων, υποδηλώνοντας ότι πολύ μικρή εποχιακή ετερογένεια στη σύνθεση της μακροπανίδας της περιπραλιακής ζώνης του κ. Ηρακλείου.



**Εικόνα 31.** Δενδρόγραμμα των τιμών αφθονίας όλων των σταθμών δειγματοληψίας. 1.Μάρτιος, 2.Μάιος, 3.Αύγουστος, 4.Νοέμβριος, 5.Φεβρουάριος

**Β. Μη μετρική πολυδιάστατη διαβάθμιση (MDS):** Καθώς με την ιεραρχική κατάταξη των σταθμών αποπειράθηκε η ομαδοποίηση των δειγμάτων σε διακριτές ομάδες, οι μεταξύ τους σχέσεις σε μια συνεχή κλίμακα αποδόθηκε με την εφαρμογή της μη μετρικής πολυδιάστατης διαβάθμισης η οποία απέδωσε την απεικόνιση της Εικόνας 32. Για το σχετικά μικρό αριθμό δειγμάτων (5) και ταξινομικών ομάδων (51) της παρούσας μελέτης, η τιμή του συντελεστή έντασης της MDS ήταν 0.00. Αν και η τιμή του συντελεστή έντασης αυξάνει με τον αριθμό των διαστάσεων και με την ποσότητα των δεδομένων, ωστόσο, τιμές μικρότερες από 0.01 αντιπροσωπεύουν την "τέλεια απεικόνιση" στις δύο διαστάσεις (Clark & Warwick, 1994). Η διάταξη των μηνών στο διάγραμμα της MDS είναι παρόμοια με την ομαδοποίηση που προέκυψε κατά την ανάλυση ομάδας (Cluster analysis). Τα δείγματα των ομάδων I και II έχουν τοποθετηθεί πλησιέστερα μεταξύ τους σε σχέση με το Μάρτιο, ο οποίος σαφώς διαφοροποιείται από τους υπόλοιπους μήνες δειγματοληψίας.



**Εικόνα 32.** Δισδιάστατη απεικόνιση (MDS) των μηνών δειγματοληψίας με βάση την αφθονία των ταξινομικών ομάδων.  
1.Μάρτιος, 2.Μάιος, 3.Αύγουστος, 4.Νοέμβριος, 5.Φεβρουάριος

Οι ταξινομικές ομάδες που συμβάλλουν στην ομοιότητα των δύο ομάδων μηνών I και II, που προέκυψαν κατά τις παραπάνω πολυμεταβλητές αναλύσεις, παρουσιάζονται στον Πίνακα 9. Παρατηρείται ότι οι ταξινομικές ομάδες των οποίων η αθροιστική συνεισφορά στην ομοιότητα των ομάδων I και II φτάνει στο 50 %, συγκαταλέγονται στις 10 αφθονότερες για κάθε μήνα.

Στον Πίνακα 10 δίνονται τα taxa που συμβάλλουν στο διαχωρισμό των ομάδων μηνών που απέδωσε η ανάλυση ομαδοποίησης. Η ανομοιότητα διερευνήθηκε ανάμεσα στις ομάδες I και II, ανάμεσα στην ομάδα I και το Μάρτιο, ανάμεσα στην ομάδα II και τέλος το Μάρτιο. Η μέση συνεισφορά ανομοιότητας αντανακλά αφενός παρουσία ή απουσία μιας ταξινομικής ομάδας στους μήνες που εξετάζονται και αφετέρου διαφορές στην αφθονία.

**Πίνακας 9.** Μέση εκατοστιαία συνεισφορά κάθε ταξινομικής ομάδας με βάση την αφθονία τους, στην ομοιότητα μεταξύ των ομάδων I (Μάιος και Αύγουστος) και II (Νοέμβριος και Φεβρουάριος). Τα taxa κατατάχθηκαν κατά φθίνουσα σειρά συνεισφοράς.

<b>Taxa</b>	<b>Συνεισφορά %</b>	<b>Αθρ. Συνεισφορά %</b>
Σωληνοειδή	4.61	4.61
Cirratulidae	4.38	8.99
Spionidae	4.16	13.15
Δίθυρα	4.06	17.22
Lumbrineridae	3.52	20.74
Maldanidae	3.31	24.04
Δεκάποδα	2.99	27.03
Paraonidae	2.87	29.90
Ophiuroidae	2.81	32.71
Glyceridae	2.76	35.47
Magelonidae	2.74	38.21
Amphipoda	2.72	40.93
Nemertea	2.68	43.6
Capitellidae	2.67	46.27
Onuphidae	2.60	48.87
Cossuridae	2.52	51.38
Cumacea	2.51	53.89
Anthozoa	2.45	56.35
Flabelligeridae	2.43	58.78
Aphroditidae	2.43	61.21
Nephtyidae	2.42	66.05
Sternaspidae	2.38	68.44
Syllidae	2.38	70.82
Poecilochaetidae	2.36	73.18
Oweniidae	2.36	75.53
Gastropoda	2.27	77.80
Chaetopteridae	2.24	80.04
Serpulidae	2.16	82.20
Phyllodocidae	2.15	84.35

**Πίνακας 10.** Μέση συνεισφορά ανομοιογένειας των ταξινομικών ομάδων ως προς τις αφθονίες τους ανάμεσα α. στις ομάδες μηνών I και II. β. στην ομάδα II και το Μάρτιο. γ. στην ομάδα I και το Μάρτιο. Με αστερίσκο σημαίνονται τα taxa που είναι παρόντα μόνο στη μία από τις δύο συγκρινόμενες ομάδες.

<b>Taxa</b>	<b>Συνεισφορά %</b>	<b>Αθρ. Συνεισφορά %</b>
<b>α.</b>		
Ολοθουροειδή*	7.09	7.09
Scaphopoda*	6.47	13.56
Eunicidae	4.59	18.15
Nereidae	4.32	22.47
Ampharetidae	4.13	26.59
Mysidacea*	3.88	30.48
Orbiniidae	3.81	34.29
Isopoda*	3.76	38.05
Pycnogonida	3.76	41.82
Pectinariidae	3.63	45.45
Scalibregmidae	3.63	49.08
Hessionidae	3.63	52.71
Sabellidae*	3.55	56.25
Echinoidea*	3.21	59.46
Caudofauveata	3.05	62.51
Tanaidacea	2.34	64.85
Nephtyidae	2.28	67.13
Terebellidae	2.06	69.19
Syllidae	1.82	71.01
Onuphidae	1.71	72.72
Oweniidae	1.67	74.39
Spionidae	1.57	75.96
Sternaspidae	1.56	77.53
Amphipoda	1.54	79.07
Paraonidae	1.51	80.57
Chaetopteridae	1.40	81.97
Decapoda	1.26	84.44
<b>β.</b>		
Poecilochaetidae*	6.64	6.64
Phyllodocida*	6.28	12.92
Pycnogonida*	5.86	18.78
Opheliidae*	5.57	24.35
Scaphopoda*	5.57	29.92
Nereidae	4.21	34.13
Mysidacea	3.34	37.47
Sabellidae	3.05	40.52
Ampharetidae	2.81	43.33
Eunicidae	2.76	46.09
Pectinariidae	2.76	48.85

Πίνακας 10. Συνέχεια...

Taxa	Συνεισφορά %	Αθρ. Συνεισφορά %
Echinoidea	2.76	51.61
Gastropoda	2.54	54.15
Serpulidae	2.51	56.66
Spionidae	1.75	58.41
Holothuroidea	1.61	60.02
Nephtyidae	1.42	61.44
Capitellidae	1.33	62.77
Sternaspidae	1.31	64.08
Chaetopteridae	1.2	65.28
Paraonidae	1.1	66.38
Decapoda	1.09	67.47
γ. Poecilochaetidae*	6.44	6.44
Phyllodocidae*	6.27	12.71
Opheliidae*	5.82	18.53
Nereidae	3.4	2.93
Isopoda*	2.96	24.89
Orbiniidae	2.96	27.85
Pycnogonida	2.96	30.81
Hessionidae	2.86	33.67
Scalibregmidae	2.86	36.53
Pectinariidae	2.86	39.39
Sternaspidae	2.19	41.58
Terebellidae	2.17	43.75
Serpulidae	2.00	45.75
Eunicidae	1.84	47.59
Caudofauveata	1.75	49.34
Gastropoda	1.72	51.06
Spionidae	1.64	52.7
Capitellidae	1.36	54.06
Cirratulidae	1.32	55.38

Παρατηρείται ότι τα taxa που έχουν τη μεγαλύτερη εκατοστιαία συνεισφορά ανομοιότητας, είναι αυτά που είχαν περιστασιακή εμφάνιση κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας καθώς και εκείνα με ιδιαίτερα μικρές αφθονίες. Ταξινομικές ομάδες με μεγάλους αριθμούς ατόμων συνέβαλλαν με μικρότερα ποσοστά επί της ολικής ανομοιότητας στο διαχωρισμό των ομάδων, υποδηλώνοντας ότι η ομαδοποίηση που προέκυψε οφείλεται εν μέρει και στο συγχρονισμό των κύκλων ζωής των επικρατέστερων οικογενειών, κλάσεων και φύλων.



**Γ. Ανάλυση κυρίων συνιστωσών:** Τα δεδομένα της παρούσας δειγματοληψίας καταλαμβάνουν έναν χώρο 51 διαστάσεων, όσες δηλαδή είναι και οι ταξινομικές ομάδες. Με την ανάλυση κυρίων συνιστωσών τα δεδομένα αποδώθηκαν σε 4 κύριες συνιστώσες. Η ταξινόμηση της σπουδαιότητας των νέων αξόνων κρίθηκε από το ποσοστό μεταβλητότητας που ερμηνεύουν και βασίστηκε στα βάρη (loadings) κάθε ταξινομικής ομάδας σε κάθε κύρια συνιστώσα:

Ποσοστό μεταβλητότητας που ερμηνεύεται από τις κύριες συνιστώσες

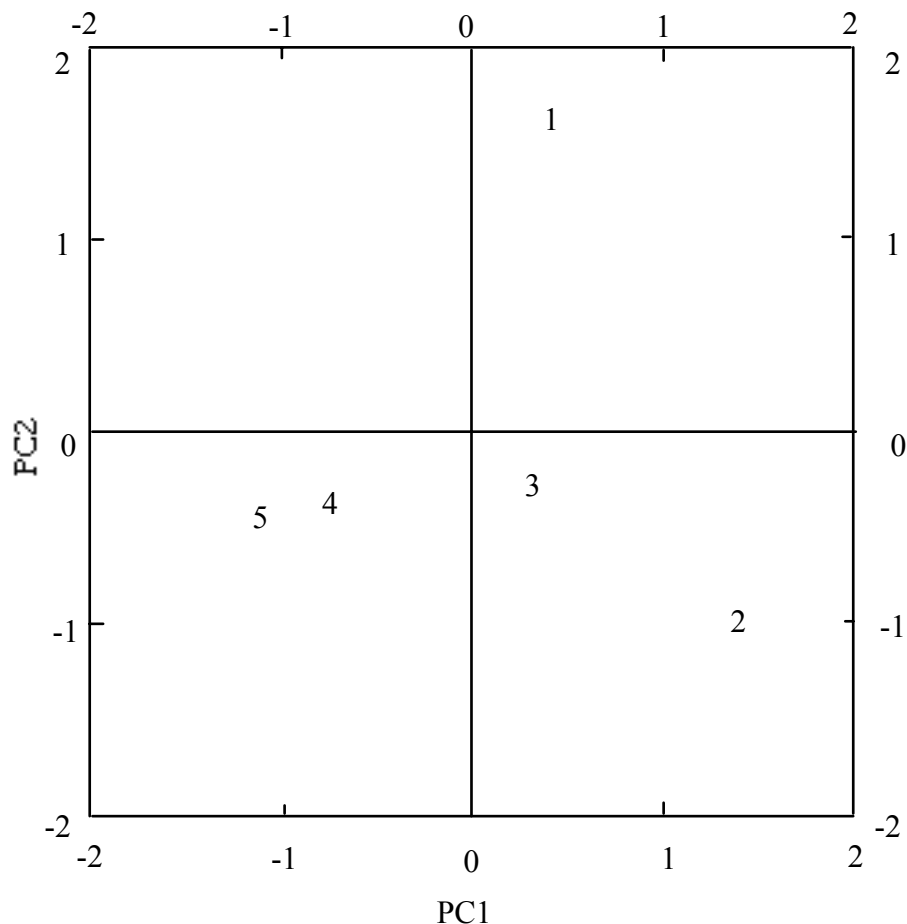
Κ.Σ. 1: 36.234 %

Κ.Σ. 2: 27.075 %

Κ.Σ.: 3: 19.352 %

Κ.Σ. 4: 17.339 %

Παρατηρείται ότι οι δύο πρώτες κύριες συνιστώσες περιέχουν πάνω από το 60 % της αρχικής διασποράς των δεδομένων και γιατί επιλέχθηκαν για την απεικόνιση της διευθέτησης των μηνών δειγματοληψίας ως προς τους νέους άξονες (Εικόνα 33). Η διάταξη των μηνών ως προς τις ευκλείδειες αποστάσεις τους απέδωσε τις ίδιες ομάδες με την ανάλυση ομαδοποίησης και την MDS.



**Εικόνα 33.** Ανάλυση κυρίων συνιστωσών: απεικόνιση των δεδομένων της παρούσας δειγματοληψίας στις πρώτες δύο κύριες συνιστώσες.

1. Μάρτιος, 2. Μάιος, 3. Αύγουστος, 4. Νοέμβριος, 5. Φεβρουάριος

Ως προς τον πρώτο άξονα (Κ.Σ. 1) δύο ομάδες διακρίνονται: οι μήνες Νοέμβριος και Φεβρουάριος με αρνητικά πρόσημα, και οι μήνες Μάρτιος, Μάιος και Αύγουστος με θετικά. Κατά την εικόνα αυτή οι μήνες της άνοιξης και του καλοκαιριού διαχωρίζονται από τους μήνες του φθινοπώρου και του χειμώνα, υποδηλώνοντας ότι η μεταβλητότητα που ερμηνεύει ο πρώτος άξονας σχετίζεται με γεγονότα που διαδραματίζονται στη στήλη, όπως η άνοδος της θερμοκρασίας, η έκρηξη του φυτοπλαγκτού, η εγκατάσταση θερμοκλινούς. Από τα δεδομένα προηγούμενης δειγματοληψίας (Anonymous, 1993), είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία του ιζήματος αυξάνει προς το φθινόπωρο και το χειμώνα έχοντας τιμές όχι μικρότερες από 16 °C, λόγω της έντονης ανάμιξης της στήλης, ενώ από το Φεβρουάριο μέχρι τον Αύγουστο, κατά την περίοδο δηλαδή που η στήλη είναι στρωματοποιημένη, η θερμοκρασία δεν ξεπέρασε τους 16 °C.

Ως προς τη δεύτερη κύρια συνιστώσα ο Μάρτιος, με θετικό πρόσημο, διαχωρίζεται από τους υπόλοιπους μήνες (αρνητικό πρόσημο). Είναι πιθανό ότι ο δεύτερος άξονας σχετίζεται με παράγοντες που συμβάλλουν στο συντονισμό των διακυμάνσεων της αφθονίας των ταξινομικών ομάδων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους πλην του Μαρτίου. Επιπλέον, η διευθέτηση των μηνών ως προς την Κ.Σ. 2 είναι παρόμοια με αυτήν που προέκυψε κατά τη δισδιάστατη MDS.

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα βιοκοινοτικά χαρακτηριστικά της μακροβενθικής κοινότητας του κόλπου Ηρακλείου όπως διαμορφώθηκαν με βάσει προηγούμενες δειγματοληψίες (Καρακάσης, 1991, Anonymous, 1993, Eleftheriou & Smith, 1993), είναι σε γενικές γραμμές τα εξής:

- τα επικρατούντα είδη σε κάθε βάθος είναι πολλά και καταλαμβάνουν μικρό ποσοστό επί της ολικής αφθονίας.

- τα χαρακτηριστικά είδη συγκεκριμένων οργανισμικών συναθροίσεων αποτελούν μικρό ποσοστό του συνολικού αριθμού ατόμων.

- οι οργανισμικές συναθροίσεις σε διαφορετικά βάθη δεν διαχωρίζονται και παρουσιάζουν κυρίως ποσοτικές παρά ποιοτικές διαφορές ως προς τη σύνθεση των ειδών.

Σύμφωνα με τις εργασίες των Καρακάση (1991), Anonymous (1993) και Eleftheriou & Smith (1993) στο σταθμό H3-5 σε βάθος 70 m στον κ. Ηρακλείου, τα 10 αφθονότερα είδη της μακροπανίδας είναι τα εξής: από την κλάση των πολύχαιτων τα *Tharyx heterochaeta* (Cirratulidae), *Magelona minuta* (Magelonidae), *Euclymene palermitana* (Maldanidae) *Lumbrineris gracilis* (Lumbrineridae), *Prionospio malmgreni* (Spionidae), *Tauberia gracilis* (Paraonidae), *Cossura soyeri* (Cossuridae), *Glycera rouxii* (Glyceridae), από το φύλο των σωληνοειδών τα είδη *Onchnesoma steenestrupi*, Sipunculid sp. X, από την κλάση των διθύρων τα *Corbula gibba*, *Timoclea ovata* και γενικά είδη της οικογένειας Thyassiridae και από τα δεκάποδα το είδος *Anapagurus laevis*.

Στην παρούσα μελέτη η διερεύνηση της δομής της μακροβενθικής κοινότητας σε εποχιακή βάση πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ταξινομική κλίμακα μέχρι το επίπεδο της οικογένειας. Τα είδη που αναφέρθηκαν ως κυρίαρχα στις προηγούμενες μελέτες (Καρακάσης, 1991, Anonymous, 1993, Eleftheriou & Smith, 1993), συγκαταλέγονται στα 10 επικρατέστερα taxa για κάθε μήνα κατά την περίοδο 1991-'92. Επιπλέον, εξαιτίας του ευρύτερου επιπέδου ταξινομικού προσδιορισμού των οργανισμών, η λίστα με τα 10 αφθονότερα taxa περιλαμβάνει και άλλες ομάδες όπως τα οφιοουροειδή, τα αμφίποδα και τα Caudofauveata.

Τα δεδομένα ολικής αφθονίας και βιομάζας που προέκυψαν, είναι δύσκολο να συγκριθούν με τα αποτελέσματα άλλων μελετών στην περιοχή της Δ. Μεσογείου, διότι στις περισσότερες από αυτές χρησιμοποιήθηκαν κόσκινα με διάμετρο οπών 1 mm. Ο Reish (1959) θεωρεί ότι κόσκινα με διάμετρο οπών 1.4 mm είναι ικανά να συγκρατήσουν το 95% της υπάρχουσας μακροπανιδικής βιομάζας, επισημαίνοντας παράλληλα ότι με κόσκινα διαμέτρου οπών 1 mm συγκρατείται μόλις τι 1/3 του αριθμού των ατόμων που θα συλλέγονταν με κόσκινα 0.5 mm. Επιπλέον, η διαφορά στο μέγεθος των οργανισμών ανάμεσα στις μακροβενθικές κοινότητες της Δυτικής και Ανατολικής Μεσογείου σε συνδυασμό με το διαφορετικό δυναμικό πρωτογενούς παραγωγής ανάμεσα στις περιοχές αυτές, συνιστά περισσότερο σκεπτικισμό σε τέτοιες συγκρίσεις. Για το λόγο αυτό δεν επιχειρείται βιονομική σύγκριση πάρα μόνο με μελέτες που αφορούν στη Μεσόγειο και βασίστηκαν στη χρησιμοποίηση κόσκινου 0.5 mm.

Ωστόσο, συγκρίνοντας τις μακροβενθικές κοινότητες με κριτήριο την οργανική βιομάζα, παρακάμπτονται τέτοιου είδους προβλήματα. Έτσι, η οργανική βιομάζα σε βάθος 70 m στον κ. Ηρακλείου, βρίσκεται κοντά στα κατώτερα όρια του εύρους τιμών των βιοκοινωνιών των “παράκτιων βιογενών θρυμμάτων” (coastal detritic) και “ιλυωδών βιογενών θρυμμάτων” (muddy detritic) σε παρόμοια βάθη της ΒΔ. Μεσογείου (Bellan-Santini, 1985). Προσεγγίζουν, επίσης, τις τιμές που δόθηκαν για την κοινότητα *Amphiura filiformis* της περιπαραλιακής ζώνης των ισπανικών καταλανικών ακτών (Desbryueres *et al.*, 1973).

Η κοινότητα *Amphiura filiformis* και ιδιαίτερα η υποκοινότητα της *Nucula Sulcata*, που περιγράφηκαν στη βιονομική μελέτη των Desbryueres *et al.* (1973), παρουσιάζουν ομολογία με την υπό μελέτη μακροβενθική κοινότητα ως προς τον τύπο του υποστρώματος και τη σύνθεση των επικρατούντων ειδών. Στον κ. Ηρακλείου όμως τα είδη του γένους *Amphiura* δεν συγκαταλέγονται στα 10 αφθονότερα (Anonymous, 1993, Eleftheriou & Smith, 1993) αν και κατά τη μελέτη των δεδομένων σε ευρύτερη ταξινομική κλίμακα η οικογένεια Ophiuridae εμφανίζεται στη λίστα των επικρατέστερων ταξινομικών ομάδων (παρούσα μελέτη).

Οι Tahey *et al.* (1994) χρησιμοποιώντας κόσκινο 0.5 mm και δειγματολήπτη τύπου box corer, μέτρησαν πολλαπλάσιους αριθμούς ατόμων (από 3640 έως 6290 άτομα / m<sup>2</sup>) και βρήκαν παρόμοια επίπεδα οργανικής βιομάζας (από 0.9 έως 2.1 gr / m<sup>2</sup>), μελετώντας τη μακροβενθική κοινότητα σε βάθη από 60 έως 80 m στον κόλπο του Λέοντος στη ΒΔ Μεσόγειο. Οι υψηλότερες αφθονίες εν μέρει οφείλονται στη χρησιμοποίηση του συγκεκριμένου δειγματολήπτη που έχει την ιδιότητα να συλλέγει αδιατάρακτα δείγματα και να εκμηδενίζει τις απώλειες σε ενδοπανίδα. Επιπρόσθετα, στη μελέτη των Tahey *et al.* (1994) οι πολύχαιτοι Spionidae, Cirratulidae και Paraonidae, τα δίθυρα και τα αμφίποδα, συγκαταλέγονται στις επικρατέστερες ταξινομικές ομάδες και τα οφιοουροειδή εκπροσωπούνται από σχετικά μέτρια επίπεδα αριθμού ατόμων του γένους *Amphiura*, αποτελέσματα που βρίσκονται σε ομολογία με τα δεδομένα της παρούσας μελέτης. Αντίθετα, δεν βρέθηκαν σωληνοειδή στην υφαλοκρηπίδα της ΒΔ Μεσογείου.

Λίγες είναι οι βιονομικές μελέτες που εκπονήθηκαν σε περιοχές της Α. Μεσογείου με τη χρησιμοποίηση κόσκινου με διάμετρο οπών 0.5 mm. Έτσι, οι τιμές ξηρής βιομάζας της παρούσας δειγματοληψίας ήταν ελάχιστα υψηλότερες από εκείνες που προέκυψαν σε σύγχρονη δειγματοληψία στο γειτονικό κ. Αγίας Πελαγίας σε βάθη 60 και 80 m με 0.3 και 0.1 gr / m<sup>2</sup>, αντίστοιχα, ενώ σημειώθηκαν παρόμοια επίπεδα αφθονίας (Σιακαβάρα 1994). Αντίθετα, στις νότιες ακτές της Μήλου και συγκεκριμένα στον κ. Παλαιοχωρίου που υπόκειται σε υδροθερμική δραστηριότητα τόσο η υγρή βιομάζα όσο και η αφθονία της μακροπανίδας σε βάθος 70 m, είχαν υψηλότερες τιμές (36 gr / m<sup>2</sup> και 4510 άτομα / m<sup>2</sup>, αντίστοιχα) (Dando *et al.*, υπό δημοσίευση) από ότι στον κ. Ηρακλείου. Επιπλέον, αν και η κατά είδος σύνθεση ήταν εντελώς διαφορετική στη Μήλο, σε ευρύτερο ταξινομικό επίπεδο εκτός από τα αμφίποδα Caprellidae, οι πολύχαιτοι Maldanidae, Paraonidae και Magelonidae, κατά ομολογία με τη μακροβενθική κοινότητα του κ. Ηρακλείου, επιδεικνύουν τις υψηλότερες αφθονίες.

Οι εποχιακές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, οι τιμές του σωματιδιακού οργανικού άνθρακα και των χλωροφυλλούχων χρωστικών, και η σύνθεση της χλωρίδας υποδεικνύουν

την τοποθέτηση των βενθικών κοινοτήτων της κρητικής υφαλοκρηπίδας στα υποτροπικά οικοσυστήματα (Ελευθερίου κ. ά., 1990, Καρακάσης, 1991, Anonymous, 1993, Eleftheriou & Smith, 1993). Σύμφωνα με τον Petersen (1985) η ένταξη ενός οικοσυστήματος σε μια κλιματική κατηγορία αντανάκλαται στην οργάνωση των τροφικών δικτύων με αποτέλεσμα οι βενθικές κοινότητες από διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη να έχουν διαφορετική δομή καθώς διαφορετικοί οικολογικοί θώκοι είναι διαθέσιμοι ανάλογα με τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Επομένως, οι ολιγοτροφικές συνθήκες που επικρατούν στον κ. Ηρακλείου (Τσελεπίδης, 1992) σε συνδυασμό με παραγοντες που αναλύονται στη συνέχεια διαμορφώνουν το πλαίσιο μέσα στο οποίο τοποθετείται η μακροβενθική κοινότητα του κ. Ηρακλείου.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της μελέτης αυτής προκύπτει ότι δε συνέβησαν σημαντικές εποχιακές αλλαγές στην ολική αφθονία και βιομάζα της μακροπανίδας σε βάθος 70 m κατά τη διάρκεια της περιόδου 1991- '92. Γενικά, η ολική αφθονία και βιομάζα αυξάνονται προς το καλοκαίρι και μειώνονται προς το χειμώνα. Σύμφωνα με την πολυμετάβλητη ανάλυση, δεδομένου ότι το επίπεδο ομοιότητας ανάμεσα στους σταθμούς - μήνες ήταν 87 %, στην πραγματικότητα όλοι οι μήνες δειγματοληψίας συνιστούν μία ομάδα στην οποία διαχωρίζονται οι καλοκαιρινοί μήνες από τους χειμερινούς. Δε βρέθηκε σημαντική συχέτιση των scores της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών με τις θερμοκρασίες που μετρήθηκαν στους αντίστοιχους μήνες της περιόδου 1989- '90 (Anonymous, 1993). Επιπλέον, η διευθέτηση των δεδομένων της αφθονίας από την προηγούμενη δειγματοληψία με τη μέθοδο DECORANA, δεν απέδωσε σαφή διαχωρισμό των σταθμών ως προς τους μήνες (Περίοδος 1989-90, Anonymous, 1993). Με ποιον τρόπο λοιπόν και σε τι βαθμό η εναλλαγή των εποχών κατά τη διάρκεια του έτους επηρεάζει τη μακροβενθική κοινότητα της ανώτερης περιπαραλιακής ζώνης στον κ. Ηρακλείου;

Η θερμοκρασία του ιζήματος στην υφαλοκρηπίδα εύκρατων-υποτροπικών περιοχών, υπόκειται στον εποχιακό κύκλο "εγκατάστασης" του θερμοκλινούς στην υδάτινη στήλη. Στον κ. Ηρακλείου, η άνοδος της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας κατά τα μέσα της άνοιξης έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη θερμοκλινούς σε βάθη από 50 έως 70 m, που παραμένει έως τον Αύγουστο (Τσελεπίδης, 1992). Κατά το διάστημα αυτό η στήλη χαρακτηρίζεται από έντονη στρωματοποίηση και οι θερμοκρασίες του ιζήματος δεν υπερβαίνουν τους 16 °C. Λόγω της επικράτησης ισχυρών βόρειων ανέμων κατά τον Αύγουστο (μελέτμια) αλλά και κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα, προκαλείται έντονος κυματισμός που επιφέρει ομογενοποίηση της στήλης. Ως εκτούτου η θερμοκρασία του ιζήματος αυξάνει και διατηρείται σε αρκετά υψηλά επίπεδα (γύρω στους 18°C) έως το Δεκέμβριο. Κατόπιν, ευθυγραμμίζεται με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα έως το Μάρτιο, οπότε επανεγκαθίσταται το θερμοκλινές και ο κύκλος επαναλαμβάνεται. Κατά συνέπεια, στο ιζήμα διατηρούνται οι χαμηλότερες θερμοκρασίες της χειμερινής περιόδου μέχρι τον Αύγουστο.

Είναι γνωστό ότι οι κύκλοι ζωής των βενθικών ασπονδύλων ρυθμίζονται από τη θερμοκρασία, αν και δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως κατά ποιον τρόπο και σε τι βαθμό. Οι περίοδοι ωρίμανσης των γονάδων και αναπαραγωγής (ωοτοκία και γονιμοποίηση των αυγών) επηρεάζονται από τις τιμές της θερμοκρασίας (Thorson, 1946, Josefson, 1986). Η θερμοκρασία επιδρά, επίσης, στην ανάπτυξη και θνησιμότητα των προνυμφικών σταδίων,

κατ'επέκταση και στην περίοδο εγκατάστασης (Josefson, 1986 και εκεί αναφορές). Ο Thorson (1950) επισημαίνει ότι όταν οι προνύμφες εκτεθούν σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από τις άριστες για την ανάπτυξη τους, επιμηκύνεται η πελαγική φάση της ζωής τους. Έτσι, αυξάνεται η θνησιμότητα στο προνυμφικό στάδιο και καθυστερεί η εγκατάσταση τους.

Κατά τη διάρκεια μιας δειγματοληψίας σε εποχιακή βάση, σημειώνονται μέγιστες και ελάχιστες τιμές αφθονίας. Είναι πιθανότερο ότι οι μέγιστες τιμές αντανακλούν πρόσφατη στρατολόγηση και επιτυχή εγκατάσταση των νεαρών ατόμων, καθώς είναι μικρά τα χρονικά περιθώρια δράσης παραγόντων θνησιμότητας στο βένθος, παρά ότι οι ελάχιστες οφείλονται σε αυξημένη θηρευτική πίεση και θνησιμότητα των νεαρών και ενήλικων σταδίων της μακροπανίδας (Josefson, 1986). Στην προκειμένη περίπτωση, επιλέχθηκε να αποδοθούν οι αυξημένες τιμές αφθονίας σε στρατολόγηση των νεαρών ατόμων. Υπό αυτό το πρίσμα, παρατηρείται συγχρονισμός στις περιόδους εγκατάστασης, ενδεχομένως και της αναπαραγωγής, για την πλειοψηφία των ταξινομικών ομάδων, κατά την άνοιξη και τους θερινούς μήνες. Η υπόθεση αυτή όμως, ενέχει δειγματοληπτικά “σφάλματα”. Αφενός, η συχνότητα δειγματοληψίας (ανά δίμηνο), δεν επέτρεψε να καταγραφούν πιθανά ενδιάμεσα μέγιστα και ελάχιστα στις τιμές αφθονίας ώστε να εκδηλωθούν με σαφήνεια γεγονότα που σχετίζονται με την περίοδο ωοτοκίας και την στρατολόγηση. Αφετέρου, η χρήση του συγκεκριμένου κόσκινου (0.5 mm), το οποίο συγκρατεί κυρίως τα ενήλικα άτομα, “ισοπεδώνει” στα δεδομένα της αφθονίας και βιομάζας τόσο τους χρόνους εγκατάστασης όσο και τους διαφορετικούς ρυθμούς αύξησης των διαφόρων ειδών. Ο Bachelet (1990) προτείνει το μέγεθος 0.1 - 0.2 mm για τη διάμετρο των οπών, προκειμένου να αποφεύγεται η υποεκτίμηση της αφθονίας ταξινομικών ομάδων μικρού μεγέθους και να εκτιμάται ο πληθυσμός των νεαρών ατόμων.

Δύο περιπτώσεις διακρίθηκαν αναφορικά με τα πρότυπα διακυμάνσεων των ταξινομικών ομάδων. Στην πρώτη περίπτωση εμφανίζονται αυξημένες αφθονίες κατά τους μήνες Μάρτιο, Μάιο και Αύγουστο, μικρότερες τιμές το Νοέμβριο ή / και το Φεβρουάριο. Τέτοιο πρότυπο διακυμάνσεων επιδεικνύουν για παράδειγμα, οι πολύχαιτοι Lumbrineridae, Spionidae, Maldanidae, Cirratulidae, Magelonidae, Glyceridae, Capitellidae, τα δεκάποδα, τα δίθυρα, τα οφιουροειδή, οι νεμερτίνοι και τα σωληνοειδή. Η πλειοψηφία των ομάδων αυτών αναπτύσσει λεκιθοτροφικές ή βενθικές προνύμφες, οπότε με δυσκολία θα αποδίδοταν το συγκεκριμένο πρότυπο, κατ' αποκλειστικότητα στην εκμετάλευση της αυξημένης παραγωγικότητας της στήλης λόγω της “άνθισης” του φυτοπλαγκτού στις αρχές της άνοιξης (Thorson, 1946). Συγκεκριμένες πληροφορίες για τη διάρκεια ζωής στο δεδομένο περιβάλλον δεν υπάρχουν για να συμπεριληφθούν στην παρούσα θεώρηση. Στη δεύτερη περίπτωση, συγκαταλέγονται ταξινομικές ομάδες που παρουσίασαν εναλλασσόμενα μέγιστα και ελάχιστα κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας. Οι πολύχαιτοι Paraonidae, Onuphidae, Syllidae, Nephtyidae, και τα αμφίποδα, το πιθανότερο λόγω πολλαπλών περιόδων ωοτοκίας (multivoltinism) κατά τη διάρκεια του έτους, ακολουθούν αυτό το πρότυπο διακυμάνσεων.

Οι εποχιακές διακυμάνσεις και το μέγεθος των μακροβενθικών πληθυσμών δεν καθορίζονται μόνο από την ωοτοκία, την επιτυχία επιβίωσης των προνυμφικών και νεαρών σταδίων και τη χρονική περίοδο που λαμβάνουν χώρα αυτά τα φαινόμενα. Γενικά, θεωρείται ότι οι σχετικές αφθονίες των βενθικών ταξινομικών ομάδων επηρεάζονται

κυρίως από γεγονότα που διαδραματίστηκαν κατά τη διάρκεια της πελαγικής φάσης των προνυμφικών σταδίων (Thorson, 1950, Gray, 1981). Αντίθετα, η απόλυτη πυκνότητα και τα πρότυπα κατανομής των ατόμων στο χώρο, προσδιορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τις βιολογικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών και τη δράση περιοριστικών παραγόντων στο υπόστρωμα (Buchanan *et al.*, 1978, Josefson, 1982). Έτσι, πέρα από την άμεση επίδραση της θερμοκρασίας και γενικά των φυσικοχημικών παραγόντων στη δυναμική των πληθυσμών, επιβάλλεται η διερεύνηση του ρόλου της διαθεσιμότητας τροφής και χώρου προκειμένου να διαλευκανθούν οι μεταβολές της δομής των μακροβενθικών κοινοτήτων στην κλίμακα του χρόνου.

Η προέλευση της ενυπάρχουσας οργανικής ύλης στο ίζημα της ανώτερης περιπαραλιακής ζώνης, είναι πολλαπλή. Η καθίζηση των θρυμάτων που παράγονται από τους πρωτογενείς και δευτερογενείς παραγωγούς της στήλης, αποτελεί πρωταρχικής σημασίας μηχανισμό μεταφοράς ενέργειας προς το βένθος για τα παράκτια και βαθύαλα οικοσυστήματα (Graf *et al.*, 1982, Wassmann, 1984, 1990, Josefson, 1990, Mills, 1975, Billet *et al.*, 1983, ). Η ένταση της κάθετης ροής ενέργειας στην υποπαραλιακή και περιπαραλιακή ζώνη είναι ακόμη μεγαλύτερη μετά την “άνθιση” του φυτοπλαγκτού (Graf *et al.*, 1982), οπότε με μικρή χρονική καθυστέρηση νωπά βιογενή θρύμματα υψηλού πρωτεϊνικού περιεχομένου, τροφοδοτούν τη βενθική βιοκοινωνία (Lenz, 1977). Τα νεκρά φυτοπλαγκτονικά κύτταρα, οι εξωσκελετοί και τα περιττώματα του ζωοπλαγκτού φτάνοντας στο υπόστρωμα προκαλούν άμεση αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας (Fenchel, 1977, Graf *et al.*, 1982) καθώς οι βενθικοί πληθυσμοί των βακτηρίων, της μικροχλωρίδας και της μικροπανίδας, που αποτελούν τη βάση της τροφικής αλυσίδας των ίζηματοφάγων οργανισμών, επωφελούνται από την εισροή οργανικής ύλης και θρεπτικών. Σε εύκρατα ευτροφικά παράκτια συστήματα, οι Smetacek *et al.* (1978) υπολόγισαν ότι τα προϊόντα της φυτοπλαγκτονικής “έκρηξης” συναντούν το βενθικό ορίζοντα σε διάστημα δύο εβδομάδων περίπου, επισημαίνοντας ότι ο ρυθμός καθίζησης των σωματιδίων εξαρτάται από τις υδρογραφικές συνθήκες, το βάθος αλλά και από τον τύπο του πελαγικού τροφικού πλέγματος.

Σύμφωνα με τους Tselepidis *et al.* (1996), η οργανική ύλη που παράγεται στα επιφανειακά στρώματα του Κρητικού Πελάγους, παγιδεύεται μέσω της ανάπτυξης του “μικροβιακού βρόγχου” (microbial loop) στην υδάτινη στήλη με αποτέλεσμα τη μείωση της ροής ενέργειας προς το βαθύαλο βένθικό σύστημα. Στον κ. Ηρακλείου, λόγω του έντονου υδροδυναμισμού και του σχετικά μικρότερου βάθους, οι πιθανότητες “εξαγωγής” μεγάλου ποσοστού της ενέργειας που παράγεται από πρωτογενούς παραγωγούς της στήλης προς το βένθος της ανώτερης περιπαραλιακής ζώνης αυξάνονται, ιδιαίτερα μετά από τα μέγιστα πρωτογενούς παραγωγής που σημειώνονται την άνοιξη και στα μέσα του καλοκαιριού (Psarra *et al.*, 1996) και εφόσον η στήλη δεν παρουσιάζει διαστρωμάτωση. Η ετήσια ολική πρωτογενής παραγωγικότητα στον κ. Ηρακλείου στη στήλη στα 100 m, εκτιμήθηκε ότι είναι  $80 \text{ gr C} / \text{m}^2 / \text{yr}$  (Psarra *et al.*, 1996). Ο Suess (1980) υπολόγισε ετήσια ροή άνθρακα σε βάθος 75 m ίση με  $25 \pm 10 \text{ gr} / \text{m}^2 / \text{yr}$ , σε oligοτροφικές παράκτιες περιοχές εκτός Μεσογείου και παρόμοια επίπεδα ( $22 \text{ gr C} / \text{m}^2 / \text{yr}$ ) υπολόγισαν οι Duineveld *et al* (1996) σε βάθος 100 m στον κ. Ηρακλείου. Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, τα χαμηλότερα επίπεδα του βενθικού μεταβολισμού στο βάθος αυτό κατά τον Αύγουστο, υποδηλώνουν ότι κατά τη θερινή περίοδο η ροή των βιογενών θρυμμάτων που παράχθηκαν στη στήλη είναι ελαττωμένη, κυρίως λόγω της διαστρωμάτωσης της στήλης.

Ωστόσο, στα παράκτια οικοσυστήματα η εισροή οργανικού άνθρακα διά της καθίζησης βιογενών θρυμμάτων, δεν είναι το μοναδικό μονοπάτι μεταφοράς ενέργειας προς το βένθος. Στην προκειμένη περίπτωση, η μεταφορά υλικού ανθρωπογενούς και γενικότερα χερσογενούς προέλευσης, είναι πιθανή λόγω της εγγύτητας στις ακτές της Κρήτης. Ιδιαίτερα το χειμώνα, λόγω των βροχοπτώσεων και των ανέμων που πνέουν από τις ορεινές περιοχές προς τη θάλασσα, η συνεισφορά αυτών των πηγών θα πρέπει να προσμετρηθεί στο αποθεματικό του άνθρακα στα ιζήματα της περιοχής.

Υπάρχει, επίσης, μεγάλη πιθανότητα μεταφοράς κομματιών μακροφυκών και φανορογάμων που αποκόπηκαν λόγω έντονου κυματισμού και γήρανσης από λιβάδια ρηχότερων περιοχών του κόλπου. Η εμφάνιση φύλλων από *Halophila stipulacea* και *Caulerpa prolifera* σε όλα σχεδόν τα δείγματα, επιβεβαιώνουν την παραπάνω υπόθεση. Κατά την πρώτη φάση της αποικοδόμησης των νεκρών φυτικών μερών λαμβάνει χώρα λύση των κυττάρων και έκλυση υδατοδιαλυτών ανόργανων και οργανικών ενώσεων οπότε ακολουθούν τα στάδια της μικροβιακής αποικοδόμησης των πολυμερών ενώσεων που περιέχονται στους ιστούς των μακρόφυτων και μακροφυκών (Blum & Mills, 1991 και εκεί αναφορές, Alber & Valiela, 1994). Η έκλυση διαλυμένου οργανικού άνθρακα και θρεπτικών κατά την αρχική φάση της αποικοδόμησης, επάγουν ταχύτατη αύξηση των βενθικών μικροβιακών πληθυσμών (βακτήρια, πρωτόζωα, μικροφύκη) που επωφελούνται από τη θρεπτική και ενεργειακή αξία του νέου υποστρώματος (Robertson *et al.*, 1982, Kenworthy & Tayer, 1984). Έτσι, τα μακροφυκικής προέλευσης θρύμματα, μέσω της μικροβιακής δράσης και παραγωγής, μετατρέπονται σε άμορφα μακροσυσσωματώματα (aggregates) άμεσα διαθέσιμα στα ανώτερα τροφικά επίπεδα της βενθικής βιοκοινωνίας (Fenchel, 1977, Velimirov, 1989, Blum & Mills, 1991, Alber & Valiela, 1994). Τα βενθικά μικροφύκη τα οποία αποτελούν τους πρωτογενείς παραγωγούς του βένθους στην ανώτερη περιπαραλιακή ζώνη, συνεισφέρουν επίσης στην ενυπάρχουσα συγκέντρωση διαλυμένου οργανικού άνθρακα στο ίζημα (Fenchel, 1977, Graf *et al.*, 1982). Η κατανομή των βενθικών μικροφυκών εκτείνεται σε βάθος 100 m στον κ. Ηρακλείου, όπως υποδηλώνει η ανίχνευση με HPLC χρωστικών που ανήκουν σε βενθικά διάτομα στο ίζημα (Duineveld, προσωπική επικοινωνία). Επιπρόσθετα, η παρουσία νεκρών υπολειμμάτων από ρίζωμα του *Posidonia oceanica*, που αποτελεί ίσως ένδειξη πρόσφατης συρρίκνωσης και εξάλειψης λιβαδιού προκαλούμενη από τις εκτεταμένες μηχανικές διαταράξεις από σύρσεις με μηχανότρατα στην περιοχή, ήταν μόνιμο χαρακτηριστικό σε όλα δείγματα. Οι ρίζες του *Posidonia oceanica* διαμορφώνουν ένα υπόγειο πλέγμα το οποίο συμβάλλει στη σταθεροποίηση του ιζήματος και συντελεί στη δημιουργία μικροπεριβαλλόντων, που φιλοξενούν τη μικροβιακή χλωρίδα και πανίδα του ιζήματος χάριν της ιδιότητας τους να συγκρατούν λεπτόκοκκο ίζημα υψηλού ποσοστού ιλύος-αργίλλου (Gray, 1981).

Έχει διατυπωθεί η υπόθεση ότι ένα μέρος της σωματιδιακής οργανικής ύλης χρησιμοποιείται ή επαναχρησιμοποιείται από τους βενθικούς οργανισμούς χάρη σε επαναιώρηση του στην υδάτινη στήλη (Smetacek & Hendrikson, 1979). Θεωρείται ότι με τον τρόπο αυτό αξιοποιείται πλήρως η ενεργειακή αξία της ενυπάρχουσας οργανικής ύλης η οποία διαφορετικά θα είχε αποτεθεί αχρησιμοποίητη σε βαθύτερα στρώματα του ιζήματος λόγω ιζηματοπόθεσης (Graf *et al.*, 1982). Οι Hedges *et al.* (1988) ερμήνευσαν τη διαρκή ροή οργανικής ύλης σε βάθη από 30 έως 110 m στην παράκτια θαλάσσια περιοχή του Dabob Bay με μηχανισμούς επαναιώρησης και οριζόντιας μεταφοράς μέσω ρευμάτων των επιφανειακών ιζημάτων. Στην προκειμένη περίπτωση δεν είναι γνωστό σε τι βαθμό τα



επαναιωρούμενα σωματίδια ενσωματώνονται στο υπόστρωμα ούτε εάν συμβαίνει οριζόντια μεταφορά (advection) οργανικής ύλης μέσω ρευμάτων από τον κ. Ηρακλείου προς τα όρια της υφαλοκρηπίδας ή ακόμη βαθύτερα και το αντίστοιχο. Η πιθανότητα ενίσχυσης του οργανικού φορτίου στα επιφανειακά ιζήματα της λεκάνης του κόλπου Ηρακλείου μέσω τέτοιων μηχανισμών μεταφοράς, θα πρέπει να διερευνηθεί ώστε να εκτιμηθεί η συνεισφορά αλλόχθονων πηγών οργανικής ύλης στο ενεργειακό απόθεμα του οικοσυστήματος.

Οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα, της χλωροφύλλης *a* και των επιπέδων τριφωσφορικής αδενοσίνης στο ίζημα, χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την εκτίμηση της δραστηριότητας και της αφθονίας της βενθικής μικροβιακής βιοκοινωνίας αν και δεν αποτελούν ακριβείς δείκτες διαθεσιμότητας των θρυμμάτων σε ανώτερα τροφικά επίπεδα. Αφενός, ο οργανικός άνθρακας που μετράται είναι δυνατό να έχει απωλέσει την ενεργειακή και θρεπτική του αξία για τους καταναλωτές θρυμμάτων. Αφετέρου, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης *a* που χρησιμοποιείται ως μέτρο της αφθονίας των βενθικών μικροφυκών, δεν αποτελεί απαραίτητα την κατάλληλη μονάδα μέτρησης της βιομάζας τους καθώς η ένταση του φωτός, η διαθεσιμότητα των θρεπτικών αλάτων στο ίζημα και είδος - ειδικοί παράγοντες επηρεάζουν τα επίπεδα των χλωροχρωστικών (Jonge, 1980 και εκεί αναφορές). Τέλος, η συγκέντρωση του ATP από μόνη της, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο της μικροβιακής βιομάζας καθώς δε μαρτυρά τη σύνθεση του πληθυσμού και τη φυσιολογική κατάσταση των βενθικών μικροβίων (Christensen & Devol, 1980).

Ο οργανικός άνθρακας προσλαμβάνεται από μακροπανιδικούς οργανισμούς είτε μέσω άμεσης κατάποσης και απορρόφησης σωματιδιακού υλικού είτε μέσω κατάποσης των μικροβιακών πληθυσμών που συνδέονται με την εισροή βιογενών θρυμμάτων (Lopez & Levinton, 1978). Ως εκτούτου, οι συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα, αναμένεται να συσχετίζονται με τη σωματική αύξηση του μακροζωοβένθους, ιδιαίτερα όταν τα θρύμματα είναι υψηλού περιεχομένου σε άζωτο (Tenore, 1975, 1977, Tenore *et al.*, 1979). Υποστηρίζεται επίσης ότι το πρωτεϊνικό περιεχόμενο των θρυμμάτων, αυξάνει με τις συγκεντρώσεις των θρυματοφάγων μικροβίων και των μικροφυκών που επωφελούνται από την αποικοδόμηση και ανοργανοποίηση των θρυμμάτων (Newell & Field, 1983), με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα θετικής συσχέτισης των συγκεντρώσεων Chl *a* και ATP με την αφθονία και τη βιομάζα της μακροπανίδας.

Οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα, Chl *a* και ATP στο ίζημα που εκτιμήθηκαν για την περίοδο 1989- '90 σε βάθος 70 m (Anonymous, 1993), δεν συσχετίστηκαν σημαντικά με τα scores της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών που εφαρμόστηκε στα δεδομένα της αφθονίας και της βιομάζας για τους αντίστοιχους μήνες της παρούσας δειγματοληψίας (1991-'92) ενώ συσχετίζονται θετικά μεταξύ τους και με τη θερμοκρασία. Ενδεχομένως, λοιπόν, οι συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα, Chl *a* και ATP ως κριτήρια του εποχιακού ενεργειακού σήματος που δέχεται η βενθική βιοκοινωνία και κατ' επέκταση της διαθεσιμότητας τροφής, δεν είναι ικανές να ερμηνεύσουν την εποχιακή μεταβλητότητα που περιέχουν τα δεδομένα της μακροπανιδικής αφθονίας σε βάθος 70 m στον κ. Ηρακλείου. Ένα τέτοιο αποτέλεσμα μπορεί να οφείλεται αφενός στη χρονική διαφορά των δύο δειγματοληψιών και αφετέρου στην τοπική ετερογένεια του υποστρώματος. Μεταβολές που οφείλονται σε διαφορές της ροής οργανικής ύλης προς το

βένθος ανάμεσα στις δύο περιόδους δειγματοληψίας δεν είναι δυνατό να αξιολογηθούν καθώς δεν υπάρχουν δεδομένα πρωτογενούς παραγωγής για την περιοχή μέχρι πριν από το 1994. Είναι όμως γεγονός ότι τόσο τα πλαγκτονικά θρύμματα που καθιζάνουν όσο και τα μακροφυτικά θρύμματα που μεταφέρονται από ρηχότερα ιζήματα, παρουσιάζουν εξαιρετικά ετερογενή διασπορά και κατανομή στον πυθμένα. Οποσδήποτε, οι στατιστικά σημαντικές εποχιακές διαφορές στην αφθονία συγκεκριμένων ταξινομικών ομάδων, που προέκυψαν χρησιμοποιώντας μη παραμετρικούς ελέγχους, αντανακλούν συγχρόνως μεταβολές της συναθροιστικότητας των ατόμων (Elliott, 1977). Τελικά, στα πλαίσια του σαπροφυτικού τροφικού πλέγματος, που όπως εξηγήθηκε αποτελεί τη βάση της δομής και λειτουργίας της υπό μελέτη βενθικής βιοκοινωνίας, η διαθεσιμότητα χώρου και τροφής είναι δυο παράγοντες αλληλοδιαπλεκόμενοι. Ως εκ τούτου, τα πρότυπα κατανομής των εστιών δράσης των μικροβιακών και μακροπανιδικών πληθυσμών στο χώρο, είναι πιθανό να επηρεάζονται από απρόβλεπτους ή αδιερεύνητους μέχρι τώρα παράγοντες αλλά όχι εποχιακούς, με τη στενή έννοια του όρου.

Με βάση σχετικές μελέτες, πιστεύεται ότι η δυναμική των βενθικών πληθυσμών δεν καθορίζεται απλά από την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους αλλά κυρίως από την ικανοποίηση των απαιτήσεων τους σε απαραίτητα αμινοξέα και λιπαρά οξέα (Gremare *et al.*, 1997). Οι Tenore *et al.* (1979) και Levinton & Stewart (1988) έδειξαν ότι η μετατρεψιμότητα των θρυμμάτων αυξάνει ανάλογα με το περιεχόμενο άζωτο και οι Gremare *et al.* (1997) προτείνουν το πρωτεϊνικό περιεχόμενο των θρυμμάτων ως λειτουργικό δείκτη της αύξησης των βενθικών πληθυσμών. Επομένως, η διερεύνηση της απόκρισης της μακροβενθικής κοινότητας στη διαθεσιμότητα τροφής θα πρέπει να βασιστεί σε συγκεκριμένους λειτουργικούς ρυθμιστικούς παράγοντες που συνδέουν την αφομοίωση οργανικής ύλης με τη σωματική αύξηση. Η σύζευξη της σωματικής αύξησης με ποιοτικές περισσότερο παρά ποσοτικές παραμέτρους της σύνθεσης της δίαιτας αποτελεί μια πιθανή αιτία για την απουσία συσχέτισης των δεδομένων αφθονίας και βιομάζας της παρούσας δειγματοληψίας με τις συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα, της Chl *a* και του ATP στα ιζήματα της περιπαραλιακής ζώνης του κ. Ηρακλείου.

Η μεταβολή του περιεχομένου και της μορφής των θρυμμάτων με το χρόνο και το επαναδεμάτισμα (repackaging) των θρυμμάτων σε περιττώματα (Pomeroy, 1982) αποτελούν μηχανισμούς ανακύκλωσης της οργανικής ύλης στον πυθμένα, που δεν υπόκεινται σε εποχιακές αλλά διαχρονικές αλλαγές. Τα θρύμματα που καθιζάνουν από τη στήλη είναι άμεσα διαθέσιμα τόσο στη μικροβιακή κοινωνία όσο και σε μειοπανιδικούς και μακροπανιδικούς, διηθηματοφάγους και ιζηματοφάγους, καταναλωτές (Tenore & Hanson, 1980) οπότε επανεισέρχονται στο τροφικό πλέγμα στη μορφή περιττωμάτων που θεωρούνται πηγές σωματιδιακού άνθρακα και θρεπτικών, υψηλής διαθεσιμότητας (Fabiano *et al.*, 1994). Τα μακροφυτικά όμως θρύμματα διέρχονται από στάδια στα οποία η δομή, η βιοχημική σύνθεση και η ενεργειακή και θρεπτική αξία τους επομένως και η διαθεσιμότητα, μεταβάλλονται (Alber & Valiela, 1994; Danovaro *et al.*, 1994). Ετσι, τα θρύμματα ανάλογα με τη φύση και την προέλευση τους, χρησιμοποιούνται με διαφορετικό ρυθμό από τους θρυμματοφάγους οργανισμούς (Lopez & Levinton, 1987). Επιπρόσθετα, ο βαθμός επεξεργασίας που έχουν υποστεί, υπαγορεύει διαφορετική διαθεσιμότητα στους καταναλωτές στη κλίμακα του χρόνου (Tenore & Hanson, 1980). Η ετερογενής διασπορά των θρυμμάτων, η μικροτοπογραφία του υποστρώματος, μικρής κλίμακας φυσικοχημικές διαβαθμίσεις στο ιζήμα συντελούν στη δημιουργία πολλαπλών διαθέσιμων

μικροενδαιτημάτων που προσφέρουν διαφορετικές δυνατότητες εκμετάλλευσης από τους μακροβενθικούς οργανισμούς. Επιπλέον σε βενθικές κοινότητες μαλακού υποστρώματος, δεδομένης της δυνατότητα κατασκευής στοών και αξιοποίησης του μεσοδιαστηματικού χώρου από την ενδοπανίδα, ο χώρος σπάνια αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την αύξηση των πληθυσμών (Petersen, 1977, Petersen & Andre, 1980). Έτσι, διαφορές σχετικά με τον τροφικό τύπο, την κινητικότητα, τις απαιτήσεις σε θρεπτικά, επάγουν διαχωρισμό των οικολογικών θόκων και εξομάλυνση του διαειδικού ανταγωνισμού.

Από τις αυξημένες συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου επωφελούνται καταρχήν οι ιζηματοφάγοι οργανισμοί (Pearson & Rosenberg, 1978, Levin, 1986), οι οποίοι στον κόλπο Ηρακλείου συνιστούν την επικρατέστερη τροφική ομάδα για όλους τους μήνες δειγματοληψίας. Στη θεώρηση των τροφικών τύπων που έγινε κατά την παρούσα μελέτη, δεν αποπειράθηκε η διάκριση ανάμεσα σε επιλεκτικούς και μη-επιλεκτικούς ιζηματοφάγους οργανισμούς. Διεξοδικές μελέτες, ιδιαίτερα στην περίπτωση των ιζηματοφάγων και διηθηματοφάγων πολύχαιτων, έδειξαν ότι η πλειοψηφία των ειδών παρουσιάζει υψηλή επιλεκτικότητα είτε κατά την επιλογή των τεμαχίων τροφής που προσλαμβάνουν (Whitlatch, 1974) είτε κατά το στάδιο της πέψης (Hyllberg, 1975). Οι Taghon *et al.* (1978) έχουν προτείνει ένα μοντέλο άριστης πέψης που αφορά σε ιζηματοφάγους βενθικούς οργανισμούς, σύμφωνα με το οποίο τεμάχια μικρότερου μεγέθους καθώς προσφέρουν μεγαλύτερη επιφάνεια για την ανάπτυξη μικροβιακών πληθυσμών, αντιπροσωπεύουν δίαιτα υψηλότερης ενεργειακής αξίας για τους ιζηματοφάγους οργανισμούς. Ο Taghon (1982) ελέγχοντας πειραματικά το μοντέλο άριστης πέψης, βρήκε ότι είδη όπως τα *Polydora ligni*, *Pygospio elegans*, *Pseudopolydora kempi japonica*, *Amphicteis scaphobranchiata*, *Leptosynapta clarki*, *Corophium salmonis* και άλλα, επιλέγουν όντως μικρότερα τεμάχια κατά τη διατροφή τους. Σχετικές μελέτες σε βενθικές κοινότητες στην περιοχή της υφαλοκρηπίδας, έχουν δείξει ότι η επικράτηση των ιζηματοφάγων οργανισμών είναι εντονότερη σε ιζήματα με μικρό μέγεθος κόκκων (Hartley, 1984, Eleftheriou & Basford, 1989).

Ωστόσο, οι ιζηματοφάγοι οργανισμοί παρουσιάζουν ευελιξία στις τροφικές προτιμήσεις τους. Έχει βρεθεί ότι προσλαμβάνουν τεμάχια θρεπτικής αξίας μικρότερης από τη βέλτιστη όταν δεν έχουν άλλη επιλογή καθώς και ότι επιδεικνύουν υψηλούς ρυθμούς αύξησης ακόμα και όταν ο ρυθμός πρόσληψης της τροφής είναι χαμηλός (Barlocher & Kendrick, 1973, Tenore & Gopalan, 1974, Calow, 1975). Η ευελιξία αυτή είναι αποτέλεσμα των προσαρμογών που έχουν αναπτύξει οι μακροβενθικοί οργανισμοί σε περιοριστικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η συγκέντρωση των θρεπτικών, η θερμοκρασία, η συγκέντρωση οξυγόνου, οι θηρευτές κ.λπ. Αξίζει λοιπόν να τονιστεί ότι η αφομοιωτική ικανότητα και ο ρυθμός αύξησης των ιζηματοφάγων, επομένως και οι αυξομειώσεις της πυκνότητας και βιομάζας τους, δεν καθορίζονται μόνο από τη θρεπτική αξία της δίαιτας.

Σε υψηλές θερμοκρασίες, για παράδειγμα, οπότε η μικροβιακή δραστηριότητα και η ταχύτητα αποικοδόμησης είναι εντονότερες, παρατηρείται αφενός μεν άμεση αύξηση της διαθεσιμότητας (lability) των θρυμμάτων στους καταναλωτές τους, αφετέρου δε, ταχύτερη ανοργανοποίηση των βιογενών θρυμμάτων (Levinton & Stewart, 1988). Παράλληλα όμως αυξάνει και ο μεταβολισμός των βενθικών ασπονδύλων γεγονός που υποδηλώνει ότι για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους απαιτούν μεγαλύτερα επίπεδα προσφοράς

τροφής. Εργαστηριακά πειράματα που διεξήγαγαν οι Levinton & Stewart (1988) έδειξαν ότι η αφθονία και βιομάζα δεδομένου πληθυσμού του ολιγόχαιτου δακτυλιοσκώληκα *Paranais littoralis* που υποβλήθηκε στους 25°C σημείωσαν ταχεία και απότομη μείωση ενώ στη θερμοκρασία των 15°C η ελάττωση του πληθυσμού ήταν σταδιακή και έλαβε χώρα σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Παρατηρήθηκε, επίσης, δραματική μείωση της μετατρεψιμότητας των θρυμμάτων σε σωματικούς ιστούς στην υψηλότερη θερμοκρασία γεγονός που αποδόθηκε στη μετατροπή της οργανικής ύλης σε μικρής θρεπτικής αξίας δίαιτα με τη μεσολάβηση της μικροβιακής δραστηριότητας (Levinton & Stewart, 1988).

Τελικά, υπό το φως τέτοιων πειραμάτων (βλ. Levinton & Stewart, 1988), η αποσαφήνιση των αλληλεπιδράσεων της θερμοκρασίας με την εισροή βιογενών θρυμμάτων αποκτά ιδιαίτερη σπουδαιότητα για την κατανόηση του ρόλου της διαθεσιμότητας τροφής στο σαπροφυτικό τροφικό πλέγμα παράκτιων περιοχών. Σε βάθος 70 m στον κ. Ηρακλείου, η αύξηση της θερμοκρασίας του ιζήματος συμπίπτει χρονικά με την καθίζηση των προϊόντων της πελαγικής πρωτογενούς και δευτερογενούς παραγωγής που διευκολύνεται χάρη στην κατάρρευση του θερμοκλινούς και την ομογενοποίηση της στήλης, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τη συγχρονισμένη αύξηση των τιμών οργανικού άνθρακα, χλωροφύλλης *a* και ATP κατά τους φθινοπωρινούς μήνες (Anonymus, 1993). Ενώ λοιπόν θα αναμενόταν αύξηση της οργανικής βιομάζας από τον Αύγουστο έως το Νοέμβριο και το Φεβρουάριο εξαιτίας της επιπρόσθετης εισροής βιογενών θρυμμάτων στο βένθος, παρατηρήθηκε μείωση της βιομάζας αλλά και του αριθμού ατόμων της πλειοψηφίας των ταξινομικών ομάδων. Είναι πιθανό ότι η ποσότητα και η ενεργειακή αξία της ενυπάρχουσας οργανικής ύλης δεν ανταποκρίνονται στις ενεργειακές απαιτήσεις του αυξημένου μεταβολικού ρυθμού των μακροβενθικών ασπονδύλων που επάγεται από την άνοδο της θερμοκρασίας - κατά 5°C περίπου από τον Αύγουστο έως τον Οκτώβριο (αδημοσίευτα στοιχεία του Ι.ΘΑ.ΒΙ.Κ.). Υπό τέτοιες συνθήκες, ενδεχομένως, το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού άνθρακα που αφομοιώνεται, χρησιμοποιείται για να ικανοποιήσει το αυξημένο κόστος διατήρησης (cost of maintenance) των ατόμων ενώ πολύ λιγότερο ενσωματώνεται στους σωματικούς ιστούς για την παραγωγή βιομάζας. Η διαρκής αν και πεπερασμένη παροχή οργανικής ύλης στο βένθος της ανώτερης περιπαραλιακής ζώνης στον κ. Ηρακλείου με τους μηχανισμούς που περιγράφηκαν σε προηγούμενες παραγράφους, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα αξιοποίησης της θρυμμάτων από τη βενθική βιοκοινωνία καθ' όλα τα στάδια της αποικοδόμησης τους (temporal partitioning), καθιστούν το μακροβενθικό πληθυσμό ικανό να αντιπαρέλθει τις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες που επάγονται από την άνοδο της θερμοκρασίας από τον Αύγουστο έως το Νοέμβριο και να ικανοποιεί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους τις τροφικές απαιτήσεις του. Η αυξημένη θνησιμότητα των ενήλικων που συνοδεύει την ολοκλήρωση της αναπαραγωγικής περιόδου κατά τα τέλη του καλοκαιριού, όπως συμβαίνει για πολλές ταξινομικές ομάδες της μακροπανίδας του κ. Ηρακλείου, αποτελεί μάλλον προσαρμογή του κύκλου ζωής των ειδών στους δεδομένους διαθέσιμους περιβαλλοντικούς πόρους.

Παρόλα αυτά, η γνώση της διαθέσιμης οργανικής ύλης, δεν είναι ικανή να ερμηνεύσει το ρόλο των διαειδικών αλληλεπιδράσεων στην οργάνωση των τροφικών δικτύων εν μέρει επειδή η μεταφορά ενέργειας και η παραγωγή βιομάζας σε ένα οικοσύστημα καθορίζονται από τις τροφικές σχέσεις των ειδών μεταξύ τους στα πλαίσια του δεδομένου τροφικού πλέγματος (DeAngelis, 1992, Menge, 1992). Τόσο στα χερσαία

όσο και στα θαλάσσια οικοσυστήματα έχει βρεθεί ότι είδη, μικρής σημασίας από τη σκοπιά της ροής ενέργειας και βιομάζας, είναι δυνατό να ασκούν έντονη ρυθμιστική επίδραση σε πληθυσμούς ειδών που περιέχονται στη διαίτα τους (Polis & McCormick, 1987, Spiller & Schoener, 1988, Dayton, 1984). Έχοντας, λοιπόν υπόψιν, ότι δεν υπάρχουν καθορισμένα τροφικά επίπεδα στα πλαίσια των τροφικών δικτύων και ότι δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει σύζευξη των παραγόντων που επηρεάζουν τη δυναμική πληθυσμών με τη διαθεσιμότητα των τροφικών πόρων (Polis & Strong, 1996), οι πληθυσμιακές διακυμάνσεις της μακροπανιδικής κοινότητας του κ. Ηρακλείου, θα πρέπει να εξεταστούν υπό το πρίσμα της θηρευτικής πίεσης. Οι μακροπανιδικοί θηρευτές σε βάθος 70 m στον κ. Ηρακλείου αποτελούν μικρό μέρος της ολικής αφθονίας όπως συμπεραίνεται από το μικρό ποσοστό - έως 8 % επί του συνόλου- των σαρκοφάγων. Οι νεμερτίνοι, τα Caudofauneata, οικογένειες ενδοπανιδικών πολύχαιτων με μικρή συνεισφορά στην ολική αφθονία (βλ. Παράρτημα I) και είδη δύο από τις επικρατέστερες οικογένειες πολύχαιτων της παρούσας μελέτης, οι Lumbrineridae και Glyceridae, αποτελούν τους κυριότερους αντιπροσώπους της τροφικής ομάδας των σαρκοφάγων. Οι σαρκοφάγοι πολύχαιτοι της παρούσας μελέτης, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τρέφονται με μειοπανιδικούς οργανισμούς και μικρούς πολύχαιτους, καρκινοειδή, μικρά οφιοουροειδή, βρυόζωα καθώς και με τα προνυμφικά στάδια βενθικών ασπονδύλων (Fauchald & Jumars, 1979 και εκεί αναφορές). Είναι πιθανότερο ότι οι δεδομένοι μακροπανιδικοί θηρευτές αλληλεπιδρούν με τη μόνιμη και παροδική μειοπανίδα της περιοχής συμπεριλαμβανομένων των μετα-προνυμφικών και νεαρών σταδίων της μακροπανίδας (Osman & Whitlatch, 1995 και εκεί αναφορές, ) και λιγότερο με τα ενήλικα στάδια των μακροπανιδικών ιζηματοφάγων και διηθηματοφάγων, που συλλέχθηκαν κατά τη δειγματοληψία. Η κατάσταση είναι ακόμη πιο πολύπλοκη εάν ληφθεί υπόψιν ότι στα πλαίσια του σαπροφυτικού τροφικού πλέγματος η λεία ενός ενδοπανιδικού θηρευτή αποτελείται όχι μόνο από βενθικά ασπόνδυλα αλλά και από τα οργανικά θρύμματα και τους θρυμματοφάγους μικροβιακούς πληθυσμούς, καθώς και το αντίστροφο, οι ιζηματοφάγοι προσλαμβάνουν μαζί με την οργανική ύλη τους θρυμματοφάγους οργανισμούς (βακτήρια, μικρόβια και μειοπανίδα), που σχετίζονται με τα θρύμματα (Federle *et al.*, 1983 και εκεί αναφορές, Polis & Strong, 1996).

Πολλές μελέτες με επίκεντρο το ρόλο της θήρευσης στο θαλάσσιο περιβάλλον έδειξαν ότι η βενθική βιοκοινωνία επηρεάζεται με διαφορετικούς και πολλαπλούς τρόπους από την τροφοληπτική δραστηριότητα βενθοπελαγικών ιχθύων και επιπανιδικών ασπονδύλων. Η πυκνότητα, το μέγεθος, η θρεπτική αξία και ηθολογικές προσαρμογές των υποψήφιων ειδών-λείες, ιδιαιτερότητες του ενδιαιτήματος των ειδών-λείες, η συχνότητα θήρευσης, η πυκνότητα και το εύρος του τροφικού θώκου του θηρευτή καθώς και το οντογενετικό στάδιο κατά το οποίο λαμβάνουν χώρα οι αλληλεπιδράσεις των ειδών-θηρευτών με τα είδη-λείες, αποτελούν τις βασικές παραμέτρους για τον καθορισμό της έντασης της θηρευτικής πίεσης στο βένθος (Virnstein, 1977, Stoner, 1980, Nelson, 1981, Evans, 1983, Federle *et al.*, 1983, Kent & Day, 1983, Fitzhugh & Fleeger, 1985, Palmer, 1988, Bennett & Branch, 1990, Sudo & Azeta, 1992). Οι Federle *et al.* (1983) απέδειξαν ότι η επίδραση των θηρευτών (ψαριών και δεκαπόδων) δε σταματά στο επίπεδο της μακροπανίδας: μέσω της διατάραξης που προκαλούν στο υπόστρωμα και της μείωσης του πληθυσμού ιζηματοφάγων λειών τους, επεκτείνεται έως το επίπεδο των μικροβιακών θρυμματοφάγων πληθυσμών, επιφέροντας αλλαγές στη δραστηριότητα των βακτηρίων, ακόμη και στη βιοχημική σύσταση των θρυμμάτων, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η

διαθεσιμότητα και θρεπτική αξία της τροφής για όλους τους οργανισμούς που εμπλέκονται στο σαπροφυτικό τροφικό δίκτυο. Παράλληλα, η θήρευση επί της μακρο-ενδοπανίδας, δεν έχει απαραίτητα ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού ατόμων καθώς οι θηρευτές κατά την αναζήτηση της τροφής τους αποσπούν μέρη και εξαρτήματα των οργανισμών τα οποία προεξέχοντας στην επιφάνεια του ιζήματος, έλκουν την προσοχή των θηρευτών. Στην περίπτωση αυτή, δε σημειώνεται μείωση του αριθμού ατόμων ή της βιομάζας της μακροπανίδας αλλά λαμβάνει χώρα δραματική καταστολή της δευτερογενούς μακροβενθικής παραγωγικότητας καθώς η ενέργεια που προσλαμβάνεται αποδίδεται στην αναγέννηση των αφαιρεμένων σωματικών μερών λόγω θήρευσης (Barnes & Hughes, 1988).

Δυστυχώς, πέρα από την πυκνότητα και τη βιομάζα της μακροπανιδικής κοινότητας, δεν υπάρχουν ακριβείς πληροφορίες για τις υπόλοιπες παραμέτρους που χρειάζονται για την εκτίμηση της θηρευτικής πίεσης. Η ημιποσοτική δειγματοληψία της μεγαπανίδας με δοκότρωτα τύπου Agassiz αφενός και της ιχθυοπανίδας με βενθοπελαγική τράτα αφετέρου, προσφέρουν αόριστη εκτίμηση της αφθονίας, της εποχιακής κατανομής των εν δυνάμει επιπανιδικών θηρευτών της μακροπανίδας και του ρόλου τους στη δυναμική της μακροπανιδικής κοινότητας. Σύμφωνα με τα στοιχεία που προέκυψαν από σύρσεις με δοκότρωτα σε βάθος 70 m στον κ. Ηρακλείου κατά την περίοδο 1989-'90, στους υποψήφιους θηρευτές συγκαταλέγονται σαρκοφάγοι / πτωματοφάγοι πολύχαιτοι, με επικρατέστερο το *Hermodice carunculata* (Amphinomidae) με μέγιστη τιμή τα 55 άτομα / 2000 m<sup>2</sup>, περίπου, ο αστερίας *Astropecten irregularis*, με αφθονία μικρότερη από 20 άτομα / 2000 m<sup>2</sup>, τα δεκάποδα *Anapagurus laevis* και *A. bicornis*, των οποίων η πυκνότητα κυμάνθηκε από αμελητέα έως 120 άτομα / 2000 m<sup>2</sup>, περίπου, και τα ψάρια *Gobius* sp. και *Serranus hepatus* (Anonymous, 1993). Η σύνθεση της διαίτας επτά βενθοπελαγικών ψαριών που αλιεύτηκαν σε βάθη από 70 - 85 m, όπως προέκυψε από την ανάλυση των στομαχικών περιεχομένων τους, έδειξε ότι τα περισσότερα περιλαμβάνουν στη διαίτα τους μακροβενθικά ασπόνδυλα (Λαμπροπούλου, 1995). Πιο συγκεκριμένα, οι μακροβενθικές ομάδες που βρέθηκε ότι περιέχονται στη διαίτα των ειδών *M. barbatus*, *D. quadrimaculatus*, *M. merluccius*, *S. cabrilla*, *S. hepatus*, *L. cavillone*, *C. lingatula* είναι τα δεκάποδα και οι πολύχαιτοι κυρίως, ενώ σε μικρότερα ποσοστά περιλαμβάνονται μυσιδώδη, εχινόδερμα, μαλάκια και μικρά καρκινοειδή (Λαμπροπούλου, 1995).

Στη διαίτα των βενθικών ψαριών που εξετάστηκαν βρέθηκαν σε μεγάλα ποσοστά είδη δεκαπόδων, όπως τα *Alpheus glaber*, *Upogebia typica*, *Processa nouveli*, *Philocheras bispinosus* καθώς και μεγάλες καβουριών. Τα είδη αυτά, με εξαίρεση ίσως το διθηματοφάγο είδος *Upogebia typica*, αποτελούν εν δυνάμει θηρευτές της μακροπανίδας και παρουσιάζουν ιδιαίτερα μικρή αφθονία με βάση τα αποτελέσματα δειγματοληψιών με αρπάγη τύπου Smith-McIntyre. Η σχετικά μεγάλη αφθονία των δεκαπόδων αυτών στα στομαχικά περιεχόμενα των ψαριών, αποτελεί ένδειξη για την ύπαρξη θηρευτών των οποίων η πυκνότητα δεν μπορεί να εκτιμηθεί ποσοστικά χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο δειγματολήπτη, επειδή η μικρή επιφάνεια δειγματοληψίας της αρπάγης (0.1 m<sup>2</sup>) δεν ανταποκρίνεται στο μέγεθος και την κινητικότητα τους, στην αραιότερη κατανομή τους στο υπόστρωμα σε σχέση με ενδοπανικούς οργανισμούς και τη δυνατότητα αποφυγής του δειγματολήπτη που εμφανίζουν. Υποδηλώνει επίσης ότι η θήρευση από ψάρια επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό την οργάνωση των επιπανιδικών πληθυσμών παρά των ενδοπανιδικών, για τη συλλογή των οποίων σχεδιάστηκε η παρούσα δειγματοληψία. Ο

Evans (1983 και εκεί αναφορές) αναφέρει ότι ο κυρίαρχος περιοριστικός παράγοντας σε επιβενθικές κοινότητες μαλακού υποστρώματος παράκτιων περιοχών, δεν είναι η διαθεσιμότητα τροφής αλλά η θηρευτική πίεση που υφίστανται κατά τα διαφορετικά οντογενετικά στάδια. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι αποτελέσματα ερευνών σχετικά με το ρόλο των επιβενθικών δεκαπόδων στην οργάνωση των μακροβενθικών κοινοτήτων, δείχνουν ότι σαν ομάδα επιδεικνύουν μεγάλο εύρος τροφικών προτιμήσεων, περιλαμβάνοντας θρυμματοφάγους, διηθηματοφάγους, σαρκοφάγους έως και παμφάγους οπορτουνιστές, ανάλογα με το ενδιαίτημα και το τροφοληπτικό μηχανισμό που διαθέτουν (Odum & Heald, 1972, Welsh, 1975, Young *et al.*, 1976, Barnes, 1987, Nickell & Atkinson, 1992). Έτσι είναι δύσκολο να εκτιμηθεί σε ποιο βαθμό, οι τροφικές προτιμήσεις των δεκαπόδων, επομένως και η θηρευτική πίεση που ασκούν, εξαρτώνται από την κατανομή και αφθονία της μακροπανίδας. Χρειάζεται λοιπόν να διεξαχθεί ποσοτική δειγματοληψία και ανάλυση της δίαιτας των ασπόνδυλων επιπανιδικών θηρευτών ώστε να αποσαφηνιστούν οι αλληλεπιδράσεις τους με τη μακροβενθική κοινότητα του κ. Ηρακλείου.

Τα μοναδικά διαθέσιμα στοιχεία για την επίδραση της θήρευσης στη μακροπανίδα της ανώτερης περιπαραλιακής ζώνης στον κ. Ηρακλείου, προέρχονται από τη μελέτη της οικολογίας της διατροφής των βενθικών ψαριών της Λαμπροπούλου (1995). Η εξειδίκευση των διατροφικών συνηθειών των ψαριών που εξετάστηκαν και ο διαχωρισμός των τροφικών θώκων τους, όπως συμπεραίνεται από τις χαμηλές τιμές του εύρους και του βαθμό επικάλυψης των τροφικών θώκων μεταξύ των επτά ψαριών που εξετάστηκαν, αντανακλάται στην επιλογή διαφορετικών ειδών ανάλογα με το μήνα και μεγεθών λείας ανάλογα με το μέγεθος του ψαριού (Λαμπροπούλου, 1995). Αυτό σημαίνει ότι εξομαλύνονται οι πιέσεις που δέχεται η μακροπανιδική κοινότητα λόγω θήρευσης από βενθικά ψάρια κατά τη διάρκεια του έτους, αναφορικά με τον αριθμό ατόμων αλλά και ειδών. Έχοντας υπόψιν ότι το επίπεδο ομοιότητας που προέκυψε κατά την ανάλυση ομαδοποίησης είναι ιδιαίτερα υψηλό, δεν υφίστανται σημαντικές εποχιακές διακυμάνσεις της αφθονίας της μακροπανιδικής κοινότητας. Επιπλέον, ενώ όσες διαφορές ανάμεσα στις αφθονίες και βιομάζες των επιμέρους ταξινομικών ομάδων για κάθε μήνα αποδείχτηκαν στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, δεν ήταν σημαντικές σε επίπεδο ελέγχου 0.01. Είναι πιθανό λοιπόν ότι η θήρευση επί των ενήλικων και προνυμφικών σταδίων της μακρο-ενδοπανίδας, διατηρώντας τον πληθυσμό καθορισμένων ειδών κάθε μήνα κάτω από τα όρια της φέρουσας ικανότητας για το δεδομένο ενδιαίτημα (Barnes & Hughes, 1988), λειτουργεί ως σταθεροποιών περιβαλλοντικός παράγοντας. Ενδεχομένως, λόγω της θήρευσης ο πληθυσμός των ιζηματοφάγων οργανισμών, που επικρατεί στα ιζήματα της περιπαραλιακής ζώνης του κ. Ηρακλείου δεν φτάνει ποτέ σε τέτοια αφθονία ώστε να εξαντλεί τους διαθέσιμους τροφικούς πόρους. Η υπόθεση αυτή αποκτά υπόσταση λαμβάνοντας υπόψιν ότι κατά την περίοδο του καλοκαιριού, οπότε, λόγω της διαστρωμάτωσης που εμφανίζει η υπερκείμενη υδάτινη στήλη η εισροή βιογενών θρυμμάτων μειώνεται, λαμβάνει χώρα η εγκατάσταση των νεαρών ατόμων και η μακροπανιδική κοινότητα στο σύνολο της έχει αυξημένες ενεργειακές ανάγκες.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σχολιαστεί η μείωση της αφθονίας και βιομάζας της μεγάλης πλειοψηφίας των κύριων ομάδων της μακροπανίδας από τον Αύγουστο έως το Νοέμβριο, που συνεχίστηκε για κάποιες από αυτές και το Φεβρουάριο. Πρέπει να τονιστεί, όμως, ότι η μείωση που εμφάνισε ο πληθυσμός κατά το φθινόπωρο είναι σχεδόν ισότιμη με

την αύξηση της ολικής αφθονίας και βιομάζας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, γεγονός που υποδηλώνει ότι η εκδήλωση αυξητικών ή πτωτικών τάσεων της ετήσιας αφθονίας και βιομάζας εξαρτάται από διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης. Ακόμη και για τις κύριες ομάδες παρατηρήθηκε ότι η αύξηση όταν συμβαίνει αντισταθμίζει σε απόλυτες τιμές τη μείωση που επέρχεται. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις δειγματοληπτικές περιόδους 1989-'90 και 1991-'92, για τις οποίες υπάρχουν στοιχεία για το σταθμό των 70 m, παρατηρήθηκε ότι κατά τη δεύτερη περίοδο σημειώθηκαν γενικά μικρότερες τιμές ολικής αφθονίας και βιομάζας της μακροπανίδας. Συγκεκριμένα, η μέγιστη αφθονία κατά την πρώτη περίοδο ήταν 2176 άτομα / m<sup>2</sup> (Νοέμβριος) ενώ κατά τη δεύτερη ήταν 1924 άτομα / m<sup>2</sup> (Μάιος). Περισσότερο σημαντικές φαίνονται να είναι οι διαφορές σχετικά με τις τιμές ξηρής βιομάζας οι οποίες κατά την περίοδο 1989-'90 κυμάνθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα (από 12 έως 18.5 gr / m<sup>2</sup>, για τους μήνες Ιανουάριο και Μάρτιο, αντίστοιχα. Από Anonymous, 1993) σε σχέση με την περίοδο 1991-'92 (από 2.475 έως 13.335 gr / m<sup>2</sup>, για τους μήνες Φεβρουάριο και Αύγουστο, αντίστοιχα. Στοιχεία παρούσας μελέτης). Παράλληλα, υπάρχει το ενδεχόμενο χρονικής μετατόπισης των μέγιστων που σημειώθηκαν από τη μία περίοδο στην επόμενη, το οποίο είναι δύσκολο να επιβεβαιωθεί και αιτιολογηθεί δεδομένου ότι δεν υπάρχουν στοιχεία για τους ίδιους μήνες των δυο διαφορετικών ετών.

Με βάση τις παραπάνω επισημάνσεις, φαίνεται πως οι διακυμάνσεις της μακροβενθικής κοινότητας του κ. Ηρακλείου επεκτείνονται πέραν της διάρκειας του έτους. Σε ετήσιο επίπεδο η ένταση των διακυμάνσεων είναι μικρή και το σύστημα παρουσιάζει μια σταθερή εποχιακά εικόνα. Σε μακροπρόθεσμο επίπεδο όμως σημειώνονται αλλαγές των οποίων το εύρος, η σπουδαιότητα και η αιτιολογία χρειάζεται να διερευνηθούν. Σε μια τέτοια προσπάθεια, οι συνέπειες παραγόντων ανθρωπογενούς όχλησης και ακραίων κλιματικών συνθηκών στο πυθμένα του κ. Ηρακλείου θα πρέπει να συζητηθούν με τις διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις για τις οποίες έγινε ήδη αναφορά. Δεν αποκλείεται οι μηχανικές διαταράξεις που προκαλούνται στο υπόστρωμα εξαιτίας της εντατικής αλιείας με βενθοπελαγική τράτα από τον Οκτώβριο έως το Μάιο στην υπο- και περι-παραλιακή ζώνη του κόλπου, να έχουν αρνητική επίδραση στο μεταβολισμό και την παραγωγικότητα των μακροβενθικών κοινοτήτων, με παρόμοιο τρόπο όπως η θήρευση. Επίσης, είναι πιθανό ότι οι ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες που σημειώθηκαν στην ατμόσφαιρα χειμώνα 1991-'92, μπορεί να έχουν αιτιολογική σχέση με τις μικρές τιμές ολικής αφθονίας και βιομάζας του Φεβρουάριου του 1992, τις χαμηλότερες που έχουν καταγραφεί έως τώρα για τη μακροπανίδα της περιπαραλιακής ζώνης του κ. Ηρακλείου. Μελέτες σχετικά με την επίδραση των κλιματικών αλλαγών, κυρίως δε της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, στις αυξομειώσεις μακροβενθικών πληθυσμών σε μεγάλα χρονικά διαστήματα, έδειξαν ότι η θερμοκρασία αποτελεί παράγοντα συγχρονισμού, αν και όχι το μοναδικό, των επιπέδων αφθονίας των μακροβενθικών κοινοτήτων σε ευρεία τοπολογική κλίμακα (Ziegelmeier, 1978, Gray & Christie, 1983, Josefson, 1987).

Πολυετείς μελέτες (10 χρόνια) στη Β. Θάλασσα, τη Βαλτική και τις περιοχές του Σκάγκερακ και Κάτεγκατ, έδειξαν σύζευξη ανάμεσα στην υψηλή συγκέντρωση θρεπτικών στη στήλη και της συνεπαγόμενης αύξησης της πελαγικής παραγωγικότητας και την αύξηση της μακροζωοβενθικής βιομάζας σε ευρεία χρονική και τοπολογική κλίμακα (Josefson, 1990, Cederwall & Elmgren, 1980, Persson, 1981, 1987, Brey, 1986, Beukema & Cadee, 1986, Duineveld *et al.*, 1987, Josefson & Smith, 1984). Ενδιαφέρον



παρουσιάζουν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από 16ετή μελέτη της μακροπανίδας σε διαφορετικά σε βάθη από 18 έως 300 m στην περιοχή του πορθμού Σκάγκερακ- Κάτεγκατ, σύμφωνα με τα οποία η αυξητική τάση της βιομάζας ήταν περισσότερη έκδηλη στους βαθύτερους σταθμούς (>50 m) ενώ η αφθονία γενικά δεν παρουσίασε κάποια συγκεκριμένη τάση στο διάστημα αυτό (Josefson, 1990). Η μελέτη αυτή απέδειξε ότι σε συστήματα στα οποία η ροή ενέργειας είναι πεπερασμένη, χωρίς να έχει όμως περιοριστική δράση, (π.χ. περιπαραλιακή ζώνη), αυξητικές τάσεις της πελαγικής παραγωγής σε μακροπρόθεσμο επίπεδο επιδρούν θετικά στην ολική βιομάζα της μακροπανίδας. Στον κ. Ηρακλείου δεν είναι γνωστές οι τάσεις της μακροπρόθεσμης απόκρισης της μακροβενθικής κοινότητας στις διακυμάνσεις της πρωτογενούς και δευτερογενούς παραγωγής της στήλης, καθώς δεν υπάρχει ακόμη μακρά χρονοσειρά των σχετικών βιολογικών δεδομένων για το οικοσύστημα. Η συλλογή και ανάλυση στοιχείων στην κατεύθυνση αυτή θα συμπληρώσει τα κενά στην εικόνα του κύκλου του άνθρακα για την περιοχή και θα απαντήσει ερωτήματα σχετικά με το αν υπάρχουν τάσεις ενεργειακής υποβάθμισης του παράκτιου βενθικού συστήματος ή όχι.

Σε οικολογικές μελέτες, η ανάλυση των αποτελεσμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί σε δύο διαφορετικές κατευθύνσεις: είτε διευρύνοντας το επίπεδο ταξινομικής ανάλυσης, χρησιμοποιώντας αντί για το είδος το γένος, την οικογένεια, την τάξη κλπ., είτε διευρύνοντας την πληροφορία που περιέχεται στο επίπεδο του είδους, προσδιορίζοντας το φύλο, την ηλικιακή κλάση, τον τροφικό τύπο κλπ. Σύμφωνα με τον Warwick (1988a, b) φυσικές περιβαλλοντικές διακυμάνσεις και επεισοδιακά φαινόμενα επηρεάζουν τις μειο- και μακρο- πανιδικές συναθροίσεις σε επίπεδο είδους ενώ ανθρωπογενείς οχλήσεις (π.χ. ρύπανση από οργανικά και τοξικά απόβλητα) επηρεάζουν τους βενθικούς πληθυσμούς σε ευρύτερη ταξινομική κλίμακα (γένος, οικογένεια κλπ.). Ωστόσο, σε εύκρατες και τροπικές παράκτιες περιοχές εξαιτίας της υψηλής βιοποικιλότητας, η ανάλυση των μακροβενθικών πληθυσμών σε επίπεδο είδους είναι χρονοβόρα και συνήθως απαιτεί εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό στην συστηματική των ειδών. Οι James *et al.* (1995) διερευνώντας κατά πόσο η ταξινομική ανάλυση στο επίπεδο του είδους και της οικογένειας επηρεάζει την οικολογική πληροφορία σχετικά με τη δομή και σύνθεση της μακροπανίδας στην υποπαραλιακή ζώνη της Ν. Νότιας Ουαλίας (Αυστραλία), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το πρότυπο κατανομής της πανίδας, είναι ανεξάρτητο της ταξινομικής κλίμακας που χρησιμοποιείται. Επισημαίνουν όμως ότι τα αποτελέσματα αυτά δεν είναι δυνατό να ισχύουν εκ των προτέρων για κάθε γεωγραφική περιοχή και για αυτό προτείνουν τη διεξαγωγή πιλοτικών δειγματοληψιών έτσι ώστε να ελεγχθεί το αναγκαίο και ικανό επίπεδο ταξινομικής ανάλυσης της μακροπανίδας για την ερμηνεία των οικολογικών δεδομένων.

Η παρούσα ανάλυση της μακροπανιδικής κοινότητας του κ. Ηρακλείου απέδωσε συνολικά 51 ταξινομικές ομάδες περιλαμβάνοντας οικογένειες έως φύλα ενώ ο μέγιστος αριθμός ειδών που προέκυψε για το ίδιο σταθμό κατά την περίοδο 1989-'90 ήταν 63 είδη / 0.1 m<sup>2</sup> (Anonymus, 1993), διαφορά που δεν είναι γνωστό κατά πόσο είναι σημαντική. Ο αριθμός των ταξινομικών ομάδων που χρησιμοποιούνται στην πολυμεταβλητή ανάλυση καθορίζει τον αριθμό των διαστάσεων του πληροφοριακού περιεχομένου του υπό μελέτη συστήματος. Θα πρέπει να γίνει σύγκριση των δύο διαφορετικών επιπέδων ανάλυσης ώστε εάν δεν παρατηρηθούν στατιστικά σημαντικές διαφορές, να διευκολυνθεί και επιταχυνθεί η εξαγωγή συμπερασμάτων για την απόκριση της μακροβενθικής κοινότητας της

περιπαραλιακής ζώνης του κ. Ηρακλείου σε περιβαλλοντικές μεταβολές. Στην κατεύθυνση αυτή θα πρέπει να διερευνηθούν οι πληθυσμιακές διακυμάνσεις της μακροπανίδας σε ευρύτερη τοπολογική κλίμακα, σχεδιάζοντας το δειγματοληπτικό πλάνο κατά μήκος ισοβαθών ζωνών καθ'όλη την έκταση του υπό μελέτη κόλπου, έτσι ώστε να συλλέγεται όλο το δίκτυο των πληροφοριών που αφορούν τις αλληλεπιδράσεις της μακροπανίδας με βιολογικές και φυσικοχημικές παραμέτρους. Δεδομένου ότι η σύνθεση των μακροπανιδικών κοινοτήτων χρησιμοποιείται ευρύτατα στην εκτίμηση της επίδρασης των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στο θαλάσσιο περιβάλλον και ότι στο συγκεκριμένο σύστημα δεν μπορεί να αποκλειστεί η πρόκληση μεταβολών εξαιτίας της δράσης επεισοδιακών και μη παραγόντων τέτοιας προέλευσης, η ανίχνευση και αντιμετώπιση των όποιων οχλήσεων θα πρέπει να είναι άμεση. Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εξοικονόμηση χρόνου εργαστηριακής ανάλυσης δειγμάτων μακροπανίδας σε ευρύτερο ταξινόμικό επίπεδο, εφόσον είναι στατιστικά αποδεκτό, εντοπίζονται στην ταχεία διάγνωση συνθηκών περιβαλλοντικής υποβάθμισης καθώς και στην υποστήριξη προγραμμάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης. Η εκτεταμένη διατάραξη της επιφάνειας του βυθού στην υπο- και περι- παραλιακή ζώνη, όπως τεκμηριώνεται από επιτόπου βιντεοσκοπήσεις (στοιχεία του Ι.ΘΑ.ΒΙ.Κ.) και τη συρρίκνωση της βλάστησης και πληθυσμών εμπορικής σημασίας (π.χ. αχινοί), και σε μικρότερο βαθμό η ρύπανση, όπως μαρτυράται προς το παρόν από την αισθητική αλλοίωση των ακτών, αποτελούν τους κυριότερους παράγοντες περιβαλλοντικής υποβάθμισης στον κ. Ηρακλείου οι οποίοι χρειάζονται μακροχρόνια παρακολούθηση.

Δεδομένου ότι η επίδραση μακροχρόνιων φυσικών μεταβολών στη μακροπανίδα αντανακλάται εντονότερα στα επίπεδα βιομάζας παρά της αφθονίας (Josefson, 1990 και εκεί αναφορές), επιβάλλεται να στραφούν οι οικολογικές μελέτες στην εκτίμηση της ενεργειακής ροής και απόδοσης δια μέσου της μακροβενθικής κοινότητας. Αν και ο αριθμός ειδών αποτελεί στοιχείο ταυτότητας μιας οργανισμικής συνάθροισης, η διαθεσιμότητα και η θρεπτική αξία της ενυπάρχουσας σωματιδιακής οργανικής ύλης, που επηρεάζει το ρυθμό αύξησης, το αναπαραγωγικό δυναμικό των ατόμων και τελικά το μέγεθος του πληθυσμού, καθώς και η θρεπτική και ενεργειακή αξία της ενδο- και επι-πανίδας για τα αλιεύσιμα είδη της περιοχής, ως αποτέλεσμα της εξέλιξης των διαειδικών αλληλεπιδράσεων, υπερβαίνουν πληροφοριακά την αξία της γνώσης της ποικιλότητας της μακροπανιδικής κοινότητας του κ. Ηρακλείου. Δίνεται έτσι η δυνατότητα να αποκτήσουν οι έννοιες της οικολογικής υποβάθμισης και διατήρησης της βιολογικής ποικιλότητας, λειτουργική και εφαρμοσμένη υπόσταση.

## **5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την επεξεργασία και ανάλυση των δειγμάτων μακροπανίδας οδήγησαν στα παρακάτω συμπεράσματα:

-Η ολική οργανική βιομάζα της μακροπανίδας σε βάθος 70 m στον κ. Ηρακλείου βρίσκεται κοντά στα κατώτερα όρια του εύρους τιμών των βιοκοινωνιών των "παράκτιων βιογενών θρυμμάτων" και "ιλυωδών βιογενών θρυμμάτων" που έχουν περιγραφεί σε παρόμοια βάθη της ΒΔ. Μεσογείου και προσεγγίζει τις τιμές που δόθηκαν για τη μακροπανιδική κοινότητα του κόλπου του Λέοντος και για την κοινότητα *Amphiura filiformis* στην περιπαραλιακή ζώνη των ισπανικών καταλανικών ακτών.

- Από την άποψη της σύνθεσης σε taxa η μακροπανιδική κοινότητα σε βάθος 70 m στον κ. Ηρακλείου, παρουσιάζει ομοιότητες με περιοχές τόσο του Αιγαίου όσο και της Δυτικής Μεσογείου, σε ευρύτερο επίπεδο ταξινομικής ανάλυσης. Χαρακτηριστική της υπό μελέτη κοινότητας η υψηλή αφθονία του φύλου των σωληνοειδών.

- Κατά την περίοδο 1991-92, δε σημειώθηκαν σημαντικές εποχιακές αλλαγές στην ολική αφθονία και βιομάζα της μακροπανιδικής κοινότητας σε βάθος 70 m, όπως τεκμηριώνεται από τα αποτελέσματα μη παραμετρικών αναλύσεων διακύμανσης και των τριών πολυμεταβλητών μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν. Γενικά η αφθονία και βιομάζα αυξάνονται προς το καλοκαίρι και μειώνονται προς το χειμώνα. Κυρίαρχη ταξινομική ομάδα για όλους τους μήνες δειγματοληψίας η κλάση των πολύχαιτων τόσο από άποψη αφθονίας όσο και βιομάζας. Κυρίαρχη τροφική ομάδα ήταν σταθερά οι ιζηματοφάγοι οργανισμοί.

- Δυο περιπτώσεις διακρίθηκαν αναφορικά με τα πρότυπα διακυμάνσεων των ταξινομικών ομάδων. Στην πρώτη οι μεγαλύτερες τιμές αφθονίας εμφανίζονται κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι (κατά τους μήνες Μάρτιο, Μάιο ή Αύγουστο) και οι μικρότερες τιμές το Νοέμβριο ή / και το Φεβρουάριο. Τέτοιο πρότυπο διακυμάνσεων επιδεικνύουν οι πολύχαιτοι Lumbrineridae, Spionidae, Maldanidae, Cirratulidae, Magelonidae, Glyceridae, Capitellidae, τα δεκάποδα, τα δίθυρα, τα οφιουροειδή, οι νεμερτίνοι και τα σωληνοειδή. Στη δεύτερη περίπτωση συγκαταλέγονται ταξινομικές ομάδες που παρουσίασαν εναλλασσόμενα μέγιστα και ελάχιστα κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας. Το πρότυπο αυτό ακολουθούν οι πολύχαιτοι Paraonidae, Onuphidae, Syllidae, Nephtyidae και τα αμφίποδα.

- Χάρη στην καθίζηση προϊόντων πελαγικής πρωτογενούς και δευτερογενούς παραγωγής, στη μεταφορά αποσπασμένων κομματιών μακροφυκών και φανερογάμων από γειτονικές ρηχότερες περιοχές, σε μηχανισμούς επαναιώρησης της οργανικής ύλης και στην πρωτογενή παραγωγή των βενθικών μικροφυκών, οι διαθέσιμοι τροφικοί πόροι για τη μακροπανιδική κοινότητα είναι μεν πεπερασμένοι αλλά η προσφορά τους είναι διαρκής. Η ροή ενέργειας διευκολύνεται από τον έντονο υδροδυναμισμό που παρουσιάζει η περιοχή και αυξάνεται κατά την περίοδο κατάρρευσης του θερμοκλινούς τον Αύγουστο λίγο μετά τη δεύτερη πληθυσμιακή έκρηξη του φυτοπλαγκτού.

- Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που σημειώνονται στο ίζημα από τα τέλη του καλοκαιριού έως τις αρχές του χειμώνα λόγω της ομογενοποίησης της υδάτινης στήλης, ο πληθυσμός της μακροπανίδας ενδεχομένως παρουσιάζει αυξημένο κόστος διατήρησης. Ως αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού άνθρακα που αφομοιώνεται ικανοποιεί τις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες του μεταβολισμού ενώ πολύ λιγότερο ενσωματώνεται στους σωματικούς ιστούς για την παραγωγή βιομάζας. Τελικά ο ρυθμός μακροβενθικής

δευτερογενούς παραγωγής το πιθανότερο είναι ότι παρουσιάζει μείωση κατά το φθινόπωρο και αρχές χειμώνα και αύξηση από το χειμώνα έως τις αρχές του καλοκαιριού.

- Η θήρευση από επιπανιδικά ασπόνδυλα και βενθοπελαγικά ψάρια λειτουργεί αφενός κατασταλτικά στη δευτερογενή μακροβενθική παραγωγή εξαιτίας της αφαίρεσης σωματικών μερών και αφετέρου διαμέσου ειδο- και μεγεθο- επιλεκτικών τροφοληπτικών συμπεριφορών, διατηρεί τον πληθυσμό καθορισμένων ειδών κάθε μήνα κάτω από τα όρια της φέρουσας ικανότητας για το δεδομένο ενδιαίτημα. Καταστολή της μακροπανιδικής παραγωγής επάγεται επίσης από τις σύρσεις βενθοπελαγικής τράτας που προκαλούν σημαντικές διαταράξεις στην επιφάνεια του ιζήματος.

- Η εκτίμηση των πληθυσμιακών διακυμάνσεων της μακροπανιδικής κοινότητας σε μακροπρόθεσμο επίπεδο, στα πλαίσια των βιολογικών και φυσικοχημικών αλληλεπιδράσεων της, κρίνονται απαραίτητες υπό το πρίσμα των πολυδιάστατων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στην περιοχή. Η μελέτη αυτή σε ευρεία τοπολογική και χρονολογική κλίμακα, μπορεί να διευκολυνθεί με την χρησιμοποίηση ευρύτερου επιπέδου ταξινομικής ανάλυσης (π.χ. οικογένεια), τέτοιου ώστε να διατηρείται το μεγαλύτερο μέρος της οικολογικής πληροφορίας που περιέχεται στην κατά είδος σύνθεση του πληθυσμού.

## 6. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για τη μελέτη των εποχιακών μεταβολών της μακροβενθικής κοινότητας της ανώτερης περιπαραλιακής ζώνης του κ. Ηρακλείου, ελήφθησαν 25 δείγματα μακροπανίδας με αρπάγη τύπου Smith-Mc Intyre, συνολικής επιφάνειας 0.5 m<sup>2</sup> ανά μήνα δειγματοληψίας. Η δειγματοληψία έλαβε χώρα κατά τους μήνες Μάρτιο, Μάιο, Αύγουστο και Νοέμβριο του έτους 1991 και το Φεβρουάριο του 1992, σε σταθερό σταθμό σε βάθος 70 μέτρα με τη χρησιμοποίηση του ερευνητικού σκάφους “Φιλία”.

Υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές της αφθονίας και νωπής βιομάζας και τα 95 % όρια εμπιστοσύνης τους καθώς και οι συντελεστές μετατροπής της νωπής σε ξηρή και οργανική βιομάζα. Με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα, ακολούθησε κατάταξη των ταξινομικών ομάδων ως προς τον τροφικό τύπο τους. Για την ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν μη παραμετρικοί έλεγχοι Kruskal-Wallis και οι πολυμεταβλητές μέθοδοι ανάλυσης ομάδας (Cluster Analysis), μη-μετρικής πολυδιάστατης διαβάθμισης (non-metric MDS) και ανάλυσης κυρίων συνιστωσών (Principal Components Analysis).

Η ανάλυση των δειγμάτων απέδωσε από τους 5 μήνες συνολικά 51 taxa τα οποία αντιστοιχούν σε 31 οικογένειες πολύχαιτων δακτυλιοσκωλήκων, 5 κλάσεις μαλακίων, 3 κλάσεις εχινόδερμων, 4 φύλα από την ομάδα των διαφόρων, 5 τάξεις από την υπερτάξη των Pezacarida, καθώς και στις τάξεις των δεκαπόδων, των οστρακωδών και στο φύλο των σωληνοειδών. Το Μάρτιο και το Μάιο σημειώθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός τάξινομικών ομάδων (44) ενώ κατά το Φεβρουάριο ο μικρότερος (39).

Οι μεγαλύτερες τιμές της ολικής αφθονίας και βιομάζας σημειώθηκαν κατά τους μήνες Μάιο και Αύγουστο 1991. Ο μέγιστος αριθμός ατόμων κατά τη διάρκεια της παρούσας δειγματοληψίας ήταν 1924 άτομα / m<sup>2</sup> (Μάρτιος). Τις υψηλότερες αφθονίες παρουσίασαν οι πολύχαιτοι Cirratulidae, Lumbrineridae, Maldanidae, Spionidae, Paraonidae, Magelonidae, τα δίθυρα μαλάκια, τα σωληνοειδή, και τα δεκάποδα. Οι μέγιστες τιμές νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας σημειώθηκαν τον Αύγουστο και ήταν 29.223, 13.335, 2.624 γραμμάρια / m<sup>2</sup>, αντίστοιχα. Οι χαμηλότερες τιμές της ολικής αφθονίας, που ήταν 1240 άτομα / m<sup>2</sup>, και νωπής, ξηρής και οργανικής βιομάζας, που ήταν αντίστοιχα 13.887, 2.475 και 1.535 γραμμάρια / m<sup>2</sup>, σημειώθηκαν το Φεβρουάριο 1992. Οι πολύχαιτοι αποτέλεσαν την επικρατέστερη ομάδα από την άποψη της αφθονίας και βιομάζας για όλους τους μήνες δειγματοληψίας ενώ οι ιζηματοφάγοι οργανισμοί κυριάρχησαν σε όλα τα δείγματα.

Οι μη παραμετρικές αναλύσεις διαφοράς και οι τρεις μέθοδοι πολυμεταβλητής ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν έδειξαν ότι δεν υφίστανται σημαντικές μεταβολές στη σύνθεση και τη δομή της μακροπανιδικής κοινότητας της ανώτερης περιπαραλιακής ζώνης του κ. Ηρακλείου σε βάθος 70 m, κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας (Περίοδος 1991-'92). Η πεπερασμένη αλλά διαρκής προσφορά τροφής, οι υψηλές θερμοκρασίες που σημειώνονται στο ίζημα με την κατάρρευση του θερμοκλινούς στη στήλη μετά τον Αύγουστο, η θήρευση από επιπανιδικούς οργανισμούς και βενθοπελαγικά ψάρια και η χρήση βενθοπελαγικής τράτας κατά τη διάρκεια της επιτρεπόμενης περιόδου, συνιστούν τις κυριότερες αιτίες για τα μέτρια αλλά σχεδόν σταθερά επίπεδα του πληθυσμού της μακροπανίδας στον κόλπο Ηρακλείου για το διάστημα 1991-'92.

## **Temporal variation of abundance and biomass of the soft bottom macrobenthic community of Iraklion Bay (Cretan Sea).**

### **Abstract**

25 macrobenthic Smith-McIntyre grab samples were collected at the circalittoral zone of Iraklion bay at certain station located at 70 m, in order to reveal the temporal structure of the macrobenthic community. The sampling area was 0.5 m<sup>2</sup> per month. Sampling took place in March, May, August and November 1991 and February 1992, using IMBC's research vessel "Philia".

Average abundances, wet weight biomass and their 95 % confidence intervals were calculated as well as conversion coefficients of wet weight biomass to dry biomass and ash free dry weight (AFDW). Based on references, all taxonomic groups identified were classified according to their feeding type. Non-metric univariate (Kruskal-Wallis) and multivariate (cluster analysis, multidimensional scaling and principal component analysis) statistical methods were employed in order to access the faunal pattern of variability amongst the sampling months.

A total of 51 taxa was identified from all samples corresponding to 31 polychaete families, 5 mollusk classes, 3 echinoderm classes, 5 Perracarida orders, 4 miscellaneous phyla, as well as to Sipuncula, Ostracoda and Decapoda. Highest numbers of taxa appeared on March and May 1991 (44) and the lowest on February 1992 (39).

Higher levels of total abundance and wet weight biomass were displayed during summer months compared to autumn, winter and spring months. Maxima numbers of individuals (1924 / m<sup>2</sup>) were exhibited on May 1991. Highest abundances were exhibited

by the polychaete families Cirratulidae, Lumbrineridae, Maldanidae, Spionidae, Paraonidae, Magelonidae, bivalves, sipunculans and decapods. Maximum wet, dry and ash free dry weight of macrofauna were measured on August 1991 reaching 29.223, 13.335 and 2.624 grams / m<sup>2</sup>, respectively. Minima abundance values (1240 individuals / m<sup>2</sup>) and wet, dry and ash free dry weight values (13.887, 2.475 and 1.535 grams / m<sup>2</sup>, respectively), were displayed on February 1992. Polychaetes dominated the fauna in terms of abundance and biomass. Deposit-feeders were the most dominant feeding type at this depth.

The employed non-metric analyses of variance and multivariate classification and ordination technics led to the conclusion that the macrobenthic community of the supralittoral zone at Iraklion bay, did not exhibit significant temporal variations during the sampling period (1991-'92). Finite but continuous food availability, high sediment temperatures displayed after the thermocline breakdown in August, predation by epibenthic fauna and demersal fish of the area and the trawling effect, are considered to be the main factors that define the moderate but almost invariable population levels for the period studied.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alber, M. and Valiela, I., 1994. Biochemical composition of organic aggregates produced from marine macrophyte-derived dissolved organic matter. *Limnol. Oceanogr.*, 39(3): 717-723.

Anonymous, 1993. Food Chains in the Aegean Sea. NATO Science For Stability Programme. FISHECO PROJECT. pp. 120.

Austin, M.P. and Noy-Meir, I., 1971. The problem of nonlinearity in ordination: experiments with two gradient modes. *J. Ecol.* 59: 763-773.

Barlocher, F. and Kendrick, B., 1973. Fungi in the diet of *Gammarus pseudolimnaeus* (Amphipoda). *Oikos*, 24: 295-300.

Barnes, R.D., 1987. *Invertebrate Zoology*. Saunders College Publishing, Philadelphia.

Barnes, R.S.K. and Hughes, R.N., 1988. The benthos of continental shelf and littoral sediments. In: *An introduction to Marine Ecology*, Blackwell scientific publications. pp. 76-106.

Bennett, B.A. and Branch, G.M., 1990. Relationships between production and consumption of prey species by resident fish in the bot, a cool temperate South African Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 31: 139-155.

Beukema, J.J. and Cadee, G.C., 1986. Zoobenthos responses to eutrophication of the Dutch Wadden Sea. *Ophelia* 26: 55-64.

Bhaud, M., 1987. Description and identification of polychaete larvae, their implications in current biological problems. *OCEANIS*, 13(6): 596-753.



Billett, D.S.M., Lampitt, R.S., Rice, A.L. and Mantoura, R.F.C., 1983. Seasonal sedimentation of phytoplankton to the deep-sea benthos. *Nature*, 302:520-522.

Blum, L.K. and Mills, A.L., 1991. Microbial growth and activity during the initial stages of seagrass decomposition. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 70: 73-82.

Bray, J.R. and Curtis, J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.

Brey, T., 1986. Increase in macrozoobenthos above the halocline in Kiel Bay comparing the 1960s with the 1980s. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 28: 299-302.

Brusca, R. C. and Brusca, G.J., 1990. *Invertebrates*. Sinauer Associates, Inc.

Buchanan, J.B., Shearer, M. and Kingston, P.F., 1978. Sources of variability in the benthic macrofauna off the south Northumberland coast, 1971-1976. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 54: 197-222.

Calow, P., 1975. The feeding strategies of two freshwater gastropods, *Ancylus fluviatilis* Mull. and *Planorbis contortus* Linn. (Gastropoda) in terms of ingestion rates and absorption efficiencies. *Oecologia* 20: 33-49.

Cederwall, H. Elmgren, R., 1980. Biomass of benthic macrofauna demonstrates eutrophication of the Baltic sea. *Ophelia* 1 (Suppl.): 287-304.

Chintiroglou, C. and Koukouras, A., 1992. A population of the sea Anemone *Anemonia viridis* (Foerskal, 1775) and its associated flora and fauna, in the north Aegean Sea. *Int. Rev. Gesamt. Hydrobiol.*, 77, no.3, pp. 483-495.

Chintiroglou, H., Dounas, C. and Koukouras, A., 1989. The presence of *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758) in the Eastern Mediterranean Sea. *Mitt. Zool. Mus. Berl.*, 65(1): 145-149.

Christensen, J.P. and Devol, A.H., 1980. Adenosine Triphosphate and Adenylate Energy Charge in Marine Sediments. *Marine Biology*, 56: 175-182.

Clarke, K.R. and Warwick, R.M., 1994. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.

Dando, P.R., Akoumianaki, I., Arab, H., Cinelli, F., Fitzsimons, M., Hughes, J.A., Rindi, F., Schlesner, H., Stuben, D., Thiermann, F., Thomm, M., Peinemann-Simon, S. and Stohr, R.. Gasohydrothermal vents, brine seeps and the ecosystem of Paleohori Bay, Milos, Aegean Sea. *Progress in Oceanography*, in press.

Danovaro, R., Fabiano, M. and Boyer, M., 1994. Seasonal changes of benthic bacteria in a seagrass bed (*Posidonia oceanica*) of the Ligurian Sea in relation to origin, composition and fate of the sediment organic matter. *Mar. Biol.*, 119: 489-500.

Dayton, P., 1984. Properties structuring some marine communities: are they general? In: D. Strong, D. Simberloff, L. Abele and A. Thistle, eds. Ecological communities: conceptual issues and the evidence. Princeton University Press, Princeton, N.J., pp.181-197.

DeAngelis, D.L., 1992. Dynamics and nutrient cycling and food webs. Chapman and Hall, New York.

deJonge, V.N., 1980. Fluctuations in the Organic Carbon to Chlorophyll *a* Ratios for Estuarine Benthic Diatom Populations. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol2: 345-353.

Diapoulis, A., Koutsouris, T., Bogdanos, C., Fotis, G. and Bertahas, I., 1994. Distribution of benthic organisms in a volcanic sea area, Aegean Sea, Greece. Fresenius Envir. Bull., 3, 18-23.

Doyle, R.W., 1979. Ingestion rate of a selective deposit feeder in a complex mixture of particles: Testing the energy-optimization hypothesis. Limnol. Oceanogr., 24(5): 867-874.

Dounas, C and Koukouras, A., 1989 $\alpha$ . *Odontozona Minoica*, New species from the eastern Mediterranean SEa (Decapoda: Stenopoda). Journal of Crustacean Biology, 9(2): 341-348.

Dounas, C and Koukouras, A., 1989 $\beta$ . Some observations on the possible synonymy of *Eunice vittata* (Dele chiaje, 1825) and *E. indica*, Kinberg, 1865 (Annelida, Polychaeta). Cah. Biol. Mar., 30: 227-234.

Dounas, C and Koukouras, A., 1991. The genus *Cymodoce leach* (Isopoda, Flabellifera) in the North Aegean Sea. Crustaceana, 51, no.3, pp. 306-308.

Dounas, C. and Steudel, C., 1994. Stomatopod Crustacea from the island of Crete. Crustaceana 66(2): 252-254.

Duineveld, G.C.A., Kunitzer, A., Heyman, R.P., 1987. *Amphiura filiformis* (Ophiuroidea: Echinodermata) in the North Sea. Distribution, present and former abundance and size composition. Neth. J. Sea Res., 21: 317-329.

Duineveld, G.C.A., Tselepides, A., Berghuis, E.M., van der Weele, J., Kok, A., Nieuland, G. and Bak, R.P.M., 1996. Oxygen consumption by the sediment communities in the oligotrophic Cretan Sea. In: "CINCS: Pelagic -Benthic Coupling in the Oligotrophic Cretan Sea. Final Report" Ed. by Tselepides, A., Papadopoulou, K.-N. and Polychronaki, T. pp. 145-156.

Ελευθερίου, Α., Ντούνας, Κ., Παπαδοπούλου, Κ.-Ν., Καρακάσης, Ι., Αναστασιάδης, Π., Κουτσούμπας, Δ., Λαζαρίδου, Θ. και Λαμπροπούλου, Μ., 1990. Ερευνητικό πρόγραμμα: "Μελέτη των ακτών της Κρήτης που παρουσιάζουν οικολογικές διαταραχές: ΙΙ. Θαλάσσιο μέρος. Τελική έκθεση, Παν. Κρήτης, Τμ. Βιολογίας Ηράκλειο.

Eleftheriou, A. & Holme, N. A., 1984. Macrofauna techniques. In: "Methods for the study of Marine Benthos" (Holme, N.A. and McIntyre, A.D., eds-2nd edition. pp. 140-217. Blackwell Scientific Publications.

Eleftheriou, A. and Basford, D.J., 1989. The macrobenthic infauna of the offshore northern North Sea. *J. mar. biol. Ass. UK*, 69: 123-143.

Eleftheriou, A. and Smith, C.J., 1993. Preliminary investigations of the benthicecosystem from the Aegean shelf (eastern Mediterranean). Symposium Mediterranean Seas 2000, Santa Margherita, Ligure. Della Croce, N.F.R. ed. pp. 105-117.

Elliott, J.M., 1977. Statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Freshwater Biol. Assoc.*, 25: 157pp.

Evans, S., 1983. Production, predation and Food niche segregation in a marine shallow soft-bottom community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 10: 147-157.

Ζενέτου, Α., 1989. Επισκόπηση της βενθικής πανίδας στο κεντρικό Αιγαίο Πέλαγος (Κυκλάδες-Σαρωνικός). Τελική έκθεση. Ε.Κ.Θ.Ε., 106 σελ.

Fauchald, K. and Jumars, P., 1979. The diet of worms: a study of Polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 17: 193-284.

Federle, T.W., Livingston, R.J., Meeter, D.A. and White, D.C., 1983. Modifications of estuarine sedimentary microbiota by exclusion of epibenthic predators. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 73: 81-94.

Fenchel, T. 1977. Aspects of the decomposition of seagrasses. In C.P. McRoy, and C. HELFFERICH, (eds), *Seagrass Ecosystems: A Scientific Perspective*. Marcel Dekker, Inc. New York, p. 123-143.

Field, J.G., Clarke, K.R., Warwick, R.M., 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 8: 37-52.

Fitzhugh, G.R. and Fleeger, J.W., 1985. Goby (Pisces: Gobiidae) interactions with meiofauna and small macrofauna. *Bulletin of Marine Science*, 36(3): 436-444.

Fretwell, S.D., 1987. Food chain dynamics: the central theory of ecology? *Oikos* 50: 291-301.

Giese, A. C., 1967. Some methods for study of the biochemical constitution of of marine invertebrates. *Oceanogr. mar. biol. A Rev.* 5: 159-186.

Gouvis, N. and Koukouras, A., 1993. Macrozoobenthic assemblages of the Evros Delta (north Aegean Sea). *Int. Rev. Gesamt. Hydrobiol.*, 78(1): 59-82.

Graf, G., Bengtsson, W., Diesner, U., Schulz, R. and Theede, H., 1982. Benthic Response to Sedimentation of a Spring Phytoplankton Bloom: Process and Budget. *Marine Biology*, 67: 201-208.

Gray, J.S. and Christie, H., 1983. Predicting long-term changes in marine benthic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 13: 87-94.

Gray, J.S., 1981. *The ecology of marine sediments*. Cambridge University Press, Cambridge. 185 pp.

Gremare, A., Amouroux, J.M., Charles, F., Dinet, A., Riaux-Gobin, C., Baudart, J., Medernach, L., Bodiou, J.Y., Vétion, G., Colomines, J.C. and Albert, P., 1997. Temporal changes in the biochemical composition and nutritional value of the particulate organic matter available to surface deposit-feeders: a two year study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 150: 195-206.

Hairston, N.G. and Hairston, N.G., 1993. Cause effect relationships in energy flow, trophic structure and interspecific interactions. *American Naturalist*, 142: 379-411.

Hedges, J.I., Wayne, A.C. and Cowie, G.L., 1988. Fluxes and reactivities of organic matter in a coastal marine bay. *Limnol. Oceanogr.*, 33(5): 1137-1152.

Hughes, R.N., 1982. Strategies of Survival of Aquatic organisms. In: "Fundamentals of Aquatic Ecosystems". Ed Barnes, R.S.K. and Mann, K.H. Blackwell Scientific Publications. pp. 162-184.

James, R.J., Lincoln Smith, M.P. and Fairweather, P.G., 1995. Sieve mesh-size and taxonomic resolution needed to describe natural spatial variation of marine macrofauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 118: 187-198.

Josefson, A.B., 1982. Regulation of population size, growth, and production of a deposit -feeding bivalve: A long-term field study of three deep-water populations off the Swedish west coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 59: 125-150.

Josefson, A.B., 1986. Temporal Heterogeneity in Deep-water Soft-sediment Benthos- an Attempt to Reveal Temporal Structure. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 23:147-169.

Josefson, A.B., 1987. Large-scale patterns of dynamics in subtidal macrozoobenthic assemblages in the Skagerrak: effects of a production-related factor? *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 38: 13-23.

Josefson, A.B., 1990. Increase of benthic biomass in the Skagerrak-Kattegat during the 1970s and 1980s - effects of organic enrichment? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 66: 117-130.

Καρακάσης, Ι., 1991. Συμβολή στη μελέτη του Βενθικού Οικοσυστήματος της υφαλοκρηπίδας της Κρήτης. σελ. 194.

Karakiri, M. & Nicolaidou, A., 1987. Population studies on the amphipoda of Mazoma Lagoon (Greece). *Helgolander Meer*. 41: 453-464.

Kent, A.C. and Day, R.W., 1983. Population dynamics of an infaunal polychaete: the effect of predators and an adult-recruit interaction. *J. Exp. Mar. Biol.*, 73:185-203.

Kevrekidis, T. and Koukouras, A., 1988. Bionomy of the amphipods in the Evros Delta (north Aegean Sea). P.S.Z.N. -I. Mar. Ecol., 9(3):199-212.

Kingston, P.F. and Riddle, M.J., 1989. Cost effectiveness of benthic faunal monitoring. Mar. Pol. Bull. 20: 490-496.

Κούκουρας, Α., 1979. Βιονομική μελέτη της μακροπανίδας του κινητού υποστρώματος της μεσοπαραλιακής ζώνης στο Στρυμωνικό και Θερμαϊκό κόλπο. Διδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη, 283 σελ. 195.

Koukouras, A. and Russo, A., 1991. Midlittoral soft substratum macrofaunal assemblages in the North Aegean Sea. P.S.Z.N. -I. Mar. Ecol., 12(4) :293-316.

Koukouras, A., Dounas, C., Turkai, M and Voultziadou-Koukoura, E., 1992α. Decapod Crustacean Fauna of the Aegean Sea: New Information, Check List, Affinities. Senckenbergiana marit. 22: 217-244.

Koukouras, A., Russo, A., Voultziadou-Koukoura, E., Dounas, C. and Chintiroglou, H., 1992β. Relationship of Sponge Macrofauna with the morphology of their hosts in the North Aegean Sea. Int. Revue ges. Hydrobiol., 77(4): 609-619.

Koutsoubas, D., Koukouras, A., Karakassis, I. and Dounas, C., 1992. Contribution to knowledge of Gastropoda and Bivalvia (Mollusca) of Crete Island (S. Aegean Sea). Boll. Malacol., 28(1-4): 69-82.

Λαμπροπούλου, Μαρία, 1995. Οικολογία της διατροφής των βενθικών ψαριών του κόλπου Ηρακλείου. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Διδακτορική διατριβή, 231 σελ.

Leahy, Y. Dando, P., Hughes, J.A., Akoumianaki, I., Niven, S., Smith, C.J., Taylor, L., Papadopoulou, K.N. and Plaitis, W. Distribution of benthic infauna on the Cretan Continental shelf, with reference to the Sulphur Chemistry of the sediments. In: "Sulphide and Methane based ecosystems. Final report." Ed. by P.R. Dando. Report 31.

Lenz, J., 1977. Seston and its main components. In: Ecological studies 25, Microbial Ecology of a brackish water environment. Ed. by G. Rheinheimer. Berlin: Springer Verlag, pp 39-60.

Levin, L., Blair, N., Plaia, G., DeMaster, D., Martin, C., Fornes, W., 1995. Maldanid polychaetes as vehicles for rapid subduction of phytodetritus on the North Carolina slope. In: 23rd Benthic Ecology Meeting. Grassle, J.P., Kelsley, A., Oates, E., Snelgrove, P.V. eds. Rutgers the State Univ., New Brunswick, NJ USA. Inst. Marine Coastal Sciences 1995 vp.

Levin, L.A., 1986. Effects of enrichment on reproduction in the opportunistic polychaete *Streblospio benedicti* (Webster): a mesocosm study. Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole 171: 143-160.

Levinton, J.S. and Stewart, S., 1988. Effects of sediment organics, detrital input, and temperature on demography, production, and body size of a deposit feeder. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 49: 259-266.

Longhurst, A.R., 1959. The sampling problem in Benthic ecology. *Proc. New Zealand Ecol. Soc.*, 6: 8-12.

Lopez, G.R. and Levinton, G.S., 1978. The availability of microorganisms attached to sediment particles as food for *Hydrobia ventrosa* Montagu (Gastropoda: Prosobranchia). *Oecologia, Berl.* 32: 263-275.

Lopez, G.R. and Levinton, G.S., 1987. Ecology of deposit-feeding animals in marine sediments. *Q. Rev. Biol.* 62: 235-259.

McIntyre, A.D. and Eleftheriou, A., 1968. The bottom fauna of a flatfish nursery ground. *J. mar. biol. Ass. UK*, 48:113-142.

Masse, H. and Guerin, J.P., 1978. Etude experimentale sur le recrutement des especes de la macrofauna benthique res substrates meubles. 2. Donnees sur les cycles biologiques des polychaetes et des bivalves. *Tethys*, 8(3): 283-294.

Menge, B., 1992. Community regulation: under what conditions are bottom-up factors important in rocky shores? *Ecology* 73: 755-765.

Mills, E.L., 1975. Benthic organisms and the structure of marine ecosystems. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 32: 1657-1663.

Mortensen, T., 1977. Handbook of the environment of the British isles. Uitgever, Rotterdam, Dr Backhuys.

Nelson, W.G., 1981. Experimental studies of Decapod and Fish predation on Seagrass Macro-benthos. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 5: 141-149.

Newell, R.C. and Field, J.G., 1983. The contribution of bacteria and detritus to carbon and nitrogen flow in a benthic community. *Mar. Biol. Lett.* 4: 23-36.

Nickel, L.A. and Atkinson, R.J.A., 1992. Feeding behaviour and burrow morphology in Thalassinid shrimps. First European Crustacean Conference, Paris, Abstract, pp. 109.

Ντούνας, Κ., 1986. Μελέτη των βενθικών μακροπανιδικών συνευρέσεων του κινητού υποστρώματος του Στρυμονικού κόλπου. Διαδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη, 185 σελ.

Odum, W.E. and Heald, E.J., 1972. Trophic analyses of an estuarine mangrove community. *Bull. mar. sci.*, 22: 671-738.

Oksanen, L., 1990. Predation, herbivory, and plant strategies along gradients of primary productivity. pp. 445-474 *in* D. Tilman and J. Grace, eds. Perspectives on plant competition. Academic Press, New York.

Osman, R.W. and Whitlatch, R.B., 1995. Predation on early ontogenetic life stages and its effect on recruitment into a marine epifaunal community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 117: 111-126.

Oyeneke, J.A., 1987. Population dynamics and secondary production in an estuary population of *Caulleriella caputesocis* (Polychaeta: Cirratulidae). *Mar. Biol.* 95: 267-273.

Palmer, M.A., 1988. Epibenthic predators and marine meiofauna: Separating predation, disturbance, and hydrodynamic effects. *Ecology*, 69(4): 1251-1259.

Palmerini, P. and Bianchi, C.N., 1994. Biomass measurements and weight-to-weight conversion factors: a comparison of methods applied to the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Marine Biology*, 120: 273-277.

Papadopoulou, K.-N., Dounas, C. and Smith, C.J., 1994. Distributional patterns and taxonomic notes in Lumbrineridae from Crete (S. Aegean, Eastern Mediterranean). In: J.C. Dauvin, L. Laubier, D.J. Reish (Eds), *Actes de la 4eme Conference internationale des Polychetes*. *Mem. Mus. natn. nat.*, 162: 259-268.

Pearson, T.H. and Rosenberg, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic and pollution of the marine environment. *Oceanogr. mar. Biol. A. Rev.* 16: 229-311.

Peres, J.M. and Picard, J., 1958. Recherches sur les peuplements benthiques de la Mediterranee Nord-Orientale. *Ann. Inst. Ocean. Monaco*, 34: 213-291.

Peres, J.M., 1967. The Mediterranean benthos. *Oceanogr. mar. Biol. Annu. Rev.*, 5: 449-533.

Polis, G.A. and McCormick, S.J., 1987. Competition and predation among species of desert scorpions. *Ecology*, 68: 332-343.

Polis, G.A. and Strong, D.R., 1996. Food web complexity and community dynamics. *The American Naturalist*, 147(5): 813-846.

Polis, G.A., Myers, C.A. and Holt, R.D., 1989. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20: 297-230.

Pomeroy, L.R., 1980. Detritus and its Role as a Food Source. In: "Fundamentals of Aquatic Ecosystems". Ed Barnes, R.S.K. and Mann, K.H. Blackwell Scientific Publications. pp. 84-102.

Por, F.D., 1989. *The Legacy of Tethys: An aquatic biogeography of the Levant*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Psarra, S., Tselepidis, A., Ignatiades, L. and Dafnomili, E., 1997. Primary production estimates in the oligotrophic Cretan Sea. In: *Proceedings of the 5th Hellenic Symposium on Oceanography and Fisheries*, I Oceanography: 225-228.

Rees, C.P., 1975. Life cycle of the amphipod *Gammarus palustris*. Estuarine Coastal Mar. Sci., 3(4): 413-419.

Reish, D.J., 1959. A discussion of the importance of screen size in washing quantitative marine bottom samples. Ecology, 40: 307-309.

Remane, A., 1933. In "The Diet of Worms: A study of Polychaete Feeding Guilds" by Fauchald and Jumars, Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 1979, 17:193-284. Margaret Barnes, Ed. Aberdeen University Press. p. 247.

Rice, M.E., 1986. Larvae adrift: patterns and problems in life histories of sipunculans. Amer. Zool., 21: 605-619.

Roether, W., Manca, B.B., Klein, B., Bregant, D., Georgopoulos, D., Beitzel, B., Kovacevic, V. and Luchetta, A., 1996. Recent changes in the Eastern Mediterranean Deep Waters. Science, 271: 333-335.

Σιακαβάρα, 1994. Οικολογική μελέτη του μακροβενθικού οικοσυστήματος του κόλπου Αγ. Πελαγίας (Κρήτη). Διδακτορική διατριβή, Παν. Κρήτης. Βιολογικό τμήμα, 223 σελ.

Smetacek, V. and Hendrikson, P., 1979. Composition of particulate organic matter in Kiel Bight in relation to phytoplankton succession. Oceanol. Acta, 2: 287-298.

Smetacek, V., von Brockel, K., Zeitzscel, B. and Zenk, W., 1978. Sedimentation of particulate matter during a phytoplankton spring bloom in relation to the hydrographical regime. Mar. Biol., 47: 211-226.

Smith, W. & McIntyre, A. D., 1954. A spring - loaded bottom sampler. J. Mar. Biol. Assoc. - U.K., 33: 257-264.

Spiller, D.A. and Schoener, T.W., 1988. An experimental study of the effect of lizards on web-spider communities. Ecological Monographs, 58: 57-77.

Stefanidou, D. and Voultziadou-Koukoura, E., 1995. An account of our knowledge of the amphipod fauna of the Aegean Sea. Crustaceana, 68(5):597-615.

Stoner, A.W., 1980. Feeding ecology of *Lagodon rhomboides* (Pisces: Sparidae): Variation and Functional responses. Fishery Bulletin, 78(2): 337-352.

Sudo, H. and Azeta, M., 1992. Selective predation on mature male *Byblis japonicus* (Amphipoda: Gammaridea) by the barface cardinalfish, *Apogon semilineatus*. Marine Biology, 114: 211-217.

Suess, E., 1980. Particulate organic carbon flux in the oceans - surface productivity and oxygen utilization. Nature, 288: 260-263.

Tahey, T.M., Duineveld, G.C.A., Berghuis, E.M. and Helder, W., 1994. Relation between sediment-water fluxes of oxygen and silicate and faunal abundance at continental



shelf, slope and deep-water stations in the northwest Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 104:119-130.

Tenore, K. R., 1975. Detrital utilization by the polychaete *Capitella capitata*. *J. mar. Res.* 33: 261-274.

Tenore, K. R., 1977. Growth of *Capitella capitata* cultured on various levels of detritus derived from different sources. *Limnol. Oceanogr.* 22: 936-941.

Tenore, K.R. and Gopalan, U.K., 1974. Feeding efficiencies of the polychaete *Nereis virens* cultured on hard-clam tissue and oyster detritus. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 31: 1675-1678.

Tenore, K. R., Hanson, R. B., 1980. Availability of detritus of different types and ages to a polychaete macroconsumer, *Capitella capitata*. *Limnol. Oceanogr.*, 25(3): 553-558.

Tenore, K. R., Hanson, R. B., Dornseif, B. E. and Weiderhold, C.N., 1979. The effect of organic nitrogen supplement on the utilization of different sources of detritus. *Limnol. Oceanogr.* 24: 350-355.

Theocharis, A., Georgopoulos, D., Laskaratos, A., Nittis, A., 1993. Water masses and circulation in the central region of the Eastern Mediterranean (E. Ionian, S. Aegean and NW Levantine). *Deep Sea Research II*, 40(6): 1121-1142.

Theodorou, A.J., 1995. Ecological monitoring studies for Volos Sea outfall (Pagasiticos Gulf, western Aegean Sea). In: "SEL PROC. OF 2 IAWQ INT. SYMP. ON MARINE DISPOSAL SYSTEMS HELD IN ISTANBUL, TURKEY, 9-11 NONEMBER 1994. Ozturk, I., Roberts, P.J.W., Sarikaya, H.Z., Akyarli, A. eds. 32(2): 273-280.

Thiermann, F., Akoumianaki, I., Hughes, J.A. and Giere, O. 1997. The benthic fauna of the shallow gaseohydrothermal vents at Paleohori Bay, Milos (South Aegean). *Marine Biology*, 128: 149-159.

Thorson, G., 1946. Reproduction and larval development of Danish marine invertebrates, with particular reference to the planktonic larvae in the Sound (Oresund). *Meddelelser fra komisionen for Danmarks Fiskeri -og Havundersogelser Serie Plankton*, 4:1-523.

Thorson, G., 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Reviews* 25, 1-45.

Tortonese, E., 1951. I caratteri biologici del Mediterraneo orientale e i problemi relativi. *Arch. Zool. Ital.*, Suppl., 7: 205.

Tselepides, A. and Eleftheriou, A., 1992. South Aegean (Eastern Mediterranean) continental slope benthos: Macroinfaunal-environmental relationships. *Deep Sea Food Chains and the Global Carbon Cycle*. Rowe, G.T., Pariente, V., eds. Dordrecht Netherlands and Kluwer Academic Publishers, 360:139-156.

Tselepides, A., Duineveld, G., Danovaro, R., Chronis, G. and Wassmann, P., 1996. Does pelagic-benthic coupling occur in the Cretan Sea? In: "CINCS: Pelagic -Benthic Coupling in the Oligotrophic Cretan Sea. Final Report" Ed. by Tselepides, A., Papadopoulou, K.-N. and Polychronaki, T. pp. 227-229.

Tselepides, A., Papadopoulou, K.N., Podaras, D., Plaiti, W., Koutsoubas, D. and Pantazoglou, F., 1997β. Macrobenthic community structure in the Cretan Sea. In: Proceedings of the 5th Hellenic Symposium on Oceanography and Fisheries, Vol. I Oceanography: 233-236.

Tselepides, A., Polychronaki, T., Dafnomili, E., Plaiti, W. and Zivanovic, S., 1997α. Distribution of nutrients, chloroplastic pigments, POC, PON and ATP in the Cretan Sea (NE Mediterranean): seasonal and interannual variability. n: Proceedings of the 5th Hellenic Symposium on Oceanography and Fisheries, Vol. I Oceanography: 189-192.

Tsimenides, N., Tserpes, G., Machias, A. and Kallianiotis, A., 1991. Distribution of fishes on the Cretan shelf. *Journal of Fish Biology*, 39: 661-672.

Velimirov, B., 1989. Il ruolo dei batteri nei flussi di energia: un approccio ecosistemico. *Oebalia*(Taranto, Italy) 16: 25-46.

Verriopoulos, G., Kerambrun, P., Thessalou-Legaki, M., 1994. The influence of pollution on the physiology of certain zooplanktonic and benthic organisms from Saronikos Gulf. In: Final Reports on Research Projects dealing with the Effects of Pollutants on Marine Organisms and Communities. 80: 73-110.

Virnstein, R.W., 1977. The importance of predation by crabs and fishes on benthic infauna in Chesapeake Bay. *Ecology*, 58: 1199-1217.

Wassmann, P., 1984. Sedimentation and benthic mineralization of organic detritus in a Norwegian fjord. *Marine Biology*, 83: 83-94.

Wassmann, P., 1990. Relationship between primary and export production in the boreal coastal zone of the North Atlantic. *Limnol. Oceanogr.* 35(2): 464-471.

Welsh, B.L., 1975. The role of the grass shrimp *Palaemonetes pugio* in a tidal marsh ecosystem. *Ecology* 56: 515-530.

Wolff, W.J. & de Wolf, L., 1977. Biomass and Production of Zoobenthos in the Grevelingen Estuary, The Netherlands. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 5: 1-24.

Young, D.K., Buzas, M.A. and Young, M.W., 1976. Species densities of macrobenthos associated with seagrass: A field experimental study of predation. *J.mar. Res.*, 34: 577-592.

Zenetos, A. and Bogdanos, C.D., 1989. Benthic community structure as a tool in evaluating effects of pollution in Elefsis Bay. *Thalassographica*, 10(1): 7-21.

Zenetos, A. and Papathanasiou, E., 1989. Community parameters and multivariate analysis as a means of assessing the effects of tannery effluentson macrobenthos. *Mar. Pol. Bull.*, 20(4): 176-181.

Zenetos, A., Bei, F. and Nicolaidou, A., 1991a. Erratic occurrence of benthic fauna in a shallow Mediterranean area: An indirect effect of manmade disturbance. *Mar. Pollut. Bull.*, 22(12): 618-622.

Zenetos, A., Papathanasiou, E. and Aartsen, J.J. van, 1991 $\beta$ . *P.S.Z.N. I. Mar. Ecol.*, 12(2): 123-137.

Ziegelmeier, E., 1978. Macrobenthos investigations in the eastern part of the German Bight from 1950 to 1974. *Rapp. P. -v. Reun. Cons. int. Explor. Mer* 172: 432-444.