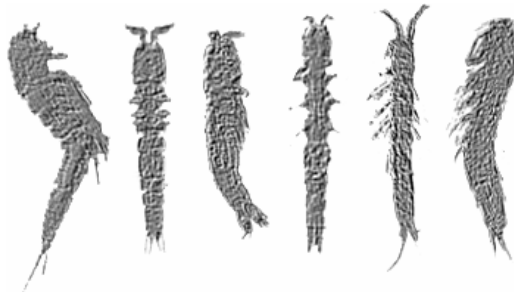




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΜΕΙΟΒΕΝΘΟΥΣ ΣΕ ΑΜΜΩΔΕΙΣ
ΑΚΤΕΣ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ:
ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΩΝ ΜΕΙΟΒΕΝΘΙΚΩΝ
ΚΩΠΗΠΟΔΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΚΑΤΕΡΙΝΑ ΣΕΒΑΣΤΟΥ



ΜΠΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΕΡΣΑΙΩΝ & ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2005

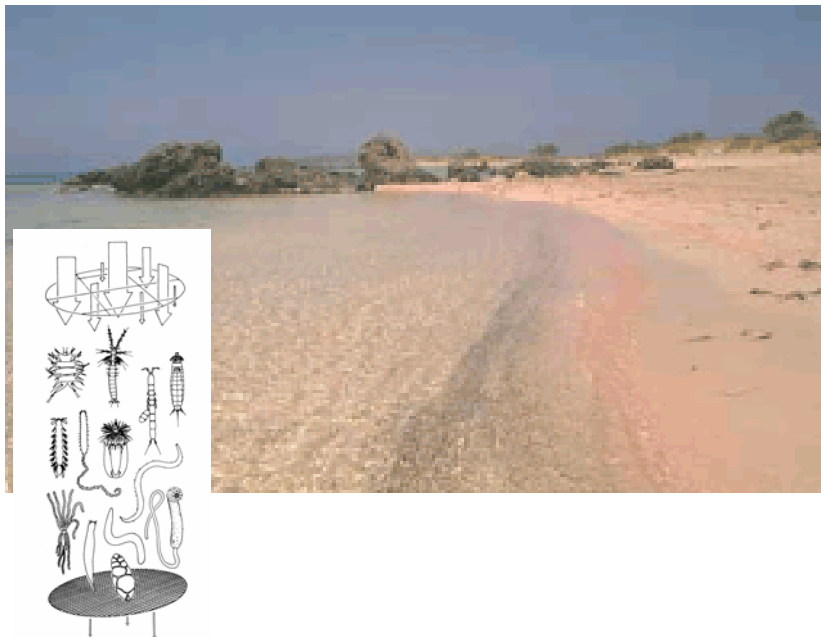


UNIVERSITY OF CRETE *Department of* BIOLOGY

Katerina Sevastou

*On the Ecology of Meiofauna of the
Sandy Shores of Crete*

DISTRIBUTION PATTERNS OF MEIOBENTHIC COPEPODS
OVER SPACE AND TIME



Ph.D. Dissertation

GP ENVIRONMENTAL BIOLOGY – MANAGEMENT OF TERRESTRIAL & MARINE RESOURCES

HERAKLIO 2005

Σχέδιο εξώφυλλου, μορφές αρπακτικοειδών κωπηπόδων από τις παραλίες της Κρήτης

Inner cover design, photograph of Elafonissi beach and illustration of the main meiobenthic taxa

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Θαλάσσιας Οικολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης και χρηματοδοτήθηκε από το Πρόγραμμα MED POL (Ε.Λ.Κ.Ε – Πανεπιστήμιο Κρήτης), ένα εθνικό πρόγραμμα για τη συστηματική παρακολούθηση της θαλάσσιας ρύπανσης, και το Διδρυματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Περιβαλλοντική Βιολογία – Διαχείριση Χερσαίων και Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων. Σημαντικό κομμάτι της μελέτης πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Βιολογίας και Περιβαλλοντικών Σπουδών του Πανεπιστημίου Carl von Ossietzky της Γερμανίας έπειτα από εκπαιδευτική επίσκεψη που χρηματοδοτήθηκε από το Γερμανικό Ίδρυμα Ακαδημαϊκών Ανταλλαγών (DAAD) και στις εγκαταστάσεις του Γερμανικού Κέντρου για τη Μελέτη της Θαλάσσιας Βιοποικιλότητας (DZMB) του Ερευνητικού Ιδρύματος Senckenberg, μέσω χρηματοδότησης από το Δίκτυο Ευρωπαϊκών Σταθμών Θαλάσσιας Έρευνας (MARS Network) και το Πρόγραμμα BIODEEP του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.).

This study was carried out at the Marine Ecology Laboratory of the University of Crete and was funded by the MED POL project (S. R. A. – University of Crete), a national project for monitoring trends and biological effects of marine pollution, and the Graduate Program in Environmental Biology – Management of Terrestrial and Marine Resources. I acknowledge a short-term research scholarship from the German Academic Exchange Service (DAAD) for visiting the Department of Biology and Environmental Sciences of Carl von Ossietzky University in Germany and a travel award for young scientists granted from The European Marine Research Stations Network (MARS Network) for studying meiofaunal biodiversity at the German Centre for Marine Biodiversity Research (DZMB) – Senckenberg Research Institute. The latter research visit was partially funded by the Hellenic Centre for Marine Research (HCMR) through the international project BIODEEP.

στους γονείς μου

...γιατί ποτέ δε θα βρω καλύτερο τρόπο
να σας δείξω την αγάπη μου

Επιβλέπων Καθηγητής

Αναστάσιος Ελευθερίου (Ομότιμος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης)

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Αναστάσιος Ελευθερίου (Ομότιμος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης)

Μαυσής Μυλωνάς, (Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης)

Κωνσταντίνος Ντούνας (Ερευνητής Α' Βαθμίδας, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών)

Εξεταστική Επιτροπή

Αναστάσιος Ελευθερίου (Ομότιμος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης)

Μαυσής Μυλωνάς (Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης)

Αριστείδης Οικονομόπουλος (Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης)

Γεώργιος Χρόνης (Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου)

Ιωάννης Καρακάσης (Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης)

Στέργιος Πυρίντσος (Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης)

Μαρία Θεσσαλού – Λεγάκη (Επίκουρος Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Αθηνών)

Κωνσταντία Λύκα (Λέκτορας, Πανεπιστήμιο Κρήτης)

Κωνσταντίνος Ντούνας (Ερευνητής Α' Βαθμίδας, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών)

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	I
Πρόλογος.....	V
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	1
1.1 Γενικά στοιχεία μειοβενθολογίας.....	1
1.1.1 Τι είναι η μειοπανίδα;.....	1
1.1.2 Η πορεία της θαλάσσιας μειοπανιδικής έρευνας στον κόσμο και στη Μεσόγειο.....	3
1.2 Αμμώδεις παραλίες.....	5
1.2.1 Γενική περιγραφή και κύρια χαρακτηριστικά.....	5
1.2.2 Το προφίλ μιας παραλίας και οι παράγοντες που επιδρούν σε αυτό.....	8
1.2.3 Η φυσική ποικιλομορφία των αμμωδών παραλιών.....	10
1.3 Πρότυπα πανιδικών ζωνώσεων στις αμμώδεις παραλίες.....	13
1.4 Το μειοβένθος του μεσοδιαστηματικού χώρου.....	16
1.5 Μειοβενθικά κοπήποδα.....	19
1.6 Στόχοι της μελέτης.....	22
Κεφάλαιο 2. Υλικά & Μέθοδοι	24
2.1 Σχεδιασμός μελέτης.....	24
2.2 Περιοχές μελέτης.....	26
2.2.1 Ελαφονήσι.....	26
2.2.2 Παχιά Άμμος.....	28
2.3 Δειγματοληψίες.....	30
2.3.1 Δειγματολήπτης.....	30
2.3.2 Εργασίες πεδίου.....	31
2.3.2.1 Συλλογή δειγμάτων.....	32
2.3.2.2 Μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων.....	33
2.3.2.3 Προφίλ παραλίας.....	35
2.4 Βαθμός έκθεσης και τύπος παραλίας.....	35
2.5 Εργαστηριακές τεχνικές.....	37
2.5.1 Διαλογή μειοπανίδας.....	37
2.5.2 Προσδιορισμοί ειδών.....	38
2.5.2.1 Δημιουργία μόνιμων παρασκευασμάτων.....	39

2.5.3 Περιβαλλοντικές παράμετροι	40
2.5.3.1 Κοκκομετρική ανάλυση ιζήματος	40
2.5.3.2 Οργανικός άνθρακας	42
2.5.3.3 Χλωροπλαστικές χρωστικές	43
2.6 Ανάλυση δεδομένων	44
2.6.1. Περιγραφική στατιστική	44
2.6.2 Έλεγχοι υποθέσεων	45
2.6.3 Πολυμεταβλητή ανάλυση	47
2.6.3.1 Ανάλυση Συστάδας (Cluster analysis)	48
2.6.3.2 Διευθέτηση (Ordination)	49
2.6.3.3 Ανάλυση ομοιότητας (Analysis of similarity, ANOSIM)	52
2.6.3.4 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών ειδών	52
2.6.4 Ποικιλότητα	53
2.6.4.1 Μέτρηση της ποικιλότητας	54
2.6.5 Συσχετίσεις	59
Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα	61
3.1 Το φυσικό περιβάλλον στις παραλίες	61
3.1.1 Μέγεθος και ταξινόμηση των μεριδίων του ιζήματος	61
3.1.2 Θερμοκρασία	63
3.1.3 Αλατότητα	66
3.1.4 Δυναμικό οξειδοαναγωγής	67
3.1.5 Σωματιδιακός οργανικός άνθρακας	68
3.1.6 Χλωροπλαστικές χρωστικές	70
3.1.7 Χαρακτηριστικά μορφοδυναμικής των παραλιών	72
3.1.7.1 Βαθμός έκθεσης	73
3.1.7.2 Πλάτος και Κλίση	73
3.1.7.3 Εποχικά προφίλ	74
3.2 Περιβαλλοντικές ζωνώσεις	76
3.3 Το μειοβένθος στις παραλίες της Κρήτης	79
3.3.1 Σύνθεση	79
3.3.2 Εποχικές μεταβολές της αφθονίας	84
3.3.2.1 ... στο Ελαφονήσι	85
3.3.2.2 ... στην Παχιά Άμμο	96

3.3.3 Χωρικές μεταβολές της αφθονίας.....	105
3.3.3.1 Οριζόντια κατανομή.....	106
3.3.3.2 Κατακόρυφη κατανομή στη στήλη του ιζήματος.....	113
3.4 Οι συναθροίσεις των βενθικών κωπηπόδων	136
3.4.1 Δομή και εποχικά πρότυπα κατανομής.....	137
3.4.2. Κατακόρυφη κατανομή	144
3.4.3 Πολυμεταβλητή ανάλυση και πανιδικές ζωνώσεις	152
3.5 Ποικιλότητα και βενθικά κωπήποδα	158
3.5.1 Χρονικά και χωρικά πρότυπα	158
3.5.1.1 Ποικιλότητα στη στήλη του ιζήματος.....	165
3.5.2 Αποκλίσεις από το ουδέτερο Μοντέλο Ewens/Caswell.....	172
3.6 Πανιδικά πρότυπα και περιβάλλον.....	175
3.7 Η σύγκριση των δύο παραλιών	179
Κεφάλαιο 4. Συζήτηση	181
4.1 Γενικά μειοβενθολογικά χαρακτηριστικά στις παραλίες της Κρήτης.....	181
4.2 Εποχικές μεταβολές.....	184
4.3 Κάθετες μεταναστεύσεις στη στήλη του ιζήματος.....	188
4.4. Οριζόντια κατανομή και πανιδικές ζωνώσεις	191
4.5 Ποικιλότητα: συγκρίσεις, πρότυπα και συσχετίσεις	195
4.6 Μειοπανίδα και περιβάλλον: ποιοι παράγοντες καθορίζουν τη σύνθεση και κατανομή της στις αμμώδεις παραλίες χωρίς παλίρροια;.....	201
4.7 Η θέση της παρούσας μελέτης στην έρευνα των αμμωδών παραλιών	204
Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα.....	206
Περίληψη	209
Summary.....	212
Βιβλιογραφία	214

Πρόλογος

Το μεγαλύτερο, το πιο δικό μου κομμάτι από τη ζωή μου, εδώ, στο Ηράκλειο. Σεπτέμβρης 1992 μέχρι σήμερα. Όλο αυτό το διάστημα, σχεδόν 13 χρόνια, η ζωή μου ταυτίστηκε με την πορεία των σπουδών μου. Η επιλογή μου για το πανεπιστήμιο της πόλης ‘μου’, πλέον, συνειδητή, αλλά και με λίγη επιπολαιότητα, έφερε την προπτυχιακή φοιτήτρια, τη νεαρή Κατερίνα, ως εδώ συντροφιά με τη θάλασσα. Τη θάλασσα και τόσους ανθρώπους, άλλους εδώ κοντά κι άλλους πολύ μακριά πλέον, που με βοήθησαν να μεγαλώσω και να ωριμάσω σε όλους τους ρόλους μου. Ανθρώπους που μαζί τους μοιράστηκα πολλές ίδιες αγάπες κι οράματα και που έκαναν τα δύσκολα χρόνια να φαίνονται όμορφα και γεμάτα, τις κακοτυχίες μικρά, ασήμαντα συμβάντα μιας έντονης, γρήγορης, σαρωτικής πορείας προς το διδακτορικό.

Από όλους αυτούς τους ανθρώπους, παρών σε κάθε κύκλο σπουδών μου από την αρχή μέχρι το τέλος, δικαιωματικά ο πρώτος στα πιο μεγάλα και βαθιά ευχαριστώ που έχω να απευθύνω, ο επιβλέπων καθηγητής **Αναστάσιος Ελευθερίου**, ο ‘καθηγητής μου’. Ο άνθρωπος που με βοήθησε να μεγαλώσω επιστημονικά μέσα από την εμπειρία ενός διδακτορικού, που εμπιστευτήκε τη μελέτη των όμορφων παραλιών μας σε μία φοιτήτρια, η οποία το μόνο που γνώριζε για τη μειοπανίδα το 1999 ήταν ο ορισμός της, ο άνθρωπος που, για να χρησιμοποιήσω τα δικά του λόγια, *μου έδωσε αρκετό σχοινί για να κρεμαστώ*. Τον ευχαριστώ, όχι μόνο γιατί όλα αυτά τα χρόνια με στήριξε και με καθοδήγησε, αλλά, κυρίως, γιατί ένιωθα πάντα να με νοιάζεται. Στιγμές που εγώ φαινόταν να χάνω δυνάμεις, ελπίδα και πείσμα, εκείνος ήταν εκεί, να πιστεύει ακόμη σε μένα. Κύριε Ελευθερίου, σας ευχαριστώ... Και σας υπόσχομαι να απολαμβάνετε πάντα το τσάι που θα ετοιμάζω.

Η διατριβή μου, κάθε κομμάτι και στάδιο της διδακτορικής μου πορείας, διαπνέεται από έναν άνθρωπο. Ο **Νικόλαος Λαμπαδαρίου**, μεταπτυχιακός φοιτητής ακόμη, όταν ξεκίνησα να επισκέπτομαι επιστημονικά τις παραλίες της Κρήτης, νέος ερευνητής μόλις, όταν τα μικροσκοπικά ζώα των παραλιών μου γλίστραγαν κάτω από την εντομολογική βελόνα μου, έμπειρος μειοβενθολόγος, όταν τα κωπήποδα εξαφανίζονταν από τα φιαλίδια στα οποία φυλάσσονταν ή συνθλίβονταν κάτω από μια καλυπτρίδα, σοβαρός συζητητής και σύμβουλος, όταν οι αποφάσεις δεν ήταν εύκολες, ήταν ο καλύτερος σύμμαχος που είχα σε αυτή τη μάχη, ο άσσος στο μανίκι μου. Τώρα, διανύοντας τις τελευταίες μέρες του διδακτορικού και μέσα από αυτές τις λίγες γραμμές, μπορώ να ομολογήσω ότι εκμεταλλεύτηκα πλήρως και με τον καλύτερο τρόπο που μπορούσα την αγάπη του για την έρευνα, την αγάπη του για τη θάλασσα, την αγάπη του για την εκπαίδευση, τη μόνιμη ανάγκη του να βοηθήσει τους νεότερους. Και ξέρω πως δε θα ήθελε τίποτα λιγότερο. Τον ευχαριστώ πολύ, τον ευχαριστώ βαθιά κι εύχομαι να μην τον στερηθούν ποτέ οι ‘φιλόδοξοι’ μελλοντικοί φοιτητές.

Πολλές ευχαριστίες οφείλω και στη γερμανίδα φίλη και συνάδελφο **Sybille Seifried**, τον υπομονετικό άνθρωπο που με εισήγαγε στον κόσμο της ταξινομίας των αρπακτικοειδών κωπηπόδων. Παρά την περιπετειώδη πρώτη μας συνάντηση και τη μεγάλη έκπληξη που δοκίμασε όταν διαπίστωσε το πολύ μικρό μέγεθος των ζώων μου, στάθηκε εξαιρετική δασκάλα και ανέλαβε αμέσως το ρόλο της καλής μου νεράιδας, δίνοντας πολλές φορές λύσεις σε μικρά ή μεγάλα προβλήματα, καταφέροντας να με κάνει να αισθανθώ σιγουριά και αυτοπεποίθηση, για να ριχτώ στη δύσκολη μάχη των προσδιορισμών.

Πολλοί οι λόγοι, και διαρκώς αισθάνομαι να δημιουργούνται περισσότεροι, για να ευχαριστήσω ένα αγαπημένο μου ζευγάρι, τη **Gisela Moura** και τον καθηγητή

Pedro Martínez-Arbizu. Το καταπληκτικό αυτό δίδυμο ήταν το στήριγμά μου σε όλες τις επιστημονικές επισκέψεις μου στον κρύο Borrá της Γερμανίας. Με μια απέραντη αγάπη για τη συστηματική και τη φυλογένεση, μου μετέφεραν γνώσεις και μου δημιούργησαν σκέψεις απαραίτητες όχι μόνο για την πορεία του διδακτορικού, αλλά και για την οποιαδήποτε επιστημονική μου συνέχεια. Μαζί μου πέρασαν ατέλειωτες ώρες πάνω από ένα μικροσκόπιο, ακόμη κι όταν οι υποχρεώσεις τους ή οι δυνάμεις τους δε θα το επέτρεπαν, προκαλώντας μου πάντα μεγάλη συγκίνηση και θαυμασμό για τον τρόπο σκέψης τους. Ωστόσο, τίποτα δεν έχει για μένα μεγαλύτερη αξία από τα εκπληκτικά BBQ στο ... 'δάσος τους', όπου οι επιστημονικές συζητήσεις εναλλάσσονταν με την προσπάθειά μας να καταλαγιάσουμε τις ιδεολογικές, πολιτικές καλλιτεχνικές και ... γλωσσολογικές μας ανησυχίες.

Φυσικά, η γνωριμία μου με τους συναδέλφους στη Γερμανία δε θα ήταν δυνατή χωρίς τη μεσολάβηση του καθηγητή **Horst-Kurt Schminke**, ο οποίος ήταν πάντα πρόθυμος να με φιλοξενήσει στις εγκαταστάσεις του τομέα Συστηματικής και Μορφολογίας Ζώων του Πανεπιστημίου Carl Von Ossietzky στο Oldenburg της Γερμανίας και να μου παράσχει όχι μόνο τα απαραίτητα μέσα για την εκεί εργασία μου, αλλά και χρήσιμες συμβουλές, για να αντιμετωπίσω δυσκολίες που προέκυψαν στις αναλύσεις της εργασίας.

Αρκετοί ακόμη ακαδημαϊκοί και ερευνητές που συνέβαλαν σε αυτή τη διδακτορική μελέτη βρίσκονται στην Ελλάδα. Φυσικά, τα υπόλοιπα μέλη της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής, ο καθηγητής **M. Μυλωνάς** και ο ερευνητής του ΕΛΚΕΘΕ **K. Ντούνας**. Δάσκαλοί μου ήδη για πολλά χρόνια, με το συνεχές ενδιαφέρον τους για την πορεία της δουλειάς μου και τις χρήσιμες συμβουλές και παρατηρήσεις τους, συνέβαλαν σημαντικά στην ομαλή πορεία και ολοκλήρωση του διδακτορικού. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής, τον καθηγητή **A. Οικονομόπουλο**, το διευθυντή του ΕΛΚΕΘΕ, καθηγητή **Γ. Χρόνη**, τον αναπληρωτή καθηγητή **I. Καρακάσση**, την επίκουρο καθηγήτρια **M. Θεσσαλού-Λεγάκη**, τον επίκουρο καθηγητή **Σ. Πυρίντσο**, τη λέκτορα **K. Λύκα**, όχι μόνο γιατί αμέσως δέχτηκαν πολύ πρόθυμα να συμμετάσχουν στην Επιτροπή Αξιολόγησης παρά τις πολλαπλές υποχρεώσεις τους, αλλά και για τις πολύ χρήσιμες παρατηρήσεις και επιστημονικές τους. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επίκουρο καθηγητή **Σ. Πυρίντσο**, ο οποίος πολλές φορές κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής μου, και ιδιαίτερα στην τελική φάση, βλέποντας, φαντάζομαι, την κούραση να βαραίνει πάνω μου, ελάφρυνε την ατμόσφαιρα και μου έδωσε κουράγιο με τα καθησυχαστικά του λόγια, για να φτάσω μέχρι το τέλος πιο ήρεμα.

Η **Margaret Ελευθερίου** κι ο **Τάσος Τσελεπίδης**, ερευνητής του ΕΛΚΕΘΕ, ανέλαβαν το ρόλο των ευγενικών χορηγών μου σε δύσκολες εποχές. Χάρη σε αυτούς μπόρεσα να παρατείνω τη διαμονή μου στο Πανεπιστήμιο Carl Von Ossietzky στο Oldenburg και στο Γερμανικό Κέντρο για τη Μελέτη της Θαλάσσιας Βιοποικιλότητας στο Wilhemshaven αντίστοιχα. Τους ευχαριστώ πολύ κι εύχομαι να μη σταματήσουν ποτέ να βοηθούν ανιδιοτελώς όλους τους νέους φοιτητές που χρειάζονται στήριξη.

Η μελέτη στηρίχθηκε, φυσικά, σε μία πολύ καλά συντονισμένη και πάντα έτοιμη ομάδα. Σε αυτή, ο **Stephen Roberts**, το άτομο που ανέλαβε την ευθύνη των δειγματοληψιών κατά τη διάρκεια της απουσίας μου στη Γερμανία, και η **Βίβιαν Μάρα**, που επιμελήθηκε σχεδόν όλων των εργαστηριακών περιβαλλοντικών αναλύσεων. Τους ευχαριστώ πολύ και τους εύχομαι κάθε τύχη στη δική τους πορεία. Τις ευχαριστίες μου θα ήθελα επίσης να απευθύνω στην **Ελένη Δαφνομήλη**, από το Εργαστήριο Χημείας του ΕΛΚΕΘΕ Κρήτης, η οποία πραγματοποίησε σημαντικό μέρος των εργαστηριακών φυσικοχημικών αναλύσεων.

‘Τα κορίτσια του εργαστηρίου’, η **Ναυσικά Παπαγεωργίου** και η **Βίκυ Καλογεροπούλου**, στάθηκαν για μένα πολύτιμη παρέα τα τελευταία χρόνια των εργαστηριακών αναλύσεων. Τα απογευματινά διαλείμματα με πράσινο τσάι και κουβέντα ήταν ουσιαστικά η μόνη μου σύνδεση με τον έξω κόσμο κι έκαναν τις ατέλειωτες ώρες στο εργαστήριο πιο ξεκούραστες. Τις ευχαριστώ πολύ, γιατί δε σταμάτησαν ποτέ να μου δίνουν κουράγιο και να μου θυμίζουν πως πρέπει να ‘με προσέχω’. Τη **Βίκυ**, τη μικρή μου συνεργάτιδα, θα ήθελα να την ευχαριστήσω επιπλέον, όχι μόνο για την εργαστηριακή της βοήθεια στην ανάλυση των δειγμάτων, αλλά, κυρίως, γιατί δεν υπάρχει καλύτερο τονωτικό από το να βλέπεις νέους ανθρώπους να δίνουν αξία σε αυτό που κάνεις και να παθιάζονται.

Στην οικογένεια **Παπαμίχου-Χρονάκη**, στο **Μάνο**, στη **Ζώγια** και στο **Νίκο**, οφείλω τόσα πολλά! Χωρίς αυτούς, την αγάπη τους, το θαυμασμό τους, την πίστη τους σε μένα, ίσως να μην είχα προσπαθήσει προς την κατεύθυνση ενός διδακτορικού. Η πολύπλευρη και ανιδιοτελής υποστήριξή τους ήταν στην πραγματικότητα όλη μου η δύναμη στο ξεκίνημα των μεταπτυχιακών μου σπουδών. Από τα βάθη της καρδιάς μου, ένα μεγάλο ευχαριστώ σε αυτούς τους τρεις ανθρώπους, που έκαναν πραγματικότητα τα πρώτα επιστημονικά μου όνειρα και φιλοδοξίες.

Σε όλη αυτή την πορεία, πάντα δίπλα μου να μου ζεσταίνουν την καρδιά, άλλοι από κοντά κι άλλοι από πολύ μακριά, κάποιοι από την αρχή των σπουδών μου, ενώ άλλοι πολύ αργότερα, οι καλοί μου φίλοι. Εκείνοι που όλα αυτά τα χρόνια παρακολουθούν με πολύ αγάπη και αγωνία να κάνω σιγά-σιγά όλα μου τα βήματα, που ακούν με υπομονή όλα μου τα παράπονα, για να μου δώσουν στο τέλος κουράγιο, οι άνθρωποι που μοιραστήκαμε δύσκολες προσωπικές στιγμές και που μετέτρεπαν κάθε επιτυχία μου ή επίτευγμα σε γιορτή. **Αφροδίτη, Σπύρο, Αντρέα, Δημήτρη, Πόπη, Victoria, Στέλλα**, σας ευχαριστώ και σας ζητώ συγνώμη για τις φορές που δεν μπόρεσα να είμαι δίπλα σας.

Στους γονείς μου, τα δυο αγαπημένα μου πρόσωπα που με στερήθηκαν περισσότερο και που ίσως ακόμη δεν καταλαβαίνουν γιατί επέλεξα όλα αυτά, αν και ουσιαστικά μακριά από όλη αυτή την πορεία, χρωστάω πολλά. Οι προπτυχιακές σπουδές μου, για κάποιους ίσως δεδομένο αγαθό, η αυτοεκτίμηση που μου καλλιέργησαν και η αντίληψη του αγωνίζεσθαι είναι τα μεγαλύτερα δώρα τους. **Μαμά, μπαμπά**, ό,τι και να πω δε θα είναι ποτέ τόσο βαθύ, τόσο μεγάλο όσο η απέραντη αγάπη σας, που όλα αυτά τα χρόνια νιώθω να με πλημμυρίζει.

Στο τέλος, θα γυρίσω πίσω, θα επιστρέψω και πάλι στο Νικόλαο Λαμπαδαρίου... στο **Νίκο**. Στον καλό φίλο, τον έμπειρο συνεργάτη, τον πολύτιμο σύμβουλο, τον στοργικό σύντροφο. Στον μόνο που θα μπορούσε να αναλάβει όλους αυτούς τους ρόλους μαζί και να τα καταφέρει. Οι λέξεις δε θα είναι ποτέ αρκετές, όμως... Νίκο, σ’ ευχαριστώ ... κι ελπίζω να μη σε απογοητεύσω ποτέ...

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά στοιχεία μειοβενθολογίας

1.1.1 Τι είναι η μειοπανίδα;

Οι μειοβενθικοί οργανισμοί έγιναν γνωστοί από τα πρώτα χρόνια της μικροσκοπίας, ωστόσο, ο όρος *μειοπανίδα* παρουσιάστηκε για πρώτη φορά μόλις το 1942. Η Mare εκείνη τη χρονιά, σε μία περιγραφική μελέτη του βένθους από λασπώδεις βυθούς στο Στενό της Μάγχης (Mare 1942) εισήγαγε τον όρο για να περιγράψει μία ομάδα ασπόνδυλων οργανισμών ενδιάμεσου μεγέθους που διαχωρίζονταν από τους μεγαλύτερους, παραδοσιακά καλούμενους μακροβενθικούς οργανισμούς και από τους μικρότερους, όπως είναι τα βακτήρια, τα διάτομα και τα πρωτόζωα, μικροβενθικούς οργανισμούς με βάση το μέγεθος τους. Πριν από αυτή την εργασία, οι περισσότεροι ερευνητές αναφέρονταν σε τυπικούς μειοβενθικούς οργανισμούς με τον όρο μικροπανίδα. Ο διαχωρισμός αυτός ξεκίνησε ουσιαστικά ως ένας πρακτικός τρόπος μελέτης του βένθους, αφού τα διαφορετικά συστατικά του απαιτούσαν και διαφορετικές μεθόδους συλλογής και ανάλυσης. Έτσι, το *μειοβένθος* (συνώνυμο της μειοπανίδας) ορίστηκε αρχικά με βάση το μέγεθος των κόσκινων που χρησιμοποιούνταν για το διαχωρισμό του, με ανώτερο όριο τα 500 ή 1000 μm και κατώτερο όριο μικρότερο από 100 μm . Όπως όμως επισήμανε ο McIntyre (1969), αν η μειοπανίδα προσδιοριζόταν με βάση το μέγεθος των κόσκινων που χρησιμοποιούνταν, θα ήταν μόνο ένα στατιστικό μέγεθος, αφού ουσιαστικά θα αναφερόταν σε ένα αυθαίρετα καθορισμένο τμήμα του συνολικού φάσματος μεγεθών ζώων. Πρότεινε λοιπόν ο ίδιος ότι θα ήταν καλύτερα να καθορίζεται η μειοπανίδα σε σχέση με τις ταξινομικές κατηγορίες που περιλαμβάνει και όχι ως ένα στατιστικό σύνολο συγκεκριμένου μεγέθους. Με αυτή τη λογική, ο όρος *μειοπανίδα* γίνεται περισσότερο περιεκτικός αν θεωρηθεί ως μία ομάδα μικρών ζώων, τα περισσότερα εκ των οποίων περνούν από κόσκινο με άνοιγμα ματιού στο δίχτυ 0,5 mm και που λόγω του μεγέθους, της αφθονίας, της διάρκειας των γενεών και των προσαρμογών τους μπορούν εύκολα να εξετάζονται ξεχωριστά από τους μεγαλύτερους βενθικούς οργανισμούς (McIntyre 1969). Αργότερα, εκτεταμένες μελέτες σχετικές με το φάσμα μεγέθους των θαλάσσιων βενθικών οργανισμών (Schwinghamer 1981, Warwick 1984, Warwick et al. 1986) επιβεβαίωσαν την καταλληλότητα των ευρύτατα

χρησιμοποιούμενων βενθικών ομαδοποιήσεων και απέδειξαν ότι το μειοβένθος αποτελεί μία ξεχωριστή, βιολογικά και οικολογικά καθορισμένη οντότητα, αντίληψη που ήδη επικρατούσε για τη μεσοδιαστηματική πανίδα των αμμωδών ιζημάτων λόγω των κοινών και μοναδικών προσαρμογών που είχαν αναπτύξει για το συγκεκριμένο περιβάλλον (Remane 1933). Ο διαχωρισμός των μειοβενθικών οργανισμών από τα Πρώτιστα (μικροβένθος) αποδίδεται στο γεγονός ότι τα τελευταία είναι προσκολλημένα στους κόκκους της άμμου ενώ το μειοβένθος αποτελείται κυρίως από ελεύθερα κινούμενους οργανισμούς. Τα διαφορετικά χαρακτηριστικά που φαίνεται να διαχωρίζουν το μειοβένθος από το μακροβένθος συνοψίζονται στον Πίνακα 1.1.1.

Πίνακας 1.1.1. Σκιαγράφηση των βιολογικών χαρακτηριστικών του μειοβένθους σε σύγκριση με το μακροβένθος. (Τροποποιημένο από Warwick 1984.)

	Μειοβένθος (Ξηρό βάρος < 45 μg)	Μακροβένθος (Ξηρό βάρος > 45 μg)
Ανάπτυξη	Άμεση, βενθική	Με πλαγκτονικά στάδια
Διασπορά	Παρατηρείται κυρίως στα ώριμα άτομα	Παρατηρείται στις προνυμφικές μορφές
Διάρκεια γενιάς	Μικρότερη από 1 χρόνο	Μεγαλύτερη από 1 χρόνο
Αναπαραγωγική περίοδος	Μία σε κάθε κύκλο ζωής	Πολλαπλές
Ανάπτυξη	Πλησιάζουν ασυμπτωτικά ένα τελικό μέγεθος	Διαρκής αύξηση
Τροφικός τύπος	Συχνά επιλεκτικοί ως προς συγκεκριμένα σωματίδια	Συνήθως δεν είναι επιλεκτικοί στην τροφή
Κινητικότητα	Κινούμενες μορφές	Εμφανίζουν και εδραίες μορφές

Η μειοπανίδα δεν αποτελεί σε καμία περίπτωση ένα ομοιογενές οικολογικό σύνολο. Η ποικιλία των διαφορετικών ενδιατημάτων όπου συναντάται είναι μεγάλη και φαίνεται πως οποιοδήποτε υδάτινο περιβάλλον κι αν εξετάσει κανείς θα βρει μειοβενθικούς οργανισμούς. Η κατανομή της εκτείνεται στη θάλασσα και στα γλυκά νερά, σε ιζήματα που βρίσκονται ψηλά στις παραλίες μέχρι τους αβυσσαίους βυθούς θαλάσσιων τάφρων, στις ψυχρές πηγές των πόλων και στα ζεστά νερά των υδροθερμικών πηγών. Ανάλογα με τον τύπο του υποστρώματος βρίσκουμε και διαφορετικές μορφές μειοπανίδας. Έτσι, κάποιοι μειοβενθικοί οργανισμοί είναι *μεσοδιαστηματικοί* (interstitial), δηλαδή ζουν και κινούνται στο διάκενο μεταξύ των κόκκων της άμμου χωρίς ουσιαστικά να τους μετακινούν, άλλοι είναι *ορύκτες* (burrower), δηλαδή σκάβουν μέσα στο ίζημα και κινούνται εκτοπίζοντας τα σωματίδια του ιζήματος, ενώ κάποιοι άλλοι μπορεί να είναι επιβενθικοί ή επιφυτικοί. Οι περισσότεροι μειοβενθολόγοι διαχωρίζουν επιπλέον τη μειοπανίδα σε δύο κατηγορίες, α) την προσωρινή μειοπανίδα, που αναφέρεται στους οργανισμούς εκείνους που αποτελούν μέρος της μειοπανίδας μόνο κατά τη διάρκεια των προνυμφικών τους μορφών (κυρίως προνύμφες μακροβενθικών οργανισμών), και β) τη μόνιμη μειοπανίδα, η οποία περιλαμβάνει τα τάξα Τροχόζωα, Γαστερότριχα,

Νηματώδεις, Αρχιδακτυλιοσκώληκες, Βραδυπόρα, Κωπήποδα, Οστρακώδη, Μυστακοκαρίδες, Στροβιλιστικοί Πλατυέλμινθες, Ακάρεα, Γναθοστομοειδή, και ορισμένες εξειδικευμένες μορφές Υδρόζωων, Νεμερτίνων, Βρυόζωων, Γαστερόποδων, Απλακοφόρων, Πολύχαιτων, Ολιγόχαιτων κ.ά. Το 1983 προστέθηκε ένα ακόμη αποκλειστικά μειοβενθικό φύλο, τα Λοροφόρα (Logicifera) ενώ την τελευταία δεκαετία δύο επιπλέον ταξινομικές ομάδες, το συμβιωτικό φύλο Κυκλοφόρα (Cycliophora) και η τάξη Μικρογναθόζωα (Micrognathozoa) προστέθηκαν στη λίστα των μειοβενθικών ομάδων.

1.1.2 Η πορεία της θαλάσσιας μειοπανιδικής έρευνας στον κόσμο και στη Μεσόγειο

Οι μειοβενθικές μελέτες ξεκίνησαν στα μέσα του 19^{ου} αιώνα στην Ευρώπη και ήταν κυρίως ταξινομικές περιγραφές πολύ μικρών ζώων. Το 1845 ο Dujardin αναφέρει την παρουσία νηματωδών σε θαλάσσια φύκια στη Μεσόγειο ενώ λίγα χρόνια αργότερα ο ίδιος σε μία από τις πρώτες μειοβενθικές εργασίες παρουσιάζει το νέο φύλο των Κινόρυγχων (Dujardin 1851). Το 1901 ο Kowalewsky δημοσιεύει την πρώτη μειοπανιδική μελέτη από την Ανατολική Μεσόγειο που αφορούσε στην ομάδα των γαστερόποδων. Το 1904 ο Giard περιγράφει τον πρώτο αρχιδακτυλιοσκώληκα από τις ακτές της Νορμανδίας και διαπιστώνει πως η μειοπανίδα είναι τόσο πλούσια ώστε «θα χρειαζόνταν χρόνια για να μελετηθεί».

Καθώς μέχρι τότε δινόταν μεγαλύτερη έμφαση στην περισσότερο εμπορική μακροπανίδα, έπρεπε να αναπτυχθούν καινούριες και πιο αποτελεσματικές τεχνικές δειγματοληψίας. Προς αυτή την κατεύθυνση δούλεψαν πολύ και αποτελεσματικά ο Remane, ο ‘πατέρας’ της μειοβενθολογίας, και οι φοιτητές του στις ακτές της Βαλτικής και της Βόρειας Θάλασσας, ανακαλύπτοντας την πολύ πλούσια πανίδα των ρηχών αμμωδών και φυτικών υποστρωμάτων. Το 1933 ο Remane, σε μία κλασική, πλέον, εργασία, τονίζει πως αυτές οι βιοκοινωνίες διαφέρουν όχι μόνο ως προς τη σύνθεση και την αφθονία τους αλλά και ως προς μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά. Την ίδια εποχή ο Βρετανός Nicholls (1935) μελετά τα κωπήποδα μιας αμμώδους παραλίας στη Σκωτία και εισάγει τον όρο μεσοδιαστηματική πανίδα (interstitial fauna). Όμως, ήταν και πάλι ο Remane που μελέτησε λεπτομερώς τις διαφορετικές μορφολογικές προσαρμογές της μειοπανίδας διαφορετικών ενδιαιτημάτων, για να προτείνει το 1952 τον όρο ‘Lebensformtypus’ όπου συγκεκριμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά εμφανίζονται σε πολύ διαφορετικά τάξα

ως αποτέλεσμα επιλεκτικής πίεσης από τη διαβίωση σε ένα συγκεκριμένο τύπο ενδιαιτήματος (Remane 1952). Μερικά μόνο χρόνια αργότερα, ένα βιβλίο από τη Delamare-Deboutteville (1960), στο οποίο παρουσιάζεται μία σύνθεση των γνωστών από το Remane στοιχείων για τους μεσοδιαστηματικούς οργανισμούς με πολλά δεδομένα από τις ακτές της Μεσογείου, θα αποτελέσει σταθμό για το μειοβένθος της Μεσογείου. Εξαιρετική ήταν και η συμβολή του Σουηδού ερευνητή Swedmark στη μελέτη της μεσοδιαστηματικής πανίδας, ο οποίος άφησε πίσω του μία κλασική πλέον σχετική ανασκόπηση (Swedmark 1964).

Στα επόμενα χρόνια η μειοπανίδα γνωρίζει σημαντική άνοδο καθώς περισσότεροι πλέον επιστήμονες δουλεύουν με αυτή την ομάδα, αναπτύσσεται το ενδιαφέρον για την οικολογία και η Βόρεια Αμερική ανοίγεται προς τη μειοβενθολογία. Στη δεκαετία του '60 η μειοβενθική έρευνα εστιάζεται σε θέματα περιγραφικής οικολογίας ενώ ταυτόχρονα διευρύνονται οι ταξινομικές γνώσεις. Πλέον, περιγράφονται νέες ομάδες και εξετάζεται ο ρόλος διάφορων μειοβενθικών οργανισμών στο συστηματικό πλαίσιο των ασπονδύλων. Για την οικολογία, αυτή ήταν μία περίοδος απαραίτητης ρουτίνας κατά την οποία όμως τέθηκαν οι βάσεις για να απαντηθούν στη συνέχεια σημαντικά ερωτήματα.

Το 1969 δημοσιεύεται η πρώτη οικολογική ανασκόπηση για το μειοβένθος από τον McIntyre και στην επόμενη δεκαετία τα ερωτήματα αφορούν κυρίως στους τομείς της συμπεριφοράς και οικοφυσιολογίας. Είναι η εποχή των εργαστηριακών πειραμάτων που σχεδιάζονται για να εξετάσουν τη φυσιολογία διάφορων οργανισμών, την προτίμηση και ανοχή των οργανισμών σε συγκεκριμένους παράγοντες (θερμοκρασία, αλατότητα, ανοξία), τον ενεργειακό ρόλο του μειοβένθους στα βενθικά συστήματα. Μέσα από αυτές τις μελέτες αναπτύχθηκαν διάφορες θεωρίες που υποστηρίζουν ότι κάποιοι αναερόβιοι μειοβενθικοί οργανισμοί υπήρξαν οι πρωτόγονες μορφές μεταζώων στην Προκάμβριο Εποχή. Την ίδια περίοδο εμφανίζεται για πρώτη φορά ένας σχετικά μεγάλος όγκος ποσοτικών δεδομένων για τη μειοπανίδα της Δυτικής κυρίως Μεσογείου (ενδεικτικά αναφέρονται Soyer 1971, Boucher 1972, de Bovee & Soyer 1974, Guille & Soyer 1974, Vivier 1978, Vitiello & Aissa 1979) χωρίς ωστόσο η Ανατολική Μεσόγειος να υπολείπεται (Marcotte & Coull 1974, Dinet 1976, Gowing & Hulings 1976, Hulings & Gray 1976).

Στις αρχές της δεκαετίας του '80, οι ερευνητές ανακαλύπτουν ότι το μειοβένθος είναι ένα έξοχο εργαλείο για τον έλεγχο υποθέσεων, που αποτελεί ένα σημαντικό πεδίο με μεγάλη συνεισφορά στην οικολογία, κι έτσι κινούνται προς αυτή την

κατεύθυνση. Οι μελέτες στοχεύουν πλέον στη διερεύνηση της πληθυσμιακής δυναμικής, των αλληλεπιδράσεων μεταξύ μακρο- και μειο- βένθους, του ρόλου της μειοπανίδας ως τροφή για τα ανώτερα τροφικά επίπεδα, του τρόπου επανεποίκισης διαταραγμένων περιοχών, της επίδρασης που έχει η ρύπανση στο μειοβένθος. Μεγάλη έμφαση δίνεται επίσης στις φυλογενετικές απόψεις της μειοπανίδας καθώς αναπτύσσεται η ηλεκτρονική μικροσκοπία και οι μειοβενθολόγοι διαπιστώνουν ότι η κατανόηση της εξέλιξης της μειοπανίδας είναι καθοριστική για την κατανόηση της εξέλιξης των ασπονδύλων. Το μειοβένθος της Μεσογείου κάνει την παρουσία του σε μελέτες αυτής της κατεύθυνσης (de Bovee 1981, Tito de Morais & Bodiou 1984, Vidakovic & Zavodnik 1984, Keller 1986, Soetaert & Heip 1989), όμως οι περισσότερες εργασίες για την Ανατολική Μεσόγειο εξακολουθούν να είναι κυρίως περιγραφικές και προσεγγίζουν τη μειοπανίδα περισσότερο στο επίπεδο των κύριων ταξινομικών ομάδων (Vidakovic 1984, Vriser 1984, Vidakovic 1988, Roidou & Eleftheriou 1989).

Τα τελευταία χρόνια η μειοβενθική έρευνα σε όλες τις μορφές της έχει επεκταθεί στη μελέτη ξεχωριστών βιοτόπων όπως είναι η βαθιά θάλασσα, οι αλπικές λίμνες, η παγωμένη θάλασσα της Ανταρκτικής, με πολλές μελέτες σχετικά με το βαθύαλο οικοσύστημα να προέρχονται από τη Μεσόγειο (de Bovee et al. 1990, Soetaert et al. 1991a,b, Danovaro et al. 1995, Danovaro & Fabiano 1995, Soetaert & Heip 1995, Soetaert et al. 1995, Danovaro et al. 2000, Lampadariou 2001, Hatziyanni 2003, Tselepides & Lampadariou 2004). Ωστόσο, χρειάζεται ακόμη η βασική και περιγραφική προσέγγιση της μειοπανίδας για πολλά μέρη της γης που παραμένουν 'ανεξερευνήτες χώρες' για τη μειοβενθολογία, έτσι ώστε τελικά η μειοπανίδα να χρησιμοποιηθεί ως ένα βασικό εργαλείο για την απάντηση γενικών οικολογικών ερωτημάτων.

1.2 Αμμώδεις παραλίες

1.2.1 Γενική περιγραφή και κύρια χαρακτηριστικά

Οι αμμώδεις παραλίες κυριαρχούν στις ακτές των τροπικών και εύκρατων περιοχών (Davies 1972), υποστηρίζοντας δύο σημαντικούς ρόλους, τη χρήση τους ως χώροι αναψυχής κι ως 'ασπίδες προστασίας' απέναντι στη θάλασσα. Ταυτόχρονα, δρώντας ως μεγάλα συστήματα «πέψης και επώασης» επεξεργάζονται οργανικό υλικό

μέσα στο διάκενο χώρο τους και επιστρέφουν το ‘καθαρισμένο’ νερό και θρεπτικά στη θάλασσα (McLachlan & Turner 1994).

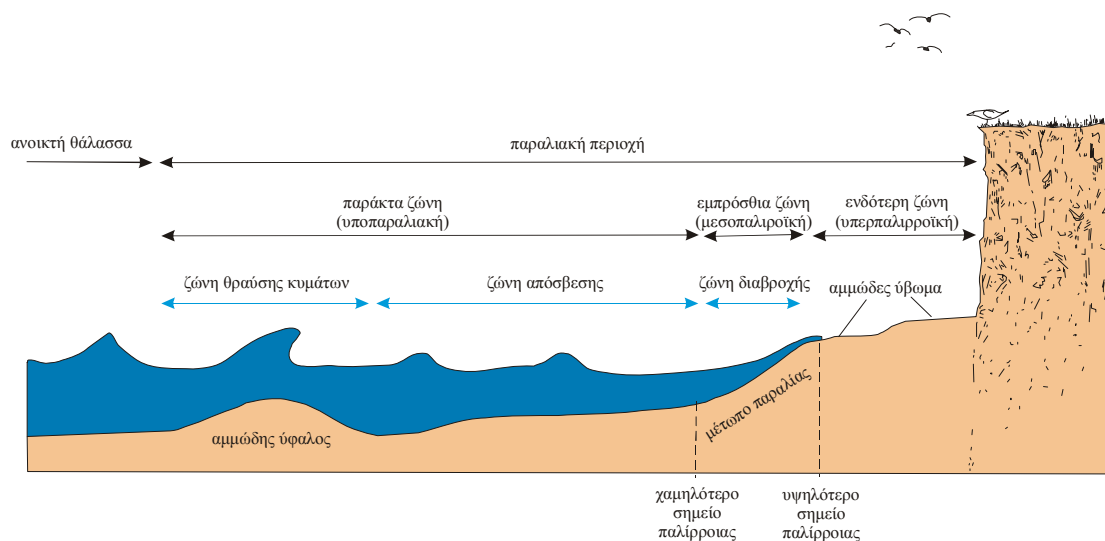
Όντας οι λειτουργικοί σύνδεσμοι μεταξύ της θάλασσας και της χέρσου, οι παραλίες είναι από τα πιο δυναμικά και διαρκώς μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα στη γη. Μπορεί τη μία μέρα να υπάρχουν και την επόμενη απλά να μην είναι εκεί. Αυτή η αστάθεια δίνει ένα πλεονέκτημα σε αυτούς που μελετούν τέτοιου είδους συστήματα καθώς οι μεταβολές μπορούν να μετρηθούν μέσα σε ένα σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Ταυτόχρονα όμως, προσδίδει κι ένα μεγάλο βαθμό δυσκολίας αφού συνήθως οι συνθήκες κάτω από τις οποίες συμβαίνουν οι σημαντικές και γρήγορες μεταβολές είναι πολύ δύσκολες για να επιτρέψουν τη μελέτη.

Αυτή η μεταβλητότητα είναι επίσης ο λόγος που δεν προτείνεται να ακολουθούνται αυστηρά κάποιες ζωνώσεις στη μελέτη των παράκτιων συστημάτων. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να καθορίζεται ποια είναι η περιοχή μελέτης όταν αναφερόμαστε στις αμμώδεις παραλίες καθώς τα όρια της με το παρακείμενο χερσαίο και θαλάσσιο περιβάλλον δεν είναι πάντα σαφή. Υπάρχουν αρκετοί πιθανοί ορισμοί για το τι ανήκει σε μία παραλία. Ένας λιτός ορισμός της *παραλίας* είναι «μία συσσώρευση χαλαρού υλικού (loose material) γύρω από τα όρια της κυματικής δράσης» (King 1972) και στις περισσότερες μελέτες εκλαμβάνεται ως η περιοχή που εκτείνεται από το ανώτερο σημείο στη χέρσο όπου δρα ο κυματισμός μέχρι τη ζώνη όπου τα κύματα για πρώτη φορά, πλησιάζοντας από τα βαθιά, προκαλούν αξιοσημείωτη κίνηση του υλικού του πυθμένα.

Το επόμενο σημείο που χρειάζεται διευκρίνιση είναι ο όρος αμμώδης. Στο μεγαλύτερο ποσοστό των μελετών, *αμμώδης* θεωρείται οποιαδήποτε παραλία της οποίας το υπόστρωμα αποτελείται από υλικό με μέση διάμετρο κόκκων μεταξύ 50 μm (που είναι εξαιρετικά λεπτό) και 2000 μm (που είναι εξαιρετικά αδρό). Εκτός αυτών των ορίων έχουμε αντίστοιχα τις λασπώδεις παραλίες και τις παραλίες με βότσαλο. Η άμμος προέρχεται κυρίως από τη διάβρωση χερσαίων πετρωμάτων και μεταφέρεται στη θάλασσα με ποτάμια, όμως μπορεί να προέρχεται επίσης από θαλάσσιες βιογενείς πηγές και από τη διάβρωση παράκτιων βράχων.

Για την περιγραφή των χαρακτηριστικών των παραλιών υπάρχει μία πληθώρα από διαφορετικές ορολογίες και το ποια τελικά χρησιμοποιείται εξαρτάται από το κατά πόσο ο ερευνητής ενδιαφέρεται για α) την επίδραση που μπορούν να έχουν στην παραλία οι παλίρροιες, β) τα αποτελέσματα του κυματισμού ή γ) το ιζηματολογικό

προφίλ. Στην Εικόνα 1.2.1 παρουσιάζονται όλοι οι σχετικοί όροι και η μεταξύ τους αντιστοιχία.



Εικόνα 1.2.1. Ζώνες επίδρασης της παλίρροιας, κυματικής δράσης και ιζηματολογικό προφίλ μιας παραλίας. (Από Brown et al. 1994.)

Το τμήμα εκείνο της παραλίας το οποίο περιοδικά καλύπτεται και αποκαλύπτεται από την παλίρροια είναι γνωστό ως **εμπρόσθια** ή **μεσοπαλιρροϊκή** ζώνη (foreshore or intertidal zone). Σε παραλίες όμως χωρίς σημαντικές παλίρροιας, όπως είναι οι περισσότερες μεσογειακές, η ζώνη αυτή ονομάζεται **μεσοπαραλιακή** (mediolittoral) και αντιστοιχεί στο κομμάτι εκείνο της παραλίας που διαδοχικά καλύπτεται και αποκαλύπτεται από το νερό, κυρίως, λόγω κυματισμού. Η **ενδότερη** ή **υπερ- παλιρροϊκή/παραλιακή** ζώνη (backshore or supralittoral zone) αντιστοιχεί στο ανώτερο τμήμα της παραλίας το οποίο εκτείνεται από το ανώτερο όριο της παλίρροιας ή του κυματισμού και φτάνει μέχρι εκείνο το σημείο που επηρεάζεται από τον κυματισμό μόνο σε περίπτωση καταιγίδας ή από εξαιρετικά υψηλή παλίρροια. Στις αμμώδεις παραλίες η ζώνη αυτή περιλαμβάνει τις αμμοθίνες. Τέλος, η **πανάκτια** ή **υπο- παλιρροϊκή/παραλιακή** ζώνη (nearshore or infralittoral zone) εκτείνεται από το σημείο εκείνο της παραλίας που είναι πάντοτε καλυμμένο από νερό μέχρι εκείνο το βάθος όπου κάτω από φυσιολογικές συνθήκες δεν παρατηρείται ουσιαστικά μετακίνηση του ιζήματος.

Με βάση την κυματική δράση, σε μια παραλία διακρίνονται τρεις ζώνες: η ζώνη **θραύσης των κυμάτων** (breaker zone), όπου τα κύματα γίνονται ασταθή και σπάνε (συνήθως σε βάθος 5 – 10 m) δημιουργώντας τη **ζώνη απόσβεσης** (surf zone), στην οποία μικρότερα κύματα εξασθενίζουν προς την ακτή και καταλήγουν στη **ζώνη**

διαβροχής (swash zone). Η ζώνη αυτή εναλλασσόμενα καλύπτεται από την άνοδο του νερού καθώς φτάνουν τα κύματα σε αυτή και στη συνέχεια αποκαλύπτεται καθώς το νερό αποσύρεται προς τα πίσω.

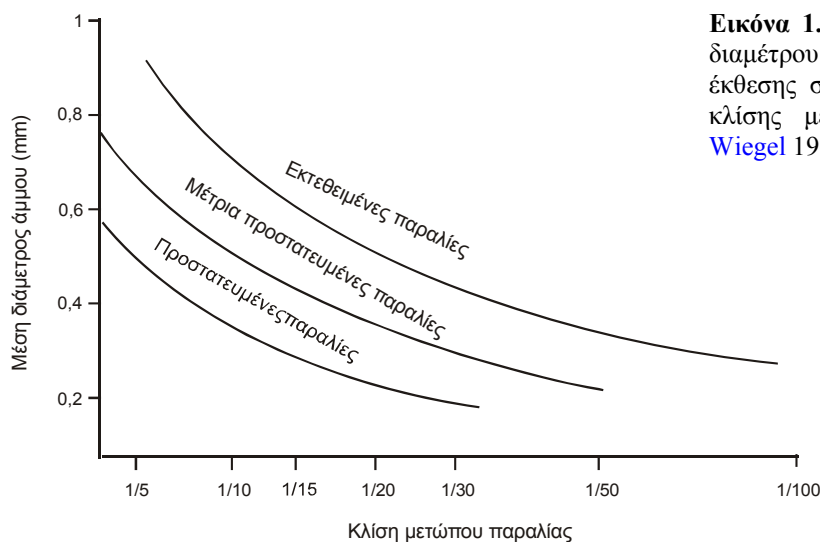
Ειδική ορολογία χρησιμοποιείται και στην περίπτωση που κάποιος ενδιαφέρεται να περιγράψει τα διαφορετικά μορφολογικά χαρακτηριστικά μιας παραλίας. Έτσι, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.2.1 το **αμμώδες ύβωμα** (berm) είναι μία δομή που χαρακτηρίζει την ενδότερη ζώνη της παραλίας, σχηματίζεται στο σημείο όπου σταματά ο κυματισμός και ουσιαστικά είναι μία επίπεδη, επιμήκης ανύψωση της επιφάνειας του ιζήματος η οποία όμως παρατηρείται μόνο σε παραλίες που βαθαινουν απότομα. Ακριβώς μετά το αμμώδες ύβωμα και προς τη θάλασσα βρίσκεται το **μέτωπο της παραλίας** (beach face), το οποίο αντιστοιχεί στο επικλινές κομμάτι της παραλίας που είναι διαρκώς εκτεθειμένο στην κυματική δράση. Μία ακόμη δομή που πιθανόν να σχηματιστεί κάτω από τη ζώνη θραύσης των κυμάτων είναι ο **αμμώδης ύφαλος** (submarine bar or sand bar). Η συγκεκριμένη δομή δημιουργείται όταν υπάρχουν εποχικές μεταβολές του καιρού όπως εξηγείται στην αμέσως επόμενη ενότητα.

1.2.2 Το προφίλ μιας παραλίας και οι παράγοντες που επιδρούν σε αυτό

Ο χαρακτήρας μιας αμμώδους παραλίας καθορίζεται από τρία βασικά στοιχεία που βρίσκονται διαρκώς σε κίνηση, την άμμο, το νερό και τον αέρα. Στην πραγματικότητα, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η παραλία είναι ένα πεδίο μάχης μεταξύ της άμμου και των κυμάτων, τα οποία αλληλεπιδρώντας δημιουργούν σύνθετες δυνάμεις και πολύπλοκους μηχανισμούς που μπορούν να μεταβάλλουν τη μορφή μιας παραλίας.

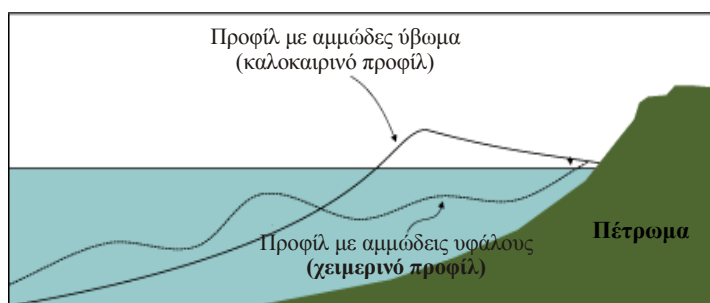
Η κλίση του μετώπου μιας παραλίας είναι το αποτέλεσμα της κίνησης του νερού στη ζώνη αυτή. Το νερό που φτάνει εκεί από τον κυματισμό μεταφέρει άμμο και γι' αυτό τείνει να αυξάνει την κλίση της παραλίας, ενώ η επακόλουθη κίνηση του προς τα πίσω έχει το αντίθετο αποτέλεσμα. Το υλικό της παραλίας έχει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της κλίσης της. Έτσι, αδρό υλικό κατακρατεί το νερό και περιορίζει την οπίσθια κίνησή του με αποτέλεσμα να παρατηρείται απότομη κλίση στο μέτωπο της παραλίας. Στις παραλίες λεπτής άμμου όμως, το μέτωπο της παραλίας είναι συνήθως κορεσμένο σε νερό κι έτσι η κίνηση του νερού είναι πλήρης, οδηγώντας σε απομάκρυνση υλικού και επομένως σε εξομάλυνση της κλίσης. Σημαντική επίδραση

στο προφίλ της παραλίας έχει φυσικά και ο κυματισμός, καθώς με σταθερό μέγεθος υποστρώματος, μεγάλα κύματα προκαλούν μεγαλύτερη διάβρωση λόγω της ισχυρής οπίσθιας κίνησης του νερού κατά τη διαβροχή της ζώνης. Η σημαντική αυτή σχέση μεταξύ της κλίσης, του μεγέθους των κόκκων της άμμου και της κυματικής δράσης απεικονίζεται στην Εικόνα 1.2.2.



Εικόνα 1.2.2. Σχέση μεταξύ μέσης διαμέτρου κόκκων του ιζήματος, έκθεσης στην κυματική δράση και κλίσης μετώπου παραλίας. (Από [Wiegell 1964.](#))

Κατά αντιστοιχία, οι θυελλώδεις συνθήκες απομακρύνουν υλικό από το μέτωπο της παραλίας, ενώ ήπιος καιρός έχει τα αντίθετα αποτελέσματα. Το καλοκαίρι, λοιπόν, με τον ελαφρύ κυματισμό που συνήθως επικρατεί, μεταφέρεται ίζημα προς την ακτή για να σχηματιστεί το αμμώδες ύβωμα, ενώ το χειμώνα οι θύελλες και οι καταιγίδες καταστρέφουν το αμμώδες ύβωμα στην ακτή και μεταφέρουν το υλικό βαθύτερα για να δημιουργηθεί αμμώδης ύφαλος. Έτσι, το προφίλ μιας παραλίας εναλλάσσεται ουσιαστικά μεταξύ δύο τύπων, του τύπου με αμμώδες ύβωμα (καλοκαιρινό προφίλ) και του τύπου με αμμώδη ύφαλο (χειμερινό προφίλ) (Εικόνα 1.2.3).



Εικόνα 1.2.3. Εποχική μεταβολή του προφίλ μιας παραλίας. (Τροποποιημένο από [Komar 1998.](#))

1.2.3 Η φυσική ποικιλομορφία των αμμωδών παραλιών

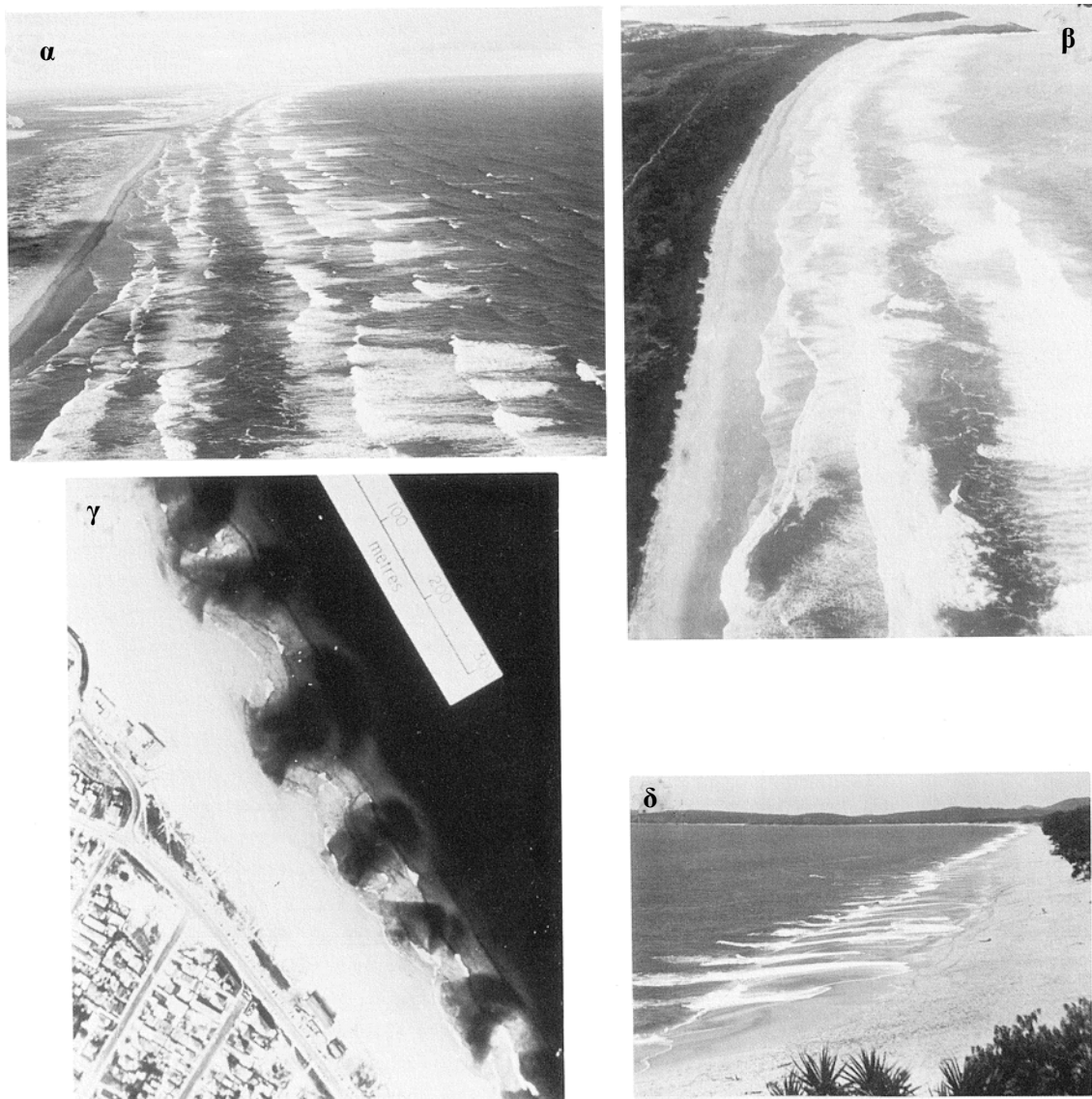
Καθώς ο κυματισμός και το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος διαμορφώνουν και μεταβάλλουν το προφίλ μιας παραλίας είναι φυσικό να αποτελούν τους καθοριστικούς εκείνους παράγοντες που κατατάσσουν τα διαφορετικά ενεργειακά περιβάλλοντα των αμμωδών παραλιών σε τύπους. Συνδυάζοντας λοιπόν τις δύο αυτές παραμέτρους, οι Short και Wright (1983) κατατάσσουν τις αμμώδεις παραλίες σε τρεις κύριους τύπους, τις **ανακλαστικές** (reflective), τις **ενδιάμεσες** (intermediate) και τις **σκεδαστικές** (dissipative) (Εικόνα 1.2.4), καθένας από τους οποίους παρουσιάζει διακριτά χαρακτηριστικά όσον αφορά στη μορφολογία, στα πρότυπα κυκλοφορίας και στην υδροδυναμική. Ο τύπος των ενδιάμεσων παραλιών διαχωρίζεται επιπλέον σε τέσσερις καταστάσεις, κι έτσι κάθε παραλία μπορεί να καταταχθεί σε μία από τις έξι διαφορετικές καταστάσεις.

Στο ένα άκρο αυτής της κατάταξης βρίσκονται οι χαμηλής ενέργειας ανακλαστικές παραλίες οι οποίες απαντώνται όπου οι συνθήκες είναι ήπιες ή / και το ίζημα αδρό. Χαρακτηριστικό τους είναι τα μικρά κύματα (< 1 m) και η απουσία ζώνης απόσβεσης των κυμάτων, καθώς αυτά ορμούν απευθείας στο μέτωπο της παραλίας. Στις ανακλαστικές παραλίες υπάρχει συνήθως αμμώδες ύψωμα ή αμμώδεις ημισελήνοειδείς σχηματισμοί (cusps) και το απότομο μέτωπο της παραλίας καταλήγει σε 'σκαλοπάτι' στην κατώτερη θέση της ακτογραμμής λόγω της απόθεσης υλικού από τον κυματισμό. Σε αυτά τα περιβάλλοντα, η ενέργεια ανακλάται μακριά από την ακτογραμμή.

Στο αντίθετο άκρο, η επίδραση των μεγάλων κυμάτων ($> 2,5$ m) σε λεπτό ίζημα δίνει τις υψηλής ενέργειας σκεδαστικές παραλίες, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μέτωπο παραλίας με μικρή κλίση και μεγάλο πλάτος, εκτενείς ζώνες απόσβεσης των κυμάτων και αρκετούς αμμώδεις υφάλους. Τα κύματα σπουν σε απόσταση 200-500 m από την ακτογραμμή, ενώ συνήθως ανασχηματίζονται και σπουν ξανά. Με αυτό τον τρόπο το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας των κυμάτων καταναλώνεται στη ζώνη απόσβεσης.

Οι τέσσερις καταστάσεις του ενδιάμεσου τύπου αποτελούν μία μετάβαση από το σκεδαστικό προς το ανακλαστικό άκρο της κατάταξης και από συνθήκες υψηλού κυματισμού, όπου ίζημα αποτίθεται στην ζώνη απόσβεσης και πιο ανοικτά, σε συνθήκες χαμηλής κυματικής δράσης και απόθεσης υλικού στο εκτεθειμένο τμήμα της παραλίας. Οι ενδιάμεσες παραλίες έχουν συνήθως μέτρια άμμο και βρίσκονται σε

ακτές που εκτίθενται σε υψηλό κυματισμό που προέρχεται από τη βαθιά θάλασσα ή που επηρεάζονται από μουσώνες και αληγείς ανέμους. Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι οι έντονες εποχικές διακυμάνσεις, η εναπόθεση ιζήματος τόσο στην παραλία όσο και στη ζώνη απόσβεσης και η μεγάλη μορφολογική διαφοροποίηση κατά μήκος της ακτής.



Εικόνα 1.2.4. Αντιπροσωπευτικοί τύποι παραλιών στη νοτιοανατολική Αυστραλία. α) υψηλής ενέργειας σκεδαστική παραλία – ύψος κυμάτων = 3m, πλάτος ζώνης απόσβεσης = 500m, β – γ) παραλίες ενδιάμεσου τύπου, δ) ανακλαστική παραλία, παρατηρείστε την απουσία ζώνης απόσβεσης. (Από Short & Wright 1983.)

Η παραπάνω ταξινόμηση των παραλιών έχει στηριχθεί κυρίως σε μελέτες ανοικτών ωκεάνιων παραλιών και μπορεί να εφαρμοστεί στις περιπτώσεις εκείνες όπου το εύρος της παλίρροιας δεν ξεπερνά τα 2 m. Όταν όμως η επίδραση της

παλίρροιας είναι μεγάλη, το σύστημα γίνεται περισσότερο σύνθετο και τότε η μορφοδυναμική μιας παραλίας περιγράφεται είτε από το δείκτη κατάστασης μιας παραλίας (beach state index) (McLachlan et al. 1993) είτε από το δισδιάστατο μοντέλο παραλίας των Masselink και Short (Masselink & Short 1993). Και στις δύο αυτές περιπτώσεις λαμβάνεται υπόψη στην κατάταξη των παραλιών και το εύρος της παλίρροιας χωρίς όμως να εμφανίζονται διαφορετικοί τύποι.

Η μορφοδυναμική κλίμακα των Short και Wright έχει εισχωρήσει στις οικολογικές μελέτες ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του '80, όμως οι όροι που έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο για να χαρακτηρίσουν μία παραλία είναι 'προστατευμένη' και 'εκτεθειμένη' και αφορούν στην έκθεσή της στον υδροδυναμισμό. Παρόλο που το περιεχόμενο τους δεν παραπέμπει αυστηρά σε συγκεκριμένους ορισμούς, ωστόσο υιοθετούνται πάντοτε για να περιγράψουν κυρίως κλειστές παραλίες με μικρό κυματισμό και προστασία από τους ανέμους στην πρώτη περίπτωση και συνήθως ανοικτές παραλίες με μέτρια ή έντονη κυματική δράση στη δεύτερη. Εξίσου συχνά και ως συνώνυμοι των προηγούμενων, συναντώνται επίσης οι όροι 'χαμηλής ενέργειας' και 'υψηλής ενέργειας' παραλίες. Η χρήση των παραπάνω όρων μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '70 εξαρτιόταν ουσιαστικά από την εμπειρία του ερευνητή και παρόλο που είχαν γίνει σημαντικές προσπάθειες και προτάσεις για να κατατάσσονται οι παραλίες βάσει ενός ή περισσότερων φυσικοχημικών παραμέτρων (π.χ. χαρακτηριστικά ιζήματος, βάθος ασυνέχειας δυναμικού οξειδοαναγωγής) (Southward 1953, Colman & Segrove 1955, Lagardère 1966, Eleftheriou & Nicholson 1975), μόνο το 1980 ο McLachlan κατάφερε να προτείνει ένα ευρύτατα, πλέον, αποδεκτό σύστημα κατάταξης με βαθμούς (McLachlan 1980a). Κύριος στόχος του ήταν να υπάρχουν κοινά κριτήρια για τον χαρακτηρισμό μιας παραλίας, χωρίς ωστόσο να χρειάζεται ο ερευνητής να πραγματοποιήσει περίπλοκες μετρήσεις υδροδυναμικής. Το σύστημα αυτό στηρίζεται σε βασικές παραμέτρους των παραλιών, όπως είναι ο τύπος του ιζήματος, το εύρος της ζώνης απόσβεσης, ο κυματισμός, η κλίση της παραλίας κ.ά. κι έτσι οι παραλίες μπορούν να κατατάσσονται σε τέσσερις τύπους, από πολύ προστατευμένες μέχρι πολύ εκτεθειμένες. Ωστόσο, όπως προτείνει και ο ίδιος ο δημιουργός του συστήματος, καθώς η συγκεκριμένη κλίμακα αποτελεί μία εκτίμηση του βαθμού έκθεσης της μεσοπαραλιακής ζώνης, είναι καλύτερο αυτή να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την κλίμακα μορφοδυναμικής των Short και Wright.

1.3 Πρότυπα πανιδικών ζωνώσεων στις αμμώδεις παραλίες

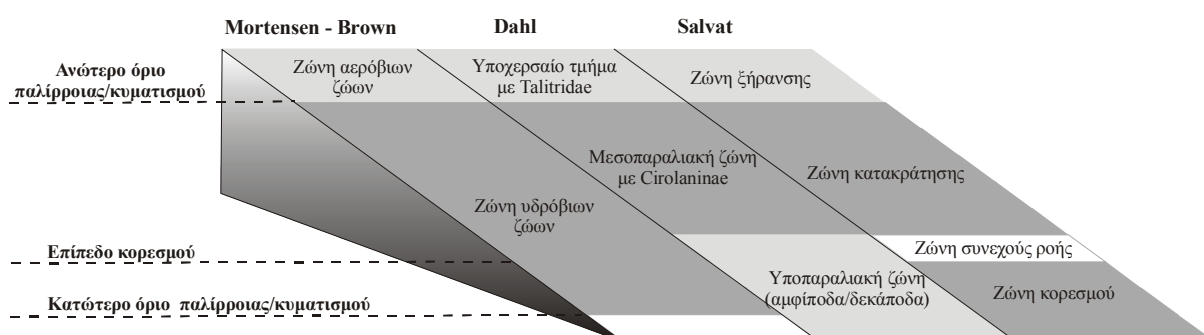
Οι μεσοπαλιρροϊκές ζωνώσεις παρατηρήθηκαν κι αποτέλεσαν το αντικείμενο ενδιαφέροντος θαλάσσιων βιολόγων από πολύ νωρίς, καθώς οι μεσοπαλιρροϊκές περιοχές είναι, αφενός, το πιο εύκολα προσβάσιμο θαλάσσιο περιβάλλον κι αφετέρου, αποτελούν το σύνδεσμο μεταξύ των θαλάσσιων και χερσαίων συστημάτων. Καθώς η μεσοπαλιρροϊκή ζώνη είναι μία διαβάθμιση από τις χερσαίες στις θαλάσσιες συνθήκες, οι οργανισμοί που μετανάστευσαν σε αυτή τη ζώνη προσαρμόστηκαν με διαφορετικό τρόπο σε αυτές τις ενδιάμεσες συνθήκες με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν ζώνες κατανομής, οι οποίες ουσιαστικά απεικονίζουν τον περιορισμό των ειδών σε συγκεκριμένες υψομετρικές θέσεις της παραλίας.

Στις ακτές σκληρού υποστρώματος, οι πανιδικές ζωνώσεις είναι ίσως το πιο εμφανές χαρακτηριστικό των σχετικά στενών μεσοπαλιρροϊκών ζωνών τους και ανταποκρίνονται σε ένα ευρύτατα αποδεκτό, βιολογικά καθοριζόμενο παγκόσμιο πρότυπο που παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τους Stephenson (1949). Στις αμμώδεις παραλίες όμως, οι ζωνώσεις δεν είναι τόσο ευκρινείς, προφανώς ως αποτέλεσμα του δυναμικού περιβάλλοντος των παραλιών, του μετακινούμενου πληθυσμού που τις χαρακτηρίζει και της ικανότητας αυτών των οργανισμών να κρύβονται μέσα στην άμμο. Ωστόσο, πολλές προσπάθειες έχουν γίνει για να δημιουργηθεί ένα επίσης παγκόσμιο σχήμα ζωνώσεων των αμμωδών παραλιών και των παλιρροϊκών βυθών. Το πρώτο γενικό πρότυπο ζωνώσεων των αμμωδών παραλιών προτάθηκε από τον Dahl (1952-53), ο οποίος χρησιμοποιώντας τη μακροπανίδα ως βιολογική παράμετρο διαχωρισμού των ζωνών διέκρινε τρεις ζώνες (Εικόνα 1.3.1), σε καθεμία από τις οποίες κυριαρχούσε ένα διαφορετικό είδος καρκινοειδούς:

- ένα υποχερσαίο κομμάτι στο οποίο κυριαρχούν αμφίποδα της οικογένειας Talitridae στις ψυχρές περιοχές και καβούρια του γένους *Ocyrops* στις θερμές,
- μία μεσοπαραλιακή ζώνη που χαρακτηρίζεται από ισόποδα της υποοικογένειας Cirolaninae και
- ένα υποπαραλιακό τμήμα με μεγάλη ποικιλομορφία ζώων, όπως διάφορα αμφίποδα (Haustoriidae, Oedocerotidae, Phoxocephalidae) στις ψυχρότερες περιοχές και διάφορα καβούρια και δεκάποδα της υπεροικογένειας Hippidea στις θερμότερες περιοχές.

Το επόμενο σχήμα που χρησιμοποιήθηκε αρκετά προτάθηκε από το Salvat (1964) και τροποποιήθηκε μερικώς από τους Pollock & Hummon (1971) για το μεσοδιαστηματικό περιβάλλον των παραλιών. Στηριζόμενος αποκλειστικά σε φυσικές παραμέτρους, ο Salvat καθόρισε τέσσερις ζώνες στις αμμώδεις παραλίες (Εικόνα 1.3.1):

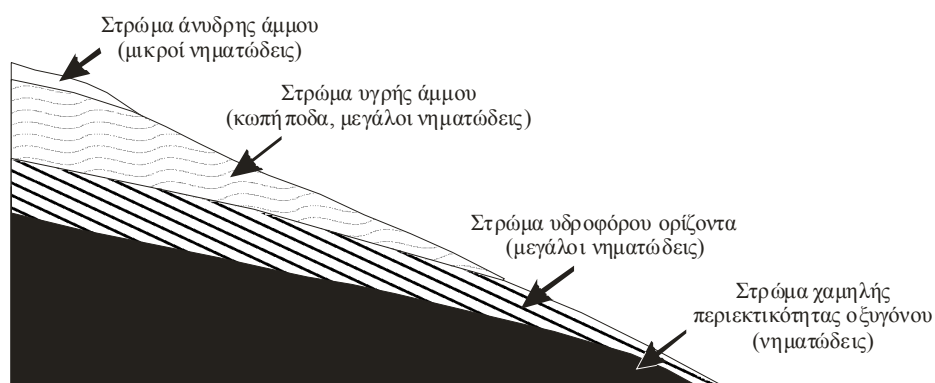
- μία ζώνη ξηραίνωμενης ή άνυδρης άμμου (drying or dry sand) πάνω από το ανώτερο σημείο παλίρροιας το οποίο βρέχεται μόνο από ψεκασμό,
- μία ζώνη κατακράτησης (retention) που ακολουθεί της προηγούμενης, η οποία βρέχεται από όλες τις παλίρροιας αλλά χάνει νερό καθώς η παλίρροια απομακρύνεται έτσι ώστε το ίζημα να είναι νωπό αλλά όχι υγρό κατά την άμπωτη,
- μία ζώνη συνεχούς ροής (resurgence), στην οποία παρατηρείται εκροή νερού κατά την άμπωτη και χαρακτηρίζεται από μεσοδιαστηματική κυκλοφορία νερού με την παλίρροια, και
- μία ζώνη κορεσμού (saturation), όπου η άμμος είναι μόνιμα κορεσμένη με νερό και η μεσοδιαστηματική κυκλοφορία του νερού είναι ελάχιστη.



Εικόνα 1.3.1. Βασικότερα σχήματα ζωνώσεων στις αμμώδεις παραλίες. (Τροποποιημένο από McLachlan & Jaramillo 1995.)

Αργότερα ο McLachlan (1980b), στηριζόμενος στο προηγούμενο σχήμα και χρησιμοποιώντας δεδομένα από εκτεθειμένες παραλίες της Νότιας Αφρικής, παρουσίασε τη μοναδική πρόταση με αναφορά σε γενικές μειοπανιδικές ζωνώσεις, όπου η τρισδιάστατη κατανομή της μειοπανίδας ουσιαστικά διαχώριζε την παραλία σε στρώματα κι όχι σε ζώνες (Εικόνα 1.3.2), που αντιστοιχούν όμως στενά στις ζώνες που προτείνει ο Salvat. Τόνισε όμως πως το συγκεκριμένο πρότυπο μπορεί να τροποποιηθεί εφόσον μεταβληθούν κάποιο φυσικοί παράγοντες, όπως είναι η

κυματική δράση, το μέγεθος των κόκκων της άμμου, η κλίση της παραλίας, η θερμοκρασία, το εύρος της παλίρροιας κ.ά.



Εικόνα 1.3.2. Μειοπανιδική στρωμάτωση σε εκτεθειμένη παραλία. (Από Brown & McLachlan 1990.)

Οι περισσότερες από τις υπόλοιπες ζωνώσεις που έχουν προταθεί (Pichon 1967, McIntyre 1970, Trevallion et al. 1970, McLachlan & Jaramillo 1995) αποτελούν παραλλαγές των παραπάνω σχημάτων. Στην πραγματικότητα όμως, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η ζώνωση με την κλασική έννοια δεν έχει ακόμη αποδειχτεί για τις αμμώδεις παραλίες καθώς δεν έχουν περιγραφεί ακριβή όρια. Ωστόσο, στις ανοιχτές παραλίες υπάρχουν δύο ευκρινείς και αδιαμφισβήτητες οριοθετήσεις, η ανώτερη θέση παλίρροιας ή/και κυματισμού (drift line) και το όριο κορεσμένης άμμου (effluent line), όπου το επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα βρίσκεται στην επιφάνεια του ιζήματος, όρια τα οποία συμπίπτουν με εκείνα που θέτει ο Dahl (Εικόνα 1.3.1).

Πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να επιβεβαιώσουν ένα ή και τα δύο βασικά πρότυπα ζωνώσεων με μακροπανιδικά κυρίως δεδομένα από διάφορες παραλίες (McLachlan 1990, Raffaelli et al. 1991, Jaramillo et al. 1993, McLachlan & Jaramillo 1995, Brazeiro & Defeo 1996, Degraer et al. 2003, Gheskiere et al. 2004, Gheskiere et al. 2005), τα αποτελέσματα όμως ήταν ποικίλα και πολλές φορές αμφίβολα κι έτσι οι προσπάθειες για ένα γενικευμένο πρότυπο απέτυχαν. Αυτό οφείλεται σίγουρα στις διαφορές της μορφοδυναμικής των διαφορετικών παραλιών μελέτης (Jaramillo et al. 1993), όμως, όπως υποστηρίζουν και οι Brazeiro & Defeo (1996) θα πρέπει να οφείλεται σε σημαντικό βαθμό και στο γεγονός ότι η πλειονότητα αυτών των μελετών στηρίζονταν σε μία δειγματοληπτική προσπάθεια, αγνοώντας έτσι τις χρονικές διαφοροποιήσεις των ζωνώσεων λόγω εποχικών μεταναστεύσεων της πανίδας. Ιδιαίτερα σε μικροπαλιρροϊκά περιβάλλοντα και σε παραλίες χωρίς παλίρροιας όπου οι άνεμοι καθορίζουν σημαντικά και απεριοδικά τη θέση της ακτογραμμής, κι

επομένως τη μετακίνηση των οργανισμών, ο παράγοντας χρόνος είναι μεγάλης σπουδαιότητας για την ανεύρεση των όποιων προτύπων κατανομής της πανίδας.

Τα αρκετά αντικρουόμενα αποτελέσματα των προαναφερθέντων μελετών φαίνεται να ενισχύουν την άποψη των Mortensen (1921) και Brown (παρουσιάζεται από McLachlan 1983, Brown & McLachlan 1990) ότι στην πραγματικότητα υπάρχουν μόνο δύο βασικές ζώνες παγκοσμίως σε όλες τις αμμώδεις παραλίες, μία ζώνη αερόβιων ζώων (air breathers) στο ανώτερο τμήμα της παραλίας και μία ζώνη υδρόβιων οργανισμών (aquatic breathers) χαμηλότερα (Εικόνα 1.3.1). Αν και δεν υπάρχει αμφιβολία για την εγκυρότητα αυτών των ζωνών, λίγοι υιοθέτησαν αυτό το απλό σχήμα καθώς οι περισσότεροι ελπίζουν ακόμη στην ανεύρεση ενός πιο ολοκληρωμένου προτύπου ζωνώσεων.

Κι ενώ αναπόσπαστο κομμάτι μιας παραλίας αποτελούν και η ζώνη απόσβεσης, το εύρος της οποίας εξαρτάται φυσικά από τον τύπο της παραλίας, και η κοντινή υποπαραλιακή ζώνη, οι περισσότερες μελέτες που έχουν ασχοληθεί με τα πρότυπα πανιδικών ζωνώσεων των αμμωδών παραλιών έχουν περιοριστεί στο μεσοπαλιρροϊκό τμήμα της παραλίας. Λίγες μόνο έχουν εστιαστεί στο υποθαλάσσιο κομμάτι, αυτή τη φορά όμως αγνοώντας τη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη (McLachlan et al. 1984, Huys et al. 1986, Barros et al. 2002). Είναι προφανές λοιπόν ότι οι διαφορετικές ζωνώσεις που έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα, πέρα από το γεγονός ότι στηρίζονται μόνο σε ένα φτωχό κομμάτι της πανίδας των παραλιών, τη μακροπανίδα, επιπλέον αφορούν ένα πολύ συγκεκριμένο τμήμα της παραλίας κι όχι το σύνολο.

1.4 Το μειοβένθος του μεσοδιαστηματικού χώρου

Σε έναν απλό παρατηρητή, μια αμμώδης παραλία μοιάζει νεκρή από ζωή. Την ίδια άποψη μοιράζονταν και πολλοί βιολόγοι όταν χαρακτήριζαν τις παραλίες ‘θαλάσσιες ερήμους’ και τις απέκλειαν από τις μελέτες τους. Μέχρι που το 1933, ο Remane ξεκίνησε τη μελέτη των ακτών της Γερμανίας, αποκαλύπτοντας έτσι μια πλούσια πανίδα κρυμμένη μεταξύ των κόκκων της άμμου. Στις μέρες μας όμως, κυριαρχεί, ακόμη και μεταξύ των βιολόγων, μία αντίληψη που θέλει τις αμμώδεις παραλίες να φιλοξενούν μόνο έναν μικρό αριθμό ειδών. Φυσικά αυτό αποτελεί μία παρανόηση που οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν πολύ λίγα μακροπανιδικά είδη. Στο διαρκώς και συχνά πολύ έντονα μεταβαλλόμενο περιβάλλον των αμμωδών παραλιών, ένα τυπικά αντιπροσωπευτικό ζώο έχει μήκος περίπου ένα χιλιοστό, έτσι

ώστε να μπορεί να ζει και να μετακινείται μεταξύ των κόκκων της άμμου, να μεταναστεύει οριζόντια και κάθετα στη στήλη του ιζήματος συγχρονισμένα με την παλίρροια ή κάποιον άλλο παράγοντα, χωρίς όμως να εγκαταλείπει συχνά το καταφύγιο του μεσοδιαστηματικού χώρου. Αυτό το πορώδες σύστημα που είναι δυνατό να εκτείνεται σε πολύ μεγάλο βάθος κατακόρυφα στο ίζημα, αποτελεί περίπου το 40% του συνολικού όγκου του ιζήματος (McLachlan & Turner 1994). Κι εκεί η μειοπανίδα είναι πολυάριθμη και ποικίλη.

Στις αμμώδεις παραλίες εμφανίζονται τα περισσότερα από τα μειοπανιδικά τάξα, με τους νηματώδεις και τα αρπακτικοειδή κωπήποδα να εναλλάσσουν την κυριαρχία τους. Σε αδρά υποστρώματα (> 200 μm) σχεδόν όλοι οι μειοπανιδικοί οργανισμοί είναι μεσοδιαστηματικής μορφής, ενώ καθώς το μέγεθος των κόκκων μειώνεται, κι επομένως μειώνεται και ο διαθέσιμος μεσοδιαστηματικός χώρος, αυξάνει η παρουσία των ορυκτών (Wieser 1959). Τα αρπακτικοειδή κωπήποδα εμφανίζουν μεσοδιαστηματικές μορφές ακόμη και σε μέγεθος κόκκων μεταξύ 160 και 170 μm ενώ οι νηματώδεις σε ακόμη πιο πυκνά ιζήματα (100-125 μm). Κάτω από τα 100 μm δε συναντώνται πια μεσοδιαστηματικές μορφές και γι' αυτό αποκλειστικά μεσοδιαστηματικές ομάδες, όπως είναι τα γαστερότριχα, αποκλείονται από υποστρώματα πολύ λεπτής άμμου (Coull 1988). Οι περισσότερες όμως παραλίες έχουν άμμο μέσης διαμέτρου μεγαλύτερη από 200 μm και γι' αυτό φιλοξενούν σχεδόν αποκλειστικά μεσοδιαστηματικές μορφές μειοπανίδας.

Στις παραλίες όπως και στα περισσότερα θαλάσσια περιβάλλοντα, οι μειοπανιδικές αφθονίες είναι της τάξης του 10^3 άτομα/10 cm^2 . Οι τιμές όμως μπορεί να είναι αρκετά χαμηλές (~ 50 άτομα/10 cm^2) σε παραλίες που κατατάσσονται στα άκρα του συστήματος των Short & Wright, δηλαδή σε ανακλαστικές και σκεδαστικές παραλίες, όπου ο έντονος υδροδυναμισμός που δέχεται η μεσοπαλιρροϊκή ζώνη στις πρώτες και η χαμηλή περιεκτικότητα του ιζήματος σε οξυγόνο στις δεύτερες περιορίζουν την ανάπτυξη της μειοπανίδας. Αντίθετα, σε παραλίες ενδιάμεσου τύπου όπου το ίζημα είναι λεπτή – μέτρια άμμος και οι φυσικές και χημικές επιδράσεις εξισορροπούνται, το περιβάλλον θεωρείται ιδανικό για την εμφάνιση μιας πλούσιας σε αφθονία και ποικιλότητα μεσοδιαστηματικής πανίδας (Brown & McLachlan 1990, McLachlan & Turner 1994).

Η κατανομή της μειοπανίδας στις αμμώδεις παραλίες ακολουθεί ένα τρισδιάστατο πρότυπο και καθορίζεται κυρίως από το βαθμό οξυγόνωσης και ξήρανσης του ιζήματος (Coull 1988, Brown & McLachlan 1990). Σε παραλίες με

μεγάλο εύρος παλίρροιας ή πολύ έντονο κυματισμό που μπορεί να ξεβράσει ακόμη και φύκια, μειοπανιδικές κοινωνίες αναπτύσσονται μέχρι πολύ ψηλά στην παραλία. Όμως εκεί κυριαρχούν οργανισμοί που αντέχουν στην περιοδική ξήρανση του ιζήματος, όπως μικροί νηματώδεις και ολιγόχαιτοι χερσαίας προέλευσης. Σε παραλίες όπου η επίδραση της παλίρροιας είναι εμφανής, πλούσια μειοπανίδα αναμένεται στο μέσο της παραλίας, δηλαδή στη ζώνη κατακράτησης, ενώ χαμηλότερα οι αφθονίες γενικά μειώνονται (Brown & McLachlan 1990, Nicholas & Hodda 1999, Rodriguez et al. 2001, Rodriguez 2004). Σε αυτή τη ζώνη, οι συνθήκες για την ανάπτυξη της μεσοδιαστηματικής πανίδας είναι ιδανικές, καθώς οι πλέον σημαντικοί παράγοντες, η κυκλοφορία του νερού, ο κορεσμός του μεσοδιαστηματικού χώρου σε νερό και οξυγόνο, η διαθέσιμη τροφή, η φυσική σταθερότητα και η απουσία στάσιμων νερών, βρίσκονται σε ισορροπία (Brown & McLachlan 1990). Πάνω από αυτή τη ζώνη η μειοπανίδα συνήθως περιορίζεται λόγω χαμηλής περιεκτικότητας σε νερό, η οποία μπορεί επιπλέον να δημιουργήσει απότομες διαβαθμίσεις πολλών αβιοτικών παραγόντων, όπως θερμοκρασίας ή αλατότητας. Χαμηλότερα από αυτή τη ζώνη, προς την ακτογραμμή, το ίζημα είναι διαρκώς κορεσμένο σε νερό, όμως λόγω της μικρής κυκλοφορίας του το οξυγόνο δεν ανανεώνεται συχνά και βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, περιορίζοντας και πάλι την ανάπτυξη της μειοπανίδας (Brown & McLachlan 1990, Giere 1993). Ωστόσο, δε λείπουν και εργασίες που αναφέρουν διαφορετικά πρότυπα, με ομοιόμορφη κατανομή της μειοπανίδας σε όλο το πλάτος της παραλίας (Harris 1972a) ή ακόμη και υψηλότερες αφθονίες να καταγράφονται στο χαμηλότερο τμήμα της παραλίας (Moore 1979a, Gheskiere et al. 2004). Η κατανομή της μειοπανίδας περιπλέκεται περισσότερο, καθώς οι μειοβενθικοί οργανισμοί εκμεταλλεύονται και τις τρεις διαστάσεις του μεσοδιαστηματικού χώρου με το βάθος τους μέσα στη στήλη του ιζήματος να ξεπερνά πολλές φορές τα 50 cm. Αυτό συμβαίνει σε έντονα δυναμικά περιβάλλοντα όπου ο υδροδυναμισμός αναμοχλεύει ισχυρά το ίζημα και η κυκλοφορία του μεσοδιαστηματικού νερού είναι μεγάλη, με αποτέλεσμα τα οξυγονωμένα ιζήματα να φτάνουν σε μεγάλο βάθος. Σε προστατευμένα όμως περιβάλλοντα όπου το οξυγόνο είναι ο καθοριστικός παράγοντας στην κατακόρυφη κατανομή του μειοβένθους, οι μεσοδιαστηματικοί οργανισμοί συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του ιζήματος κι έτσι η κατανομή τους διαφοροποιείται μόνο στην οριζόντια διάσταση παίρνοντας τη μορφή ζωνών.

Στις αμμώδεις παραλίες, η επίδραση της εποχικότητας στις μειοπανιδικές αφθονίες θα έπρεπε να είναι αξιοσημείωτη (McIntyre 1969, Hicks & Coull 1983,

Heip et al. 1985, Soyer 1985, Coull 1988) με τυπικά αυξημένες αφθονίες τους θερμούς μήνες και χαμηλότερες τους ψυχρούς. Στην πραγματικότητα όμως, η απόκριση της μεσοδιαστηματικής μειοπανίδας απέναντι στις μεταβολές της θερμοκρασίας και της κυματικής δράσης, που σε γενικές γραμμές συνοδεύουν τις αλλαγές των εποχών, είναι συνδυασμένη, με τους μεσοδιαστηματικούς οργανισμούς να μετακινούνται βαθύτερα στο ίζημα και να σημειώνουν μικρότερες αφθονίες το χειμώνα (Harris 1972b, Hulings 1974, Mielke 1976, Feder & Paul 1980, McLachlan 1983). Οι εποχικές μεταβολές όμως δεν είναι ιδιαίτερα εμφανείς στις θερμές περιοχές ενώ μπορεί να είναι περισσότερο περίπλοκες στην υποπαριακική ζώνη (McLachlan 1977a, Emberton 1981).

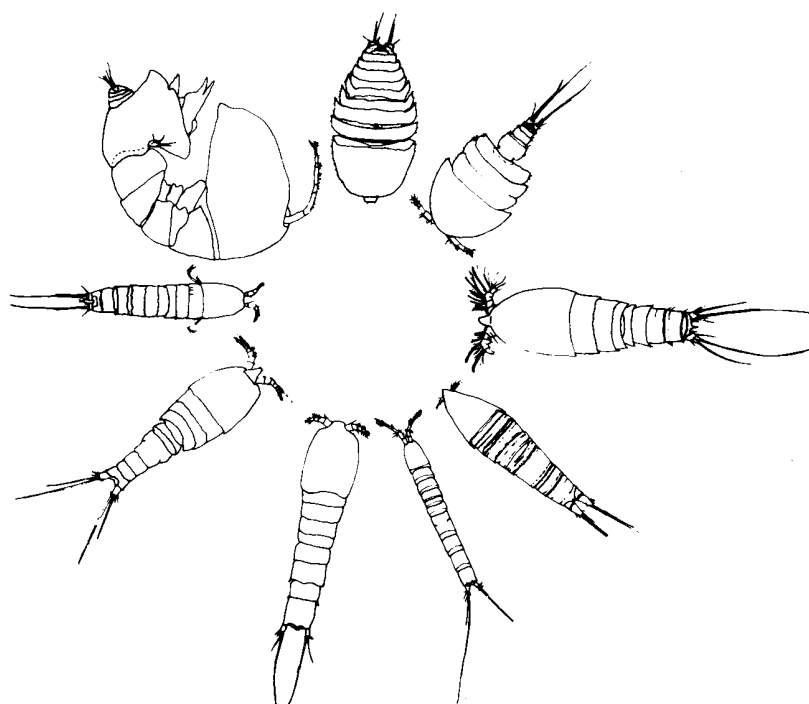
1.5 Μειοβενθικά κωπήποδα

Τα μειοβενθικά κωπήποδα έχουν εποικήσει επιτυχώς τα περισσότερα υδάτινα περιβάλλοντα και συνδέονται με όλες τις μορφές μαλακού υποστρώματος. Απαντώνται σε όλες τις διαβαθμίσεις αλατότητας, από υφάλμυρα μέχρι υπέραλα νερά και κλειστές θάλασσες, και σε όλα τα διαφορετικά θερμοκρασιακά καθεστάτα, από πολικά ύδατα μέχρι θερμοπίδακες και υδροθερμικές πηγές.

Αν και στα βενθικά δείγματα συναντώνται συχνά Κυκλοποειδή Κωπήποδα και κάποιες φορές επιβενθικά είδη Καλανοειδών, η συντριπτική πλειονότητα των μειοβενθικών κωπηπόδων ανήκει στην τάξη των Αρπακτικοειδών. Πρόκειται για το δεύτερο, μετά τους νηματώδεις, πιο άφθονο μειοβενθικό τάξο, του οποίου όμως η κυριαρχία αυξάνει με το μέγεθος των κόκκων της άμμου. Γενικά, το ποσοστό των αρπακτικοειδών κωπηπόδων κυμαίνεται μεταξύ 4 και 95% στα ιζήματα, ενώ μπορεί να αποτελούν το 11–60% του συνόλου του μειοβένθους σε υποστρώματα με βλάστηση (Hicks & Coull 1983), όπου συνήθως κυριαρχούν.

Ένα τυπικό αρπακτικοειδές κωπήποδο έχει γραμμική μορφή με τον κεφαλοθώρακα να είναι ελαφρά πιο φαρδύς από την κοιλιακή περιοχή, ενώ ολόκληρο το σώμα λεπταίνει σταδιακά προς τα πίσω. Ωστόσο, η ποικιλομορφία που εμφανίζουν τα αρπακτικοειδή στο σχήμα σώματος είναι μεγάλη και συνδέεται με τον τύπο υποστρώματος, με τη μορφή τους να κυμαίνεται από πολύ λεπτούς, επιμήκεις σκωληκόμορφους οργανισμούς που έχουν μεσοδιαστηματικό τρόπο διαβίωσης, μέχρι οβάλ, νωτοκοιλιακά πλατυσμένα ζώα που ζουν στην επιφάνεια των ιζημάτων (Εικόνα 1.5.1).

Εκτός από τη σύνδεση της μορφής ενός αρπακτικοειδούς κωπηπόδου με το υπόστρωμα στο οποίο συναντάται, παρατηρείται και μία οριζόντια και κάθετη ζώνωση των ειδών πάνω και μέσα στο ιζήμα. Τα αρπακτικοειδή είναι γενικά γνωστό ότι δεν είναι ανθεκτικά σε αναερόβιες συνθήκες και γι' αυτό περιορίζονται αποκλειστικά στα οξυγονωμένα στρώματα του ιζήματος, συνήθως στο πρώτο εκατοστό σε λασπώδη ιζήματα, αλλά μέχρι και 50 – 100 cm σε αμμώδης παραλίες υψηλής ενέργειας. Μέσα στο ιζήμα, διαφορετικά είδη καταλαμβάνουν συγκεκριμένους ορίζοντες, όμως, αυτή η διαβάθμιση μπορεί να τροποποιείται λόγω μεταβολών διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως είναι η θερμοκρασία, η αλατότητα, η περιεκτικότητα σε νερό και οξυγόνο, καθώς και από διάφορους βιολογικούς παράγοντες όπως είναι ο ανταγωνισμός και οι αναπαραγωγικές απαιτήσεις (Huys et al. 1996). Με τον ίδιο τρόπο, συναθροίσεις αρπακτικοειδών κωπηπόδων εμφανίζουν οριζόντιες ζωνώσεις κατά πλάτος των παραλιών, κατά μήκος διαβαθμίσεων αλατότητας σε εκβολικά συστήματα και βαθυμετρικών κλίσεων στην υποπαλιρροϊκή ζώνη.



Εικόνα 1.5.1. Χαρακτηριστικοί τύποι σχήματος σώματος στα αρπακτικοειδή κωπήποδα. (Από Coull 1977.)

Ο αριθμός των ειδών αρπακτικοειδών και η αφθονία αυτών φαίνεται να είναι σταθερά παγκοσμίως για περιβάλλοντα ίδιου τύπου, παρόλο που τα είδη που βρίσκονται σε κάθε περιοχή είναι μάλλον διαφορετικά. Στη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη,

μία τυπική συνάθροιση βενθικών κωπηπόδων αποτελείται συνήθως από 30 είδη με 5 από αυτά να κυριαρχούν. Στις βιοκοινωνίες φυτικού υποστρώματος η ποικιλότητα των αρπακτικοειδών μπορεί να είναι μεγαλύτερη, όμως υψηλότερη ποικιλότητα έχει καταγραφεί σε μεικτά υποστρώματα ιζήματος – μακροφυκών όπου το ρίζωμα ή/και το φύλλωμα είναι καλυμμένα με ιζήμα (Hicks & Coull 1983) δίνοντας έτσι τη δυνατότητα να αναπτυχθούν τόσο φυτικά όσο και μεσοδιαστηματικά είδη κωπηπόδων.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει διαπιστωθεί πως τα αρπακτικοειδή κωπήποδα αποτελούν βασικό συστατικό της διατροφής των πρώτων σταδίων ανάπτυξης πολλών ψαριών, εκ των οποίων αρκετά είναι σημαντικά για την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών (διάφορα σολομοειδή και γλωσσοειδή) (Hicks & Coull 1983, Gee 1989). Ταυτόχρονα, έχουν θεωρηθεί από πολλούς ένα σημαντικό εργαλείο για την εκτίμηση της επίδρασης της ρύπανσης στις βενθικές κοινωνίες (Raffaelli & Mason 1981, Amjad & Gray 1983, Moore & Bett 1989). Η αριθμητική τους σπουδαιότητα στις μειοβενθικές συναθροίσεις και η οικολογική τους σημασία είναι επομένως εξακριβωμένη. Δεν έχει όμως ακόμη διαπιστωθεί ποιες είναι ακριβώς οι λειτουργικές τους συνδέσεις και συσχετίσεις με φυσικές και βιοτικές συνιστώσες του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, είναι δεδομένο πλέον ότι συγκεκριμένες οικογένειες, γένη ή ακόμη και είδη συνδέονται με συγκεκριμένα περιβάλλοντα. Αυτό όμως που δεν είναι γνωστό είναι οι μηχανισμοί που έχουν οδηγήσει στις παρατηρούμενες κατανομές και στη διατήρηση της εξειδίκευσης απέναντι σε συγκεκριμένους βιότοπους. Έτσι, ενώ υπάρχει αρκετός όγκος δεδομένων και βιβλιογραφίας για την επίδραση πολλών ίδιου τύπου παραγόντων στη δομή της βιοκοινωνίας δε γνωρίζουμε πώς ο κάθε παράγοντας ή συνδυασμός παραγόντων επηρεάζει την σύνθεση των ειδών ή την αφθονία τους. Για να απαντηθούν τέτοιου είδους ερωτήματα, η έρευνα γύρω από τα αρπακτικοειδή κωπήποδα έχει στραφεί τα τελευταία χρόνια σε πειράματα πεδίου και χειρισμού (Palmer & Coull 1980, Fleeger 1986, Kern & Taghon 1986, Souza-Santos et al. 1996, Walters et al. 1996, Thistle 2003). Και καθώς τα αρπακτικοειδή κωπήποδα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα λόγω του μικρού μεγέθους τους, της μεγάλης αφθονίας τους και του μικρού κύκλου ζωής τους, αποτελούν έναν ιδανικό οργανισμό με τη βοήθεια του οποίου μπορούν να απαντηθούν όχι μόνο τα παραπάνω ερωτήματα αλλά και πολλά γενικότερου οικολογικού ενδιαφέροντος.

1.6 Στόχοι της μελέτης

Ένα από τα πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία των αμμωδών παραλιών που τις κάνει ιδιαίτερα ελκυστικές για συγκριτικές και οικολογικές μελέτες είναι το γεγονός ότι παρουσιάζουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά παγκοσμίως. Την ίδια στιγμή όμως μοιράζονται και κοινά προβλήματα εξαιτίας ανθρωπογενών επιδράσεων, αφού το ιδιαίτερα εύθραυστο οικοσύστημά τους είναι μεγάλης οικονομικής σπουδαιότητας. Η αλιεία, ο τουρισμός, η αστικοποίηση, αποτελούν τα μεγαλύτερα από τα προβλήματα των παραλιών, οι οποίες αν και πάντα θα υπάρχουν ως φυσικά όρια μεταξύ της χέρσου και της θάλασσας δεν είναι σίγουρο ότι θα είναι για πάντα λειτουργικές. Έτσι, η 'ορθολογική' διαχείριση των παραλιών γίνεται ολοένα και περισσότερο ένα μείζον θέμα για πολλές χώρες και αναζητούνται κοινές πρακτικές διαχείρισης για να εξασφαλιστεί το μέλλον των παραλιών. Προς αυτή την κατεύθυνση, η ανάπτυξη ερευνητικών προσπαθειών γύρω από την οικολογία των αμμωδών παραλιών που θα δώσουν τις κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση των ευαίσθητων αυτών οικοσυστημάτων κρίνεται πλέον απαραίτητη. Αυτός είναι κι ο λόγος που τα τελευταία χρόνια οι μελέτες που αφορούν στις παραλίες βλέπουν και πάλι νέα ώθηση και ανάπτυξη. Οι περισσότερες από αυτές αφορούν στο θαλάσσιο τμήμα του οικοσυστήματος και εστιάζονται κυρίως στη φτωχότερη μακροπανιδική συνιστώσα (ενδεικτικά αναφέρονται McLachlan 1990, Koukouras & Russo 1991, Defeo et al. 1992, McArdle & McLachlan 1992, Jaramillo & McLachlan 1993, Jaramillo et al. 1993, McLachlan et al. 1993, McLachlan & Jaramillo 1995, McLachlan et al. 1995, Brazeiro & Defeo 1996, McLachlan 1996, McLachlan et al. 1996, Defeo et al. 1997, Gimenez & Yannicelli 1997, Brazeiro 1999, Gimenez 2000, Brazeiro 2001, Defeo & Rueda 2002, Degraer et al. 2003, Lercaria & Defeo 2003).

Όταν ξεκίνησε ο σχεδιασμός της παρούσας διατριβής, η μελέτη της μειοπανίδας στο ιδιαίτερο, σχεδόν απαλιρροϊκό περιβάλλον των περισσότερων ακτών της Μεσογείου περιοριζόταν σε μερικές μόνο εργασίες (Masry 1970, Hulings 1971a, b, Hulings 1974, Gowing & Hulings 1976, Hulings & Gray 1976, Hummon 1990, Hummon et al. 1990, Lampadariou 1993, Covazzi et al. 2000), ενώ ο Koukouras (1979) μελετώντας την μακροπανίδα της μεσοπαραλιακής ζώνης του Βορείου Αιγαίου είχε παρουσιάσει κάποια αποτελέσματα που αφορούν στα μεγαλύτερα άτομα (>500μm) ορισμένων μειοβενθικών ομάδων (νηματώδεις, στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες). Οι περισσότερες από αυτές τις εργασίες αποτελούν προσπάθειες μίας

πρώτης καταγραφής της μειοπανίδας στα διαφορετικά αυτά περιβάλλοντα, ενώ η προσέγγιση γινόταν κυρίως στο επίπεδο των κύριων ταξινομικών ομάδων. Στα επόμενα χρόνια που ακολούθησαν και μέσα από τις ερευνητικές δραστηριότητες του Εργαστηρίου Θαλάσσιας Οικολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης, παρουσιάστηκε μία ακόμη συνδυαστική μελέτη (Rieder 2001, Stobbe 2001) ως μία πρώτη προσέγγιση της δυναμικής του οικοσυστήματος των αμμωδών παραλιών της Κρήτης, ενώ σε μία πολύ πρόσφατη εργασία για τη νηματοπανίδα δύο παραλιών περιλαμβάνεται μία αμμώδης παραλία της Ιταλίας (Gheskiere et al. 2005). Ωστόσο, η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη στη Μεσόγειο που σχεδιάστηκε με σκοπό να εξετάσει την οικολογία του μειοβένθους και των κωπηπόδων των αμμωδών παραλιών μέσα από τη δυναμική των εποχικών και χωρικών μεταβολών τους.

Συγκεκριμένα, η παρούσα διατριβή μέσα από μία σειρά ελέγχων υποθέσεων προσπάθησε να δώσει απαντήσεις στα ακόλουθα ερωτήματα:

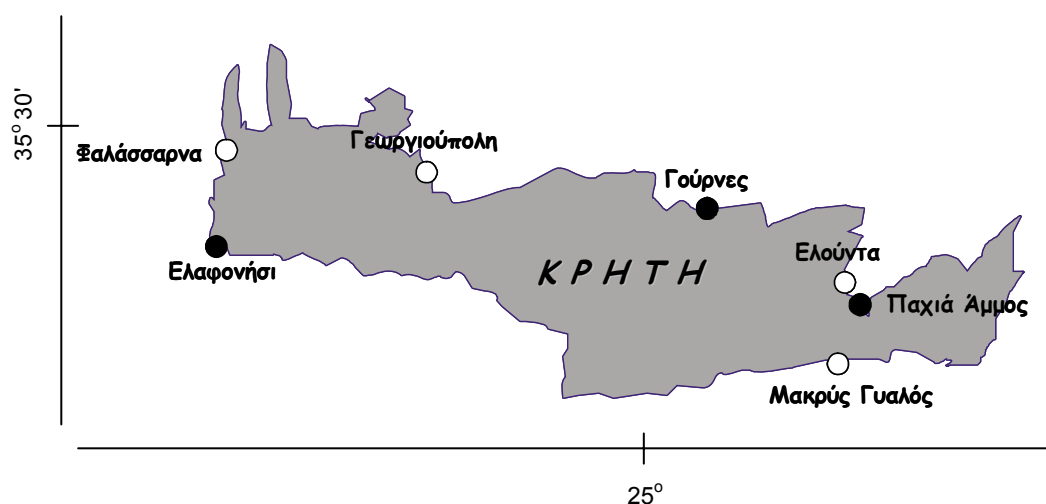
- Ποια είναι η ποιοτική και ποσοτική σύνθεση της μειοπανίδας και των μειοβενθικών κωπηπόδων σε πρακτικά απαλιρροϊκές αμμώδεις παραλίες;
- Υπάρχουν αναγνωρίσιμα εποχικά πρότυπα μεταβολής των μειοβενθικών πληθυσμών;
- Πώς μεταβάλλεται χωρικά η μειοπανίδα κατά πλάτος μιας ακτής;
- Πώς κατανέμεται η μειοπανίδα στη στήλη του ιζήματος;
- Υπάρχουν διαφορές στις μειοβενθικές συναθροίσεις μεταξύ παραλιών διαφορετικού τύπου;
- Ποια είναι τα πρότυπα πανιδικών ζωνώσεων με βάση τη συναθροίση των βενθικών κωπηπόδων και ποια είναι η συνάφεια αυτών με τα ήδη υπάρχοντα;
- Πως μεταβάλλεται η ποικιλότητα των βενθικών κωπηπόδων στο χώρο και στο χρόνο;
- Ποιοι φυσικοί παράγοντες καθορίζουν την κατανομή του μειοβένθους στο δυναμικό περιβάλλον των αμμωδών παραλιών;

Κεφάλαιο 2. Υλικά & Μέθοδοι

2.1 Σχεδιασμός μελέτης

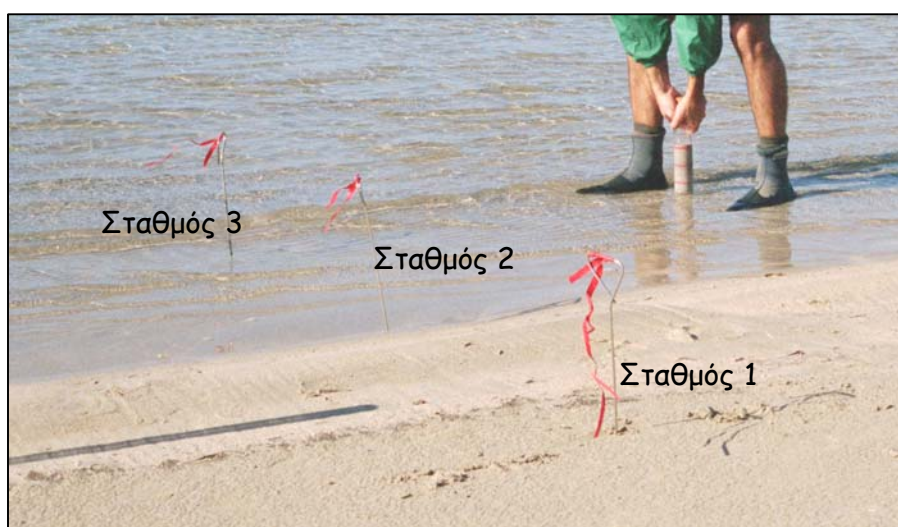
Ο σχεδιασμός και η στρατηγική της συλλογής δειγμάτων σε μία μελέτη στηρίζονται στα επιστημονικά ερωτήματα που τίθενται, όμως σε μεγάλο βαθμό αποτελούν ένα συμβιβασμό μεταξύ της επιστημονικής ακρίβειας, του διαθέσιμου χρόνου και του συνολικού κόστους της μελέτης. Το γεγονός ότι ένας από τους βασικούς στόχους της μελέτης ήταν η διερεύνηση του εποχικού χαρακτήρα της δυναμικής του μειοβένθους καθόρισε ευθύς εξ' αρχής τη συχνότητα των δειγματοληψιών σε 13 μηνιαίες, περιορίζοντας έτσι τη μελέτη σε ένα μικρό αριθμό αμμωδών παραλιών και σε ένα συγκεκριμένο αριθμό σταθμών ανά παραλία

Καθοριστικοί παράγοντες για την επιλογή των παραλιών που εντάχθηκαν στο ερευνητικό πλάνο ήταν αρχικά ο τύπος της παραλίας, η γεωγραφική θέση, η ευκολία πρόσβασης, ο τύπος του υποστρώματος και η τουριστική πίεση που δέχονταν. Σημαντικό ρόλο έπαιξε όμως και η πυκνότητα που παρουσίαζαν σε αυτές η μειοπανίδα και τα αρπακτικοειδή κωπήποδα ειδικότερα, έτσι όπως εκτιμήθηκε από προκαταρκτικές δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν σε παραλίες κινητού υποστρώματος περιμετρικά της Κρήτης κατά το χρονικό διάστημα 6/6/2000 – 10/3/2001 (Εικόνα 2.1.1).



Εικόνα 2.1.1. Γεωγραφική θέση δικτύου παραλιών προκαταρκτικών δειγματοληψιών. Με μαύρο κύκλο σημειώνονται οι τρεις παραλίες που εντάχθηκαν στο 13-μηνών δειγματοληπτικό πλάνο μελέτης.

Η συνεκτίμηση αυτών των παραγόντων οδήγησε λοιπόν στην επιλογή αρχικά τριών αμμωδών παραλιών, του Ελαφονησίου, της Παχιάς Άμμου και των Γουρνών (πρώην Αμερικανική Βάση). Η μελέτη όμως περιορίστηκε τελικά στις δύο πρώτες παραλίες, καθώς εξαιτίας των ισχυρών ανέμων και των έντονων καιρικών συνθηκών που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών, η παραλία των Γουρνών στη θέση μελέτης είχε εξαφανιστεί κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ενώ το υπόστρωμα της ήταν σημαντικά τροποποιημένο στις περιόδους εκείνες που υπήρχε παραλία έστω και μικρού πλάτους.



Εικόνα 2.1.2. Θέση σταθμών δειγματοληψίας στη μεσοπαραλιακή ζώνη.

Οι δειγματοληψίες σε κάθε παραλία πραγματοποιήθηκαν κατά μήκος μίας διατομής, η οποία βρισκόταν στην πιο προστατευμένη βόρεια θέση στην ετερογενή παραλία του Ελαφονησίου και 100 m ανατολικά της προβλήτας στην παραλία της Παχιάς Άμμου, η οποία εκτιμήθηκε ότι δεν εμφάνιζε κατά μήκος ετερογένεια. Η διατομή εκτεινόταν μεταξύ της μεσοπαραλιακής και της κοντινής (nearshore) υποπαραλιακής ζώνης και περιελάμβανε 3 σταθμούς στη μεσοπαραλιακή ζώνη και έναν στην υποπαραλιακή. Οι σταθμοί στη μεσοπαραλιακή ζώνη καθορίζονταν κάθε φορά από τη θέση της ακτογραμμής και ανήκαν πάντα στη ζώνη διαβροχής. Ο σταθμός 2 βρισκόταν στη νοητή γραμμή της ακτογραμμής ενώ οι σταθμοί 1 και 3 βρίσκονταν σε απόσταση ενός μέτρου εκατέρωθεν του σταθμού 2 (Εικόνα 2.1.2). Στις παραλίες μελέτης, η απουσία, ουσιαστικά, παλίρροιας έχει σαν αποτέλεσμα τα φυσικά όρια των ζωνών υγρασίας που έχουν προταθεί από διάφορους ερευνητές κι αναφέρονται σε προηγούμενη ενότητα (Ενότητα 1.3) να καθορίζονται από τον

κυματισμό, με τη ζώνη διαβροχής να αντικαθιστά στην πραγματικότητα τη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη. Είναι επόμενο λοιπόν, οι διαφορετικές φυσικές ζωνώσεις να μεταβάλλονται και να μετατοπίζονται απεριοδικά από μέρα σε μέρα εξαιτίας μετεωρολογικών αλλαγών κι αντίστοιχα να μεταβάλεται και η κατανομή των ειδών ως αποτέλεσμα της φυσικής διατάραξης και της επακόλουθης μεταβολής του φυσικού περιβάλλοντος. Σε γενικές γραμμές όμως, μπορούμε να ισχυριστούμε πως οι τρεις πρώτοι σταθμοί σε κάθε παραλία αντιπροσωπεύουν τις τρεις κύριες ζώνες όπου αναμένεται να συναντήσουμε μειοπανίδα στο μεσοπαλιρροϊκό κομμάτι της παραλίας, δηλαδή στη ζώνη κατακράτησης, τη ζώνη συνεχούς ροής και τη ζώνη κορεσμού. Ο υποθαλάσσιος σταθμός 4 της υποπαραλιακής ζώνης βρισκόταν πάντοτε σε βάθος 1 m.

2.2 Περιοχές μελέτης

Η ακτογραμμή της Κρήτης ξεπερνά τα 800 km παρουσιάζοντας μεγάλη ποικιλομορφία τόσο στη μορφολογία των ακτών όσο και στον τύπο των παραλιών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούμε να μιλήσουμε για ένα μόνο χαρακτηριστικό τύπο παραλίας για ολόκληρο το νησί. Όλες όμως οι παραλίες, όπως άλλωστε το μεγαλύτερο ποσοστό των μεσογειακών παραλιών, παρουσιάζουν το κοινό χαρακτηριστικό του πολύ μικρού εύρους παλίρροιας. Στις παραλίες αυτές οι κύριοι παράγοντες που επιδρούν είναι ο κυματισμός, οι άνεμοι και τα ρεύματα οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές αλλαγές στη στάθμη του νερού.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η μελέτη περιορίστηκε τελικά σε δύο παραλίες της Κρήτης, το Ελαφονήσι και την Παχιά Άμμο, με αντιδιαμετρική γεωγραφική θέση και κοινό χαρακτηριστικό το αμμώδες υπόστρωμα.

2.2.1 Ελαφονήσι

Η αμμώδης αυτή παραλία, σε απόσταση 76 χιλιομέτρων από τα Χανιά, βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο της Κρήτης κι έχει αντίστοιχο προσανατολισμό ($35^{\circ} 27' \text{ B} - 23^{\circ} 54' \text{ A}$) (Εικόνα 2.2.1). Το Ελαφονήσι, με μήκος περίπου 1250 μέτρα, είναι μία παραλία μεγάλου πλάτους, το οποίο χωρίς να ξεπερνά σε κανένα σημείο τα 100 μέτρα παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές σε όλο το μήκος της παραλίας. Ως προς το υπόστρωμα και την κλίση όμως, η παραλία είναι ομοιόμορφη και χαρακτηρίζεται από μέτρια-λεπτή άμμο και ομαλή κλίση μικρότερη από 3° . Σε απόσταση μερικών

δεκάδων μέτρων από την ακτή βρίσκεται το μικρό νησί Ελαφονήσι το οποίο παρέχει σε μεγάλο κομμάτι της παραλίας σημαντική προστασία από τον υδροδυναμισμό. Έτσι, ο κυματισμός είναι ουσιαστικά ανύπαρκτος καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, ενώ στο νοτιότερο κομμάτι της παραλίας που δεν προστατεύεται από το νησί ο κυματισμός θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ήπιος στη διάρκεια κακών καιρικών συνθηκών. Η παρουσία του νησιού έχει ακόμη ως αποτέλεσμα την ύπαρξη αβαθών νερών (<1,5 m) μεταξύ της παραλίας και του νησιού. Στην ευρύτερη περιοχή του Ελαφονησίου επικρατούν κυρίως ισχυροί δυτικοί άνεμοι οι οποίοι γίνονται νότιοι τους χειμερινούς μήνες.



Εικόνα 2.2.1. Πανοραμική άποψη από την παραλία στο Ελαφονήσι.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της παραλίας είναι η παρουσία φυσικών αμμοθινών με χαμηλή βλάστηση από αρμυρίκια, που δημιουργούν ένα τοπίο μοναδικής ομορφιάς, δίνοντας επιπλέον ένα σημαντικό λόγο για να συμπεριληφθεί ο συγκεκριμένος βιότοπος στο δίκτυο NATURA 2000. Η παραλία όμως αποτελεί και ένα από τα βασικά φυσικά αξιοθέατα της Κρήτης, συγκεντρώνοντας χιλιάδες τουρίστες κατά τη διάρκεια της μεγάλης καλοκαιρινής τουριστικής περιόδου (Εικόνα 2.2.2).



Εικόνα 2.2.2. Το Ελαφονήσι το καλοκαίρι του 2002.

2.2.2 Παχιά Άμμος

Η παραλία της Παχιάς Άμμου (Εικόνα 2.2.3) βρίσκεται 15 περίπου χιλιόμετρα ανατολικά του Αγίου Νικολάου, στη νοτιότερη γωνία του Κόλπου Μιραμπέλλου ($35^{\circ} 06' B - 25^{\circ} 48' A$). Το μήκος της φτάνει το 1 χιλιόμετρο ενώ το πλάτος της δεν ξεπερνά τα 70 μέτρα. Ο προσανατολισμός της είναι βόρειος-βορειοανατολικός και σε ολόκληρο το μήκος της εκτίθεται στους συχνά πολύ ισχυρούς βόρειους και βορειοδυτικούς ανέμους που επικρατούν στην περιοχή. Παρόλο που βρίσκεται στο εσωτερικότερο σημείο του κόλπου, η παραλία φαίνεται να επηρεάζεται από την πολύ κοντινή παρουσία του μόνιμου κυκλώνα που υπάρχει στην ανατολική-κεντρική περιοχή του Κρητικού Πελάγους, καθώς ισχυρά ρεύματα αποθέτουν μεγάλο όγκο σκουπιδιών στην παραλία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου (Εικόνα 2.2.4). Στο δυτικό άκρο της παραλίας υπάρχει ένα μικρό λιμανάκι ανοικτό προς τα ανατολικά, το οποίο παρέχει προστασία από τους ανέμους. Ωστόσο, η Παχιά Άμμος είναι μία εκτεθειμένη παραλία με ελαφρύ ως μέτριο κυματισμό, που όταν όμως οι καιρικές συνθήκες είναι θυελλώδεις τότε τα κύματα ξεπερνούν το 1 μέτρο σε ύψος.

Στο μεγαλύτερο μέρος της η παραλία είναι ομοιόμορφη με ομαλή κλίση μικρότερη από 3° και υπόστρωμα μέτριας άμμου. Στο ανατολικότερο όμως άκρο της τα ιζήματα είναι αδρότερα (λεπτό χαλίκι). Στην παραλία δεν παρατηρείται έντονη

τουριστική κίνηση, αφού ο αριθμός του εγχώριου κυρίως τουρισμού είναι μικρός και περιορίζεται σε λίγους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούλιος – Σεπτέμβριος).



Εικόνα 2.2.3. Η παραλία στην Παχιά Άμμο.



Εικόνα 2.2.4. Διαφορετική άποψη της παραλίας στην Παχιά Άμμο.

2.3 Δειγματοληψίες

Στις περισσότερες οικολογικές μελέτες η τεχνική δειγματοληψίας είναι αποφασιστικής σημασίας για την ποιότητα της απάντησης που θα λάβουμε και σχεδόν πάντα απαιτούνται ακριβή ποσοτικά δείγματα. Δυστυχώς, η αποτελεσματικότητα των περισσότερων τεχνικών δεν έχει μελετηθεί πολύ καλά, όμως διαρκώς γίνονται προσπάθειες για να κατανοηθούν τα σφάλματα που προκύπτουν από χρήση συγκεκριμένων δειγματοληπτών και για να κατασκευαστεί νέος εξοπλισμός που θα συλλέγει όσο το δυνατό καλύτερα δείγματα.

2.3.1 Δειγματολήπτης

Η καλύτερη ποσοτική δειγματοληψία ιζημάτων για μειοβενθικές μελέτες γίνεται με πυρηνοδειγματολήπτες (corers) (Fleeger et al. 1988). Αυτοί είναι κατασκευές γνωστής επιφάνειας, συνήθως κυλινδρικοί, οι οποίοι φτιάχνονται από σωλήνες από οποιοδήποτε άκαμπτο υλικό, κυρίως όμως από πλεξιγκλάς που επιτρέπει να φαίνεται ο πυρήνας ιζήματος. Έχουν λεία εσωτερική επιφάνεια και λαξευμένο κατώτερο άκρο για να επιτρέπεται η εύκολη εισχώρηση στο ίζημα, ενώ η διάμετρος ποικίλει ανάλογα με την ταξινομική ομάδα και τους σκοπούς μελέτης.

Όταν χρησιμοποιούνται με προσοχή, οι πυρηνοδειγματολήπτες είναι εξαιρετικοί δειγματολήπτες γιατί συλλέγουν δείγματα γνωστής επιφάνειας ή όγκου με όλα τα βάρη να αντιπροσωπεύονται εξ ίσου και ταυτόχρονα συλλαμβάνονται όλα τα ζώα που βρίσκονταν εκεί αμέσως πριν τη συλλογή του δείγματος. Τρία είναι τα κύρια προβλήματα που εμφανίζονται με τη χρήση πυρηνοδειγματοληπτών: (α) μείωση της αφθονίας λόγω δημιουργίας ωστικού κύματος, (β) επίδραση στην εκτίμηση των πληθυσμιακών παραμέτρων λόγω αλληλεπίδρασης του μεγέθους του δειγματολήπτη με τη μωσαϊκότητα στην κατανομή που εμφανίζει η μειοπανίδα και (γ) βράχυνση του πυρήνα ιζήματος εξαιτίας της συμπίεσης του ιζήματος.

Στην πρώτη περίπτωση, το ωστικό κύμα που δημιουργείται καθώς ο πυρηνοδειγματολήπτης πλησιάζει το ίζημα παρασύρει και αφήνει εκτός δείγματος τους οργανισμούς που βρίσκονται στην επιφάνεια, με αποτέλεσμα να υπάρχει σφάλμα στις μετρήσεις αφθονίας. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να περιοριστεί στο ελάχιστο αν οι πυρήνες ιζήματος συλλέγονται με αργό ρυθμό και προσεκτικά.

Η κατανομή της μειοπανίδας είναι γνωστό ότι εμφανίζει μωσαϊκότητα και το μέγεθος του πυρηνοδειγματολήπτη μπορεί να είναι καθοριστικό για το πρότυπο

κατανομής που θα διαβάσουμε και την πυκνότητα που θα μετρήσουμε. Γενικά, πολλοί και μικρού μεγέθους πυρήνες δίνουν πιο ακριβή αποτελέσματα από λίγους και μεγάλους (Findlay 1982). Ωστόσο, υπάρχει περιορισμός στο πόσο μικρός μπορεί να είναι ένας πυρηνοδειγματολήπτης αφού θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος ώστε ο λόγος της επιφάνειας που καταλαμβάνει ένας οργανισμός προς την επιφάνεια του δείγματος να μην ξεπερνά το 0,05 (Green 1979) και συνίσταται η επιφάνεια να μην είναι μικρότερη από 10 cm² (Wells 1971).

Βράχυνση των πυρήνων ιζήματος μπορεί να συμβεί κατά την εισχώρηση του πυρηνοδειγματολήπτη στο υπόστρωμα, οπότε και η τριβή μεταξύ των τοιχωμάτων του δειγματολήπτη και του ιζήματος συμπιέζει το περιεχόμενο με αποτέλεσμα ο όγκος του πυρήνα να μην εκφράζει τον όγκο του ιζήματος που επρόκειτο να συλλεχθεί. Επιπλέον, κάποιοι οργανισμοί μεταφέρονται κατά μήκος των τοιχωμάτων από τα επιφανειακά στρώματα σε βαθύτερα καθώς ο δειγματολήπτης εισχωρεί στο ίζημα κι έτσι μεταβάλλεται το κατακόρυφο προφίλ κατανομής των οργανισμών. Τα δύο αυτά συσχετιζόμενα προβλήματα εμφανίζονται λιγότερο σε αμμώδη ιζήματα και ιζήματα με χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό, ενώ διαφορετικά μπορούν να περιοριστούν αυξάνοντας το μέγεθος του δειγματολήπτη και εισάγοντάς τον χειροκίνητα μέσα στο ίζημα.

Για να περιορίσουμε στο ελάχιστο τα πιθανά προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση πυρηνοδειγματολήπτη και με βάση την πυκνότητα της μειοπανίδας έτσι όπως καταγράφηκε στις προκαταρκτικές δειγματοληψίες, οι πυρηνοδειγματολήπτες από πλεξιγκλάς που κατασκευάστηκαν για τους σκοπούς της μελέτης είχαν διάμετρο 4,4 cm, αρχικά ξεπερνούσαν τα 40 cm σε μήκος και η εισχώρησή τους στο ίζημα γινόταν πάντοτε χειροκίνητα και με αργό, ήρεμο ρυθμό.

2.3.2 Εργασίες πεδίου

Οι δεκατρείς δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν μέσα στο διάστημα Μάιος 2001 – Ιούνιος 2002 επαναλαμβάνονταν μηνιαίως, όμως πολλές φορές οι κακές καιρικές συνθήκες, οι υποχρεώσεις της ομάδας εργασίας καθώς και η μη διαθεσιμότητα του κατάλληλου μεταφορικού μέσου οδήγησαν στην απόκλιση των δειγματοληψιών από τη μηνιαία βάση (Πίνακας 2.3.1).

Σε κάθε δειγματοληψία και παραλία καταγράφονταν αρχικά κάποιες γενικές παρατηρήσεις σχετικές με τις καιρικές συνθήκες (άνεμοι, κυματισμός, ηλιοφάνεια) και την κατάσταση της παραλίας αναφορικά κυρίως με την τουριστική κίνηση και την

παρουσία φυκιών ή/και σκουπιδιών στη ζώνη των σταθμών μελέτης. Επιπλέον πληροφορίες που συγκεντρώνονταν ήταν το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα στο σταθμό 1 και το εύρος της ζώνης διαβροχής. Στη συνέχεια, ακολουθήσαμε ένα πρωτόκολλο εργασιών για να συλλέξουμε τα απαραίτητα δείγματα και μετρήσεις.

Πίνακας 2.3.1. Χρονοδιάγραμμα δειγματοληψιών.

	Παραλία	
	Ελαφνήσι	Παχιά Άμμος
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	26/5/2001	31/5/2001
	23/6/2001	25/6/2001
	1/8/2001	3/8/2001
	13/9/2001	14/9/2001
	6/10/2001	7/10/2001
	8/11/2001	9/11/2001
	3/12/2001	8/12/2001
	12/1/2002	17/1/2002
	16/2/2002	19/2/2002
	16/3/2002	20/3/2002
	22/4/2002	24/4/2002
	25/5/2002	21/5/2004
	29/6/2002	20/6/2002

2.3.2.1 Συλλογή δειγμάτων

Κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών συλλέγονταν από κάθε σταθμό κάθε παραλίας πέντε επαναληπτικά δείγματα ιζήματος, τρία για πανιδική ανάλυση και δύο για μετρήσεις περιβαλλοντικών παραμέτρων. Οι μειοβενθικοί οργανισμοί, όπως είναι γνωστό, ζουν σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον και έτσι εκτός από την οριζόντια διάσταση υπάρχει και η κατακόρυφη μέσα στο ιζημα. Έτσι, οι πυρήνες ιζήματος λαμβάνονταν μέχρι βάθους 30 cm και διαχωρίζονταν σε 6 κάθετα τμήματα των 5 cm ώστε να μελετηθεί η κατακόρυφη κατανομή της μειοπανίδας. Καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό των μειοβενθικών οργανισμών συγκεντρώνονταν στα 20 πρώτα εκατοστά του ιζήματος και για να μειωθεί ο μεγάλος όγκος των προς ανάλυση δειγμάτων, τα δύο τελευταία κλάσματα του ιζήματος αναλύθηκαν μόνο για τέσσερις δειγματοληπτικές περιόδους (Ιούνιος '01, Οκτώβριος '01, Γενάρης '02, Απρίλης '02) ώστε να έχουμε μία ένδειξη της βαθύτερης κατακόρυφης κατανομής για τις διαφορετικές εποχές. Μετά το διαχωρισμό των κάθετων τμημάτων, το ιζημα των πυρήνων που προοριζόταν για πανιδική ανάλυση τοποθετούνταν σε κατάλληλα δοχεία με ετικέτες που έφεραν τους κωδικούς των δειγμάτων. Στα δοχεία γινόταν προσθήκη διαλύματος $MgCl_2$ 6% για διάστημα 15 λεπτών με σκοπό την αναισθητοποίηση των οργανισμών. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη αφού με

αυτό τον τρόπο οι οργανισμοί «χαλαρώνουν» και αποκολλούνται από τους κόκκους του ιζήματος πάνω στους οποίους συγκρατούνται ισχυρά με διάφορα εξαρτήματα (τριχίδια, ουρές κτλ) και έτσι ο διαχωρισμός τους αργότερα από το ίζημα είναι ευκολότερος. Μετά την πάροδο των 15 λεπτών, τα δείγματα στερεώνονταν με διάλυμα φορμόλης 4%. Τα κλάσματα ιζήματος που προορίζονταν για μετρήσεις περιβαλλοντικών παραμέτρων στο εργαστήριο τοποθετούνταν σε αδιαφανείς σακούλες που έφεραν τις απαραίτητες ετικέτες κωδικών των δειγμάτων και στη συνέχεια φυλάσσονταν σε φορητό ψυγείο μέχρι την επιστροφή στις εγκαταστάσεις του Πανεπιστημίου και τη φύλαξη στους -20°C .

2.3.2.2 Μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία θεωρείται από όλους μία από τις σπουδαιότερες περιβαλλοντικές παραμέτρους. Στα ιζήματα, το κατά πόσο η θερμοκρασία μεταβάλλεται απότομα ή όχι εξαρτάται από τη διαπερατότητα αυτών. Σε μικρής διαπερατότητας, κορεσμένα παλιρροϊκά και παραλιακά ιζήματα η επιφάνεια μπορεί να παρουσιάζει πολύ διαφορετική θερμοκρασία από τα βαθύτερα στρώματα, με ιδιαίτερα μεγάλες αποκλίσεις το καλοκαίρι λόγω της μεγαλύτερης υγρασίας στα βαθύτερα στρώματα. Στην υποπαραλιακή ζώνη όμως, η θερμοκρασία παρουσιάζει ομαλή και μικρή διαβάθμιση έχοντας αμελητέα επίδραση στη μειοπανίδα (Giere 1993).

Η θερμοκρασία μετριόταν σε κάθε δειγματοληψία στην επιφάνεια κάθε σταθμού, σε κάθε κλάσμα ιζήματος των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης, στον υδροφόρο ορίζοντα του σταθμού 1 και στη στήλη του νερού στο σταθμό 4 με θερμομόετρο ακριβείας ενός δεκαδικού ψηφίου.

Αλατότητα

Στις παραλίες παρατηρείται συνήθως μία απότομη οριζόντια και κάθετη διαβάθμιση της αλατότητας, η οποία εξαρτάται όπως και με την περίπτωση της θερμοκρασίας από τη διαπερατότητα του ιζήματος. Σε λασπώδεις παραλίες όπου το ίζημα είναι κορεσμένο σε νερό αλλά η κατακόρυφη ανταλλαγή νερού είναι περιορισμένη, η αλατότητα στην επιφάνεια μπορεί να είναι πολύ αυξημένη σε σχέση με τα βαθύτερα στρώματα λόγω εξάτμισης, ενώ μετά από κάποια ισχυρή βροχόπτωση μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Αντίθετα, σε παραλίες με αδρότερο ίζημα οι μεταβολές

της αλατότητας λόγω καιρικών συνθηκών παρατηρούνται σε πολύ μεγαλύτερα βάθη στην κολώνα του ιζήματος (περίπου 30 cm) (Giere 1993).

Μηνιαίες μετρήσεις αλατότητας γίνονταν για το μεσοδιαστηματικό νερό κάθε κλάσματος ιζήματος των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης, για τον υδροφόρο ορίζοντα του σταθμού 1 καθώς και για τη στήλη του νερού με χρήση διαθλασίμετρου ακρίβειας 1%. Πολλές φορές όμως δεν ήταν δυνατή η λήψη μεσοδιαστηματικού νερού από το σταθμό 1 λόγω της μεγάλης ξηρότητας που εμφάνιζε. Για τη συλλογή δειγμάτων μεσοδιαστηματικού νερού χρησιμοποιήθηκε μία απλή κατασκευή, η οποία αποτελούνταν από λεπτό μεταλλικό σωλήνα στο ανώτερο άκρο του οποίου συνδέονταν σύριγγα χωρητικότητας 50 ml. Στο αντίθετο και οξύληκτο άκρο του σωλήνα είχαν δημιουργηθεί πολλοί μικροί πόροι ώστε να επιτρέπεται η είσοδος νερού αλλά όχι και άμμου. Το ελεύθερο άκρο του σωλήνα εισχωρούσε στο ίζημα μέχρι το μέσο κάθε κλάσματος και στη συνέχεια με τη βοήθεια της σύριγγας γινόταν αναρρόφηση μεσοδιαστηματικού νερού.

Δυναμικό οξειδοαναγωγής

Η συνολική αναγωγική ή οξειδωτική ικανότητα στο ίζημα μπορεί να μετρηθεί με το δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh), το οποίο αντικατοπτρίζει μέχρι ενός βαθμού τις συνθήκες οξυγόνωσης του μεσοδιαστηματικού νερού. Στο πεδίο, οι μετρήσεις του δυναμικού οξειδοαναγωγής κυμαίνονται συνήθως μεταξύ +550 και -300 mV και συνήθως παρατηρείται μία κάθετη ζώνη απότομης μετάβασης από θετικές σε αρνητικές τιμές, το στρώμα Ασυνέχειας Δυναμικού Οξειδοαναγωγής (ΑΔΟ). Στις αμμώδεις ακτές, το στρώμα αυτό βρίσκεται σε κάποιο βάθος αρκετών εκατοστών, ενώ στους λασπώδεις βυθούς συναντάται μόνο μερικά χιλιοστά κάτω από την επιφάνεια του ιζήματος (1 – 2 mm). Ανάλογα με τις ημερήσιες μεταβολές της θερμοκρασίας και τις συνθήκες φωτεινότητας που επηρεάζουν τη δραστηριότητα των διατόμων, το στρώμα ΑΔΟ μπορεί περιοδικά να αλλάζει θέση.

Η μέτρηση του Eh γινόταν σε κάθε κλάσμα ιζήματος όλων των σταθμών μελέτης, βυθίζοντας το ηλεκτρόδιο στο μέσο κάθε κλάσματος. Πριν από την πρώτη μέτρηση σε κάθε σταθμό, το ηλεκτρόδιο υποβαλλόταν σε ρύθμιση με ρυθμιστικό διάλυμα Zobell (Zobell 1946). Στη συνέχεια, και προκειμένου να αποκτηθούν οι συμβατικές τιμές Eh, οι οποίες αναφέρονται πάντα στο πρότυπο ηλεκτρόδιο υδρογόνου, οι μετρήσεις διορθώνονταν με την προσθήκη της τιμής +211 mV.

2.3.2.3 Προφίλ παραλίας

Στο τέλος κάθε δειγματοληψίας καταγράφονταν οι μεταβολές στην κλίση και το πλάτος της παραλίας καθώς και η θέση των σταθμών μελέτης με την αποτύπωση του προφίλ της παραλίας κατά μήκος της διατομής των σταθμών και με αφετηρία σε κάθε δειγματοληψία το ίδιο σταθερό σημείο. Για την παραλία του Ελαφονησίου το σταθερό αυτό σημείο αντιστοιχούσε στο πλησιέστερο στην ακτογραμμή επίπεδο βλάστησης, ενώ στην Παχιά Άμμο ήταν ο πεζόδρομος που βρισκόταν κατά μήκος της παραλίας.

Αρχικά, με τη βοήθεια μετροταινίας σημειώνονταν συγκεκριμένες θέσεις μεταξύ του σταθερού σημείου και των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης, οι οποίες αντιστοιχούσαν σε σημεία όπου φαινόταν να μεταβάλλεται η κλίση της παραλίας. Στη συνέχεια, με χρήση χωροβάτη και σταδίας καταγραφόταν η υψομετρική διαφορά κάθε προσημειωμένης θέσης από το σταθερό σημείο, ξεκινώντας από την κοντινότερη ως προς το σταθερό σημείο θέση και φτάνοντας μέχρι τον τελευταίο σταθμό της μεσοπαραλιακής ζώνης.

2.4 Βαθμός έκθεσης και τύπος παραλίας

Ένα σημαντικό πρόβλημα που εμφανίζεται όταν κανείς διαβάζει εργασίες που αφορούν στην οικολογία των αμμωδών παραλιών είναι να αντιληφθεί τι εννοούν οι διαφορετικοί συγγραφείς με όρους όπως προστατευμένη, εκτεθειμένη, χαμηλής και υψηλής ενέργειας παραλία. Το όριο που διαχωρίζει τις εκτεθειμένες από της προστατευμένες παραλίες δεν είναι και τόσο ευκρινές ενώ το κατά πόσο οι χαρακτηρισμοί «εκτεθειμένη» και «υψηλής ενέργειας» είναι συνώνυμοι δεν είναι σαφές. Γενικά, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως ο χαρακτηρισμός των παραλιών ακόμη και σήμερα είναι υποκειμενικός αφού την παραλία που ένας Βρετανός ερευνητής θα χαρακτήριζε εκτεθειμένη ένας Αυστραλός θα μπορούσε κάλλιστα να την εντάξει στις προστατευμένες παραλίες.

Για να αποφύγουμε τέτοιου είδους προβλήματα αλλά και για να μπορέσουμε να κατατάξουμε τις παραλίες μελέτης στο σύνολο των παραλιών, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα κατάταξης που πρότεινε ο McLachlan (1980a). Πρόκειται για ένα απλό σύστημα κατάταξης με βαθμούς, του οποίου το πλεονέκτημα είναι ότι ο βαθμός έκθεσης μιας παραλίας εκτιμάται λαμβάνοντας υπόψη πολλές διαφορετικές παραμέτρους. Γι' αυτό το λόγο ο χαρακτηρισμός των παραλιών θεωρείται

περισσότερο αντικειμενικός και χρησιμοποιείται πλέον στις περισσότερες αν όχι σε όλες τις μελέτες που αφορούν σε παραλίες.

Πίνακας 2.4.1. Εύρος βαθμολογίας κάθε παραμέτρου που συμμετέχει στο σύστημα κατάταξης McLachlan. (Τροποποιημένο από McLachlan 1980a.)

Παράμετρος	Εύρος βαθμών
Κυματισμός	0 - 4
Πλάτος ζώνης απόσβεσης (εφόσον οι βαθμοί για τον κυματισμό υπερβαίνουν το 1)	0 - 2
% πολύ λεπτής άμμου (62 - 125 μ m)	0 - 2
Μέση διάμετρος κόκκων ιζήματος (μ m)	0 - 7
Κλίση παραλίας	
Βάθος αναγωγικών στρωμάτων στο ίζημα (cm)	0 - 4
Παρουσία ζώων με σταθερές φωλιές στο ίζημα	0 - 1
Σύνολο	0 - 20

Οι διαφορετικές παράμετροι που ενσωματώνονται στο σύστημα καθώς και το εύρος βαθμών που μπορούν να δώσουν σε μια παραλία παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.4.1, ενώ στον Πίνακα 2.4.2 παρουσιάζονται οι διαφορετικοί τύποι παραλιών σύμφωνα με το συγκεκριμένα σύστημα. Σε αυτούς τους πίνακες φαίνεται πως η μέγιστη βαθμολογία που μπορεί να συγκεντρώσει μία παραλία είναι 20, ενώ προτείνονται 4 διαφορετικοί τύποι παραλιών (πολύ προστατευμένη – πολύ εκτεθειμένη).

Πίνακας 2.4.2. Τύποι και περιγραφή παραλιών σύμφωνα με το σύστημα που προτείνεται από το McLachlan. (Από McLachlan 1980a.)

Βαθμολογία	Τύπος παραλίας	Περιγραφή
1 - 5	Πολύ προστατευμένη	ουσιαστικά απουσία κυματισμού επιφανειακά αναγωγικά στρώματα πολλές φωλιές μακροπανίδας
6 - 10	Προστατευμένη	μικρή κυματική δράση ύπαρξη αναγωγικών στρωμάτων συνήθως λίγες φωλιές μακροπανίδας
10 - 15	Εκτεθειμένη	μέτριος έως ισχυρός κυματισμός παρουσία αναγωγικών στρωμάτων σε μεγάλο βάθος στο ίζημα συνήθως απουσία μακροπανιδικών φωλιών
15 - 20	Πολύ εκτεθειμένη	ισχυρός κυματισμός απουσία αναγωγικών στρωμάτων παρουσία πολύ ευκίνητης μακροπανίδας

2.5 Εργαστηριακές τεχνικές

2.5.1 Διαλογή μειοπανίδας

Για το διαχωρισμό της μειοπανίδας από το ίζημα χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά κόσκινα διαμέτρου 200 mm, το ένα τοποθετημένο πάνω στο άλλο. Το άνω κόσκινο με άνοιγμα ματιού στο δίχτυ 500 μm ήταν απαραίτητο για την απομάκρυνση της μακροπανίδας και των αδρότερων μερών του ιζήματος ενώ στο κάτω κόσκινο των 45 μm κατακρατούνταν οι μειοπανιδικοί οργανισμοί. Αρχικά, το δείγμα μεταφερόταν στο κόσκινο των 500 μm και ξεπλενόταν με άφθονο τρεχούμενο νερό έως ότου, αφενός, περάσουν όλα τα συστατικά του δείγματος που ήταν μικρότερα από 500 μm από το πρώτο κόσκινο και αφετέρου, απομακρυνθούν από το δεύτερο κόσκινο όλα τα μέρη του ιζήματος που ήταν μικρότερα από 45 μm . Το υλικό που ενδεχομένως να είχε παραμείνει στο πρώτο κόσκινο δε χρειαζόταν και επομένως πεταγόταν, ενώ το υλικό που είχε κατακρατηθεί στο δεύτερο κόσκινο συγκεντρωνόταν στην άκρη του κόσκινου όπου και παρέμενε για μικρό χρονικό διάστημα, ωσότου απομακρυνθεί σχεδόν όλη η ποσότητα του νερού. Στη συνέχεια, οι οργανισμοί διαχωρίζονταν από το ίζημα με μια παραλλαγή της μεθόδου των de Jonge & Bouwman (1977). Συγκεκριμένα, ότι είχε απομείνει από το δείγμα μεταφερόταν στο αρχικό δοχείο του δείγματος στο οποίο γινόταν προσθήκη του πολυμερούς Ludox TM με ειδική πυκνότητα 1,15. Η πυκνότητα αυτή είναι ενδιάμεση της πυκνότητας των περισσότερων μειοβενθικών οργανισμών και του εναπομείναντος ιζήματος, με αποτέλεσμα οι οργανισμοί να επιπλέουν στο υπερκείμενο ενώ αντίθετα οι κόκκοι του ιζήματος βυθίζονται. Μετά την τοποθέτηση στο αρχικό δοχείο και ισχυρή ανάδευση, το δείγμα παρέμενε σε ηρεμία για 1 ώρα ώστε οι οργανισμοί να συγκεντρωθούν στην επιφάνεια. Με την πάροδο της μίας ώρας οι οργανισμοί συλλέγονταν από το υπερκείμενο με χρήση κόσκινου 45 μm . Η όλη διαδικασία επαναλαμβανόταν συνολικά πέντε φορές (Austen & Warwick 1989). Τελικά, οι οργανισμοί φυλάσσονταν τουλάχιστον για μία μέρα σε δοχείο των 50 ml με διάλυμα φορμόλης 4%, όπου είχε γίνει προσθήκη της χρωστικής Ερυθρό της Βεγγάλης (1 g/l) για επιλεκτική χρώση των ζωντανών ιστών.

Σε ένα επόμενο στάδιο, το δείγμα μεταφερόταν σε ένα δίσκο διαλογής τύπου Bogorov (γνωστός Ρώσος πλανκτολόγος) και εξεταζόταν κάτω από στερεοσκόπιο WILD MDG 17 με μεγέθυνση 10x – 40x, έτσι ώστε να γίνει η καταμέτρηση των μειοβενθικών οργανισμών ανά κύρια ταξινομική ομάδα. Οι κύριες ταξινομικές

ομάδες ήταν: νηματώδεις, κωπήποδα, πολύχαιτοι, ολιγόχαιτοι, γαστερότριχα, οστρακώδη, βραδυπόρα, κινόρυγχα, τροχόζωα, ακάρεα, γαστερόποδα, διάφορα καρκινοειδή (αμφίποδα, ισόποδα, κτλ.), βλεφαριδοφόρα και η τεχνητή ομάδα σκωληκόμορφα. Στην τελευταία περιλαμβάνονταν οι στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες και τα γναθοστομοειδή λόγω της αδυναμίας κατάταξης αρκετών ατόμων σε μία από τις δύο ταξινομικές ομάδες. Λόγω της έμφασης που δόθηκε στην ομάδα των κωπηπόδων, τα κωπήποδα διαχωρίζονταν επιπλέον στα τρία κύρια αναπτυξιακά στάδια που παρουσιάζουν, δηλαδή σε ναύπλιους, κωπηποδίτες και ώριμα άτομα.

Στο τελευταίο στάδιο της διαλογής, τα ώριμα άτομα κωπηπόδων που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των ειδών απομακρύνονταν από το δείγμα με λεπτή εντομολογική βελόνα και μεταφέρονταν σε ειδικό κοίλο γυάλινο τριβλίο (cavity block) με διάλυμα γλυκερίνης.

2.5.2 Προσδιορισμοί ειδών

Οι περισσότεροι προσδιορισμοί κωπηπόδων έγιναν σε οπτικό μικροσκόπιο τύπου Leica DM LS, χρησιμοποιώντας κυρίως καταδυτικό φακό μεγέθυνσης 100x. Κατά τη διάρκεια όμως των δύο ερευνητικών επισκέψεων στο Πανεπιστήμιο Carl Von Ossietzky στο Oldenburg της Γερμανίας και στο Γερμανικό Κέντρο Θαλάσσιας Βιοποικιλότητας του Ινστιτούτου Ερευνών Senckenberg στο Wilhelmshaven της Γερμανίας χρησιμοποιήθηκε μικροσκόπιο συμβολής τύπου Leica DMR.

Για τον προσδιορισμό των αρπακτικοειδών κωπηπόδων στο επίπεδο της οικογένειας χρησιμοποιήθηκε η κλειδα που αναπτύχθηκε από τους Huys et al. (1996), η οποία στηρίζεται στο ταξινομικό πλαίσιο εργασίας που παρουσίασε για τα αρπακτικοειδή κωπήποδα ο Lang (1944) έχοντας όμως ενσωματώσει τις μεταγενέστερες αλλαγές και τροποποιήσεις. Για τους προσδιορισμούς στο επίπεδο του είδους χρησιμοποιήθηκαν τρία βασικά συγγράμματα, συγκεκριμένα των Lang (1948, 1965) και Huys et al. (1996) και ένας μεγάλος αριθμός ταξινομικών εργασιών οι περισσότερες από τις οποίες αναφέρονται στον κατάλογο του Bodin (1997). Ο κατάλογος αυτός περιέχει όλη την ταξινομική βιβλιογραφία για τα θαλάσσια αρπακτικοειδή κωπήποδα που έχει δημοσιευτεί μέχρι το 1997.

Οι προσδιορισμοί των ώριμων κωπηπόδων έφτασαν στις περισσότερες περιπτώσεις μέχρι το επίπεδο του είδους, εκτός από ένα μικρό αριθμό ατόμων τα οποία προσδιορίστηκαν μέχρι το επίπεδο του γένους και έναν ακόμη μικρότερο αριθμό των οποίων ο προσδιορισμός δεν ξεπέρασε το επίπεδο της οικογένειας λόγω

της ελλιπούς βιβλιογραφίας που τα αφορά, την έλλειψη κατάλληλου συγκριτικού υλικού και μερικές φορές την έλλειψη κατάλληλων ατόμων για τον προσδιορισμό του είδους. Κάθε κωπήποδο κατατασσόταν αρχικά σε οικογένεια, γένος και είδος και στη συνέχεια καταγραφόταν το φύλο του και στην περίπτωση που ήταν θηλυκό η παρουσία ή όχι αυγών.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως συνήθως, από τη στιγμή που ένα είδος είχε προσδιοριστεί στη συνέχεια, άτομα του ίδιου είδους μπορούσαν να προσδιοριστούν σχετικά εύκολα στηριζόμενοι σε βασικά χαρακτηριστικά τα οποία ήταν εμφανή κάτω από μεγάλη μεγέθυνση στερεοσκοπίου (40 – 50 x).

2.5.2.1 Δημιουργία μόνιμων παρασκευασμάτων

Το πρώτο βήμα για τον προσδιορισμό των κωπηπόδων ήταν η δημιουργία μόνιμων παρασκευασμάτων. Το υλικό στερέωσης ήταν γλυκερίνη και γι' αυτό τα κωπήποδα έπρεπε να φτάσουν σταδιακά σε ισοτονική κατάσταση. Αυτό γινόταν με τη μεταφορά των κωπηπόδων σε κοίλο γυάλινο τριβλίο με διάλυμα γλυκερίνης (~5%) όπου παρέμεναν μέχρι να εξατμιστεί σταδιακά όλη η ποσότητα νερού. Η εξάτμιση επιταχυνόταν και το υλικό παρέμενε καθαρό όταν το κοίλο τριβλίο έμενε για περίπου μία ημέρα σε έναν απλό ξηραντήρα. Στη συνέχεια, στο κέντρο μίας αντικειμενοφόρου πλάκας τοποθετούνταν μία μικρή σταγόνα γλυκερίνης, ανάλογα με το μέγεθος του ατόμου, όπου μεταφέρονταν το πολύ δύο κωπήποδα. Εκατέρωθεν και παράλληλα ως προς το άτομο τοποθετούνταν δύο μικρές, λείες ράβδοι γυαλιού, η διάμετρος των οποίων ήταν ανάλογη του όγκου του σώματος του κωπηπόδου. Οι ράβδοι αυτές ήταν απαραίτητες για δύο λόγους: αφενός, για να μη συνθλίβονται τα άτομα και τα επιμέρους εξαρτήματά τους από την πίεση της καλυπτρίδας και αφετέρου, γιατί παρέχουν τη δυνατότητα να κυλάει η καλυπτρίδα πάνω σε αυτές κι έτσι να μεταβάλλεται η θέση του ζώου μεταξύ διαφορετικών όψεων. Οι ράβδοι δημιουργούνταν στο εργαστήριο με δύο πιπέττες Pasteur όταν τα λεπτότερα άκρα τους ενώνονταν πάνω από φλόγα εργαστηριακού λύχνου, θερμαίνονταν ισχυρά και στη συνέχεια δημιουργούταν λεπτό γυάλινο νήμα από το ομαλό τέντωμα του πυρωμένου γυαλιού. Με πυρωμένη σπάτουλα που τοποθετούταν για ελάχιστο χρόνο (περίπου 1 sec) στην επιφάνεια μίγματος από καθαρή παραφίνη και κεριά μέλισσας δημιουργούταν ένα πλαίσιο από αυτό το μίγμα περιμετρικά του κωπηπόδου και των ράβδων. Το μίγμα αυτό αποτελούσε το υλικό στεγανοποίησης του παρασκευάσματος. Στη συνέχεια, τοποθετούταν επάνω από το κωπήποδο καλυπτρίδα που να καλύπτει το

σχηματισμό του πλαισίου και η αντικειμενοφόρος περνούσε πάνω από μικρή φλόγα κεριού προκειμένου να λιώσει το πλαίσιο από παραφίνη και κεριό μέλισσας και να περιβάλλει τη σταγόνα γλυκερίνης με το κωπήποδο χωρίς όμως να δημιουργηθούν φυσαλίδες αέρα.

2.5.3 Περιβαλλοντικές παράμετροι

2.5.3.1 Κοκκομετρική ανάλυση ιζήματος

Η σύσταση του ιζήματος αποτελεί μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους στον καθορισμό της πανίδας ενός βιοτόπου. Στις παραλίες, δύο είναι τα πιο σημαντικά συστατικά του ιζήματος, η άμμος και τα χαλίκια με κυρίαρχα σε παγκόσμια κλίμακα τα αμμώδη ιζήματα (King 1972).

Αρκετές μέθοδοι έχουν προταθεί για τη μελέτη της κατανομής μεγέθους των ιζημάτων και μία πολύ καλή και ακόμη επίκαιρη ανασκόπηση αυτών δίνεται από τον Folk (1966). Πριν όμως από την εκτίμηση της κατανομής των κόκκων και αφού έχει συλλεχθεί το κατάλληλο δείγμα πρέπει να μετρηθεί το μέγεθος των συστατικών του ιζήματος. Στις παραλίες, όπου το ποσοστό ιλύος-αργίλου είναι πολύ μικρό (< 5%), η λεπτομερής ανάλυση του συγκεκριμένου κλάσματος δεν έχει ενδιαφέρον (Buchanan 1984). Επιπλέον, στις μειοβενθικές μελέτες το κλάσμα ιλύος-αργίλου συνήθως δεν αναλύεται χωριστά αλλά υπολογίζεται έμμεσα από την απώλεια βάρους του αρχικού δείγματος έπειτα από την ανάλυση του κλάσματος της άμμου (Giere 1993). Στην παρούσα μελέτη λοιπόν όπου το κλάσμα ιλύος-αργίλου ήταν πάντοτε πολύ μικρό (< 1%) η κοκκομετρική ανάλυση περιορίστηκε στο κλάσμα της άμμου.

Η πιο κοινή μέθοδος για την ανάλυση της κοκκομετρικής σύστασης αμμώδους ιζήματος είναι το ξηρό κοσκίνισμα, η οποία και χρησιμοποιήθηκε όπως περιγράφεται από τον Buchanan (1984). Η ανάλυση περιελάμβανε ξήρανση του δείγματος στους 80° C για τουλάχιστον 24 ώρες και στη συνέχεια κοσκίνισμα σε μία σειρά κόσκινα από -2φ (4 mm) έως 4φ (63 μm) ανά 0,5φ (όπου φ ο αρνητικός λογάριθμος της διαμέτρου με βάση το 2). Σύμφωνα με το Folk (1966), διαστήματα μεγαλύτερα από 0,5φ δεν είναι ικανά να αποδώσουν βασικά χαρακτηριστικά της αθροιστικής καμπύλης του πληθυσμού των κόκκων του ιζήματος και γι' αυτό δε θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται. Τα μέρη του ιζήματος που συγκρατούνταν σε κάθε κόσκινο ζυγίζονταν, καθώς επίσης και το λεπτό κλάσμα με διάμετρο μικρότερη από 63 μm που συγκρατούταν στο τελικό δισκίο και αντιστοιχούσε στο κλάσμα ιλύος-αργίλου.

Όταν ολοκληρώθηκε ο υπολογισμός του ξηρού βάρους κάθε κλάσματος ιζήματος για όλα τα δείγματα της μελέτης, δημιουργήθηκε η αθροιστική καμπύλη συχνοτήτων έναντι της αντίστοιχης τιμής του ϕ για κάθε δείγμα, με τη βοήθεια της οποίας υπολογίζονταν τρεις περιγραφικοί δείκτες:

1. η μέση διάμετρος των κόκκων (ΜΔ), που ουσιαστικά αντιστοιχεί στο 50% - σημείο της καμπύλης, δηλαδή στη διάμετρο που έχει τους μισούς κόκκους του ιζήματος αδρότερους και τους μισούς λεπτότερους. Η τιμή της υπολογίζεται από τον τύπο:

$$ΜΔ = 2^{-\phi_{50}}$$

και αποτελεί κριτήριο του τύπου του ιζήματος (Πίνακας 2.5.1).

2. ο συντελεστής ταξινόμησης Περιεκτική Γραφική Τυπική Απόκλιση (Inclusive Graphic Standard Deviation) σ_I , που αποτελεί ένα μέτρο του βαθμού διασποράς των κλασμάτων του ιζήματος και υπολογίζεται από τον τύπο:

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

Οι τιμές του σ_I είναι χαρακτηριστικές του βαθμού ομοιομορφίας των μεριδίων του ιζήματος και αντιστοιχούν στη φραστική κλίμακα που παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.5.2. Αν και ο δείκτης είναι γεωμετρικά ανεξάρτητος από τη μέση διάμετρο, σε διαγράμματα της διαμέτρου ως προς το δείκτη ταξινόμησης φαίνεται μία συσχέτιση των δύο μεγεθών όταν εξετάζονται αμμώδη ιζήματα. Η σχέση αυτή δείχνει μία ταυτόχρονη αύξηση των δύο μεγεθών με τα ιζήματα λεπτής άμμου να εμφανίζουν καλύτερη ταξινόμηση, ενώ καθώς τα ιζήματα γίνονται αδρότερα ή λεπτότερα η ταξινόμηση γίνεται χειρότερη (Folk 1966).

3. ο συντελεστής λοξότητας Περιεκτική Γραφική Ασυμμετρία (Inclusive Graphic Skewness) Sk_I που εκτιμά την ασυμμετρία της καμπύλης και υπολογίζεται από τον τύπο:

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

Οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται μεταξύ -1 και +1 με τιμές μεταξύ +0,1 και -0,1 να δηλώνουν συμμετρία, αρνητικές τιμές να είναι χαρακτηριστικές ιζημάτων όπου κυριαρχούν ιζήματα λεπτότερα της μέσης διαμέτρου και στην καμπύλη συχνοτήτων εμφανίζεται ουρά στα αδρότερα μερίδια ιζήματος, ενώ θετικές τιμές δηλώνουν επικράτηση ιζημάτων αδρότερων της μέση διαμέτρου με εμφάνιση ουράς στα λεπτότερα μεγέθη ιζήματος (Folk 1966, King 1972). Ο συντελεστής λοξότητας θεωρείται ένας περιβαλλοντικά ευαίσθητος δείκτης που επιτρέπει τη διάκριση διαφορετικών περιβαλλόντων. Έτσι, η αρνητική λοξότητα είναι χαρακτηριστική περιβαλλόντων υψηλής ενέργειας που υφίστανται διάβρωση ή στα οποία δε γίνεται εναπόθεση υλικού, όπως είναι οι παραλίες, αφού ο υδροδυναμισμός αφενός αφαιρεί από το ίζημα τα λεπτά μερίδια και αφετέρου δεν επιτρέπει την καθίζηση λεπτών σωματιδίων. Αντίθετα, σε προστατευμένα περιβάλλοντα, όπως είναι οι λιμνοθάλασσες, όπου οι ήρεμες συνθήκες επιτρέπουν την καθίζηση υλικού, η λοξότητα είναι θετική.

Πίνακας 2.5.1. Σχέση μεγέθους κόκκων και τύπου ιζήματος

Μέγεθος κόκκου (mm)	Κλίμακα ϕ	Τύπος ιζήματος
4	-2	Χαλίκια
2	-1	Κόκκοι
1	0	Πολύ αδρή άμμος
0,5	1	Αδρή άμμος
0,25	2	Μέτρια άμμος
0,125	3	Λεπτή άμμος
0,0625	4	Πολύ λεπτή άμμος
< 0,0625	> 4	Ιλύς
< 2	> 9	Άργιλος

Πίνακας 2.5.2. Σχέση συντελεστή s_l και βαθμού ταξινόμησης του ιζήματος.

Τιμές s_l	Βαθμός ταξινόμησης
<0,35	Πολύ καλή
0,35-0,50	Καλή
0,50-0,71	Μετρίως καλή
0,71-1,00	Μέτρια
1,00-2,00	Φτωχή
2,00-4,00	Πολύ Φτωχή
>4,00	Κακή

2.5.3.2 Οργανικός άνθρακας

Η μέτρηση του σωματιδιακού οργανικού άνθρακα στα ιζήματα παρέχει μια συνολική εκτίμηση της ζωντανής και νεκρής οργανικής ύλης και έμμεσα μας δίνει μία εικόνα της τροφής που υπάρχει στο σύστημα. Θα πρέπει όμως οι μετρήσεις να χρησιμοποιούνται με προσοχή αφού όπως επισημαίνει ο Gray (1981), μπορεί να δώσουν λανθασμένες εκτιμήσεις για το παραγωγικό δυναμικό μιας περιοχής, καθώς μεγάλο μέρος του οργανικού άνθρακα μπορεί να βρίσκεται με τη μορφή λιθάνθρακα, το οποίο δεν είναι άμεσα διαθέσιμο στα βακτήρια και κατά συνέπεια και στους υπόλοιπους οργανισμούς της τροφικής αλυσίδας.

Η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα ($\mu\text{g/g}$ ιζήματος) υπολογίστηκε με τη μέθοδο της υγρής οξειδωσης, η οποία αποτελεί μία τροποποίηση της μεθόδου των

Strickland & Parsons (1972). Η διαδικασία περιλαμβάνει οξείδωση του ιζήματος με την παρουσία ορθοφωσφορικού και χρωμικού οξέως και στη συνέχεια τιτλοδότηση με σιδηροθειικό αμμώνιο (0,1 N) και δείκτη N-φαινυλανθρακικό οξύ.

2.5.3.3 Χλωροπλαστικές χρωστικές

Ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων των χλωροπλαστικών χρωστικών, δηλαδή της χλωροφύλλης a και των φαιοχρωστικών, αποτελεί ένα μέτρο της φυτικής βιομάζας και γενικότερα της παραγωγικότητας μίας περιοχής και έχει βρεθεί πολλές φορές οι συγκεντρώσεις τους να συσχετίζονται θετικά με τις μειοβενθικές αφθονίες (Pfannkuche et al. 1983, Pfannkuche 1985, Thiel et al. 1987, Soetaert et al. 1991b). Ένα μεγάλο μέρος των φυτικών θρυμμάτων, πλανκτονικών και βενθικών, καταλήγει στο βυθό. Εκεί, γίνεται μία πιθανή πηγή τροφής για βακτήρια, πρωτόζωα και άλλους βενθικούς οργανισμούς, των οποίων η τροφική δραστηριότητα μπορεί να μετατρέψει τη χλωροφύλλη σε φαιοχρωστικές (Currie 1962). Επομένως, οι χρωστικές αυτές αποτελούν όχι μόνο μία ακόμη εκτίμηση της τροφής στο ίζημα αλλά ταυτόχρονα κι ένα δείκτη της διαθεσιμότητας της τροφής στους καταναλωτές του οικοσυστήματος (Bianchi et al. 1991).

Η χλωροφύλλη a καθώς και οι φαιοχρωστικές προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο που περιγράφεται από τους Yentsch & Menzel (1963) και Lorenzen & Jeffrey (1980). Τα δείγματα ιζήματος, τα οποία υπενθυμίζεται πως φυλάσσονταν σε θερμοκρασία -20°C , αρχικά ξηραίνονταν σε λυοφιλοποιητή και ζυγίζονταν πριν την ανάλυση. Στη συνέχεια, ακολουθούσε εκχύλιση των χρωστικών με ακετόνη 90 % και μέτρηση των ποσοτήτων τους με χρήση φθοριόμετρου τύπου TURNER 112 πριν και μετά από την οξίνιση τους με 0,1N υδροχλωρικού οξέος, το οποίο μετατρέπει τη χλωροφύλλη a σε φαιοχρωστικές. Η ρύθμιση του φθοριόμετρου γινόταν χρησιμοποιώντας ως μάρτυρα καθαρή χλωροφύλλη a από το φύκος *Anacystis nidulans* προμηθευμένο από την εταιρία SIGMA.

Από τη διαδικασία αυτή υπολογίζονταν δύο τιμές, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης a και η συγκέντρωση των φαιοχρωστικών ($\mu\text{g/g}$ ιζήματος). Επιπλέον όμως, μπορούσαν να υπολογιστούν το άθροισμα των δύο παραπάνω τιμών, δηλαδή το ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών (Chloroplastic Pigment Equivalent, CPE) που αποτελεί μια ένδειξη της συνολικής ποσότητας φυτικής βιομάζας (πρόσφατης και παλαιότερης), καθώς και ο λόγο χλωροφύλλης a/CPE που αποτελεί ένδειξη της αποικοδόμησης της φυτικής βιομάζας.

2.6 Ανάλυση δεδομένων

Όπως συμβαίνει σε πολλές οικολογικές μελέτες, όταν τελειώσαν οι δειγματοληψίες και αφού ολοκληρώθηκαν οι εργαστηριακές αναλύσεις, συγκεντρώθηκε ένας μεγάλος όγκος δεδομένων, η επεξεργασία των οποίων θα μπορούσε να είναι από πολύ απλή έως ιδιαίτερα πολύπλοκη. Στην εποχή μας, θα έλεγε κανείς ότι η στατιστική είναι απόλυτα ενσωματωμένη στις οικολογικές μελέτες και η ανάπτυξη λογισμικών πακέτων που διευκολύνουν τις αναλύσεις δεδομένων είναι τόσο μεγάλη που υπάρχουν, πραγματικά, ‘χίλιοι τρόποι’ για να ‘χάσει’ κανείς τα δεδομένα του. Τα πράγματα όμως γίνονται πιο απλά όταν κανείς αντιληφθεί ότι και η στατιστική ανάλυση αποτελεί ένα ακόμη βήμα στη διαδικασία απάντησης των αρχικών ερωτημάτων.

Έτσι λοιπόν, οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων της διατριβής επιλέχθηκαν με βάση τους αρχικούς στόχους και ερωτήματα και ακολούθησαν μία λογική σειρά. Σε ένα πρώτο στάδιο, αφού συγκεντρώθηκαν και οργανώθηκαν τα δεδομένα δημιουργήθηκαν κάποιοι βασικοί πίνακες και διαγράμματα για να δούμε συνοπτικά τι μας ‘λένε’ τα ίδια τα δεδομένα για τη μειοπανίδα, τα κωπήποδα και τις παραλίες της Κρήτης. Μετά την περιγραφική στατιστική ακολούθησαν παραμετρικοί και μη στατιστικοί έλεγχοι υποθέσεων προκειμένου να εξεταστούν τα πιθανά πρότυπα χρονικών και χωρικών μεταβολών της πανίδας και του περιβάλλοντος. Σ’ ένα επόμενο στάδιο, μη παραμετρικές πολυμεταβλητές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν για να διερευνηθούν πιθανές ζωνώσεις και τα είδη που συμβάλουν στην ύπαρξη αυτών. Η επεξεργασία των δεδομένων συνεχίστηκε με τον υπολογισμό δεικτών για την εκτίμηση της ποικιλότητας και τελικά ολοκληρώθηκε με τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών παραγόντων που πιθανόν εξηγούν τα πανιδικά πρότυπα.

2.6.1. Περιγραφική στατιστική

Το περιγραφικό κομμάτι της ανάλυσης περιελάμβανε τον υπολογισμό διαφόρων δειγματικών στατιστικών, π.χ. μέση τιμή, τυπική απόκλιση, εύρος τιμών, για όλους τους διαφορετικούς τύπους δεδομένων, την συνοπτική παρουσίασή τους σε πίνακες και την απεικόνιση αυτών σε μορφή κυρίως ραβδογραμμάτων. Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση κυρίως τις συγκεντρώσεις στο ίζημα για τα περιβαλλοντικά δεδομένα και με

βάση τις αφθονίες ανά 10 cm² επιφάνεια ιζήματος για τα πανιδικά δεδομένα. Όλες αυτές οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο πρόγραμμα EXCEL.

2.6.2 Έλεγχοι υποθέσεων

Οι έλεγχοι υποθέσεων για την ύπαρξη τυχόν χωρικών ή χρονικών διαφορών έγιναν με παραμετρική ή μη-παραμετρική ανάλυση διασποράς χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο STATISTICA 6. Η ανάλυση διασποράς (ANOVA) είναι μία πολύ γνωστή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος και γι' αυτό δεν κρίθηκε σκόπιμη η αναλυτική παρουσίαση της. Είναι όμως απαραίτητο να διευκρινιστεί ότι ανάλογα με την υπόθεση που δοκιμαζόταν, και επομένως τον τύπο παραγόντων και τις πηγές μεταβλητότητας που εμπλέκονταν, ο υπολογισμός του λόγου F διέφερε και επομένως ήταν διαφορετικός ο τύπος ANOVA που χρησιμοποιούταν. Στον Πίνακα 2.6.1 παρουσιάζονται οι διαφορετικοί τύποι ANOVA που χρησιμοποιήθηκαν ανάλογα με την υπόθεση που ελέγχθηκε. Στην περίπτωση που η ANOVA υποδείκνυε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών και προκειμένου να εντοπισθούν οι πληθυσμοί στους οποίους οφείλονταν οι παρατηρούμενες διαφορές, ακολουθούσε εκ των υστέρων έλεγχος (a posteriori) με πολλαπλές συγκρίσεις ανά ζεύγη χρησιμοποιώντας την πολύ γνωστή δοκιμασία του Tukey HSD.

Πίνακας 2.6.1. Χρήση διαφορετικών τύπων ANOVA για τον έλεγχο διαφορετικών υποθέσεων.

Τύπος ANOVA	Έλεγχος υπόθεσης
ANOVA με έναν παράγοντα	Δεν υπάρχουν μηνιαίες μεταβολές στην αφθονία του μειοβένθους και των διαφόρων μειοβενθικών ταξινομικών ομάδων (ανεξάρτητα για κάθε σταθμό)
	Δεν υπάρχουν μεταβολές στην αφθονία του μειοβένθους και των διαφόρων μειοβενθικών ταξινομικών ομάδων μεταξύ των διαφορετικών σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης (ανεξάρτητα για κάθε δειγματοληπτική περίοδο)
	Δεν υπάρχει μεταβολή στην ποικιλότητα μεταξύ των διαφορετικών σταθμών μελέτης (ανεξάρτητα για κάθε δειγματοληπτική περίοδο)
ANOVA με δύο παράγοντες	Δεν υπάρχουν μεταβολές στην αφθονία του μειοβένθους και των διαφόρων μειοβενθικών ταξινομικών ομάδων μεταξύ των διαφορετικών σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης
	Δεν υπάρχει μεταβολή στην ποικιλότητα μεταξύ των διαφορετικών σταθμών μελέτης
μπλοκ ANOVA	Δεν υπάρχουν κατακόρυφες χωρικές μεταβολές στην αφθονία του μειοβένθους, των διαφόρων ταξινομικών ομάδων και των αφθονότερων ειδών κωπηπόδων (ανεξάρτητα για κάθε σταθμό και δειγματοληπτική περίοδο)
	Δεν υπάρχουν κατακόρυφες χωρικές μεταβολές στην ποικιλότητα (ανεξάρτητα για κάθε σταθμό και δειγματοληπτική περίοδο)
Ιεραρχική ANOVA	Δεν υπάρχουν μεταβολές στην αφθονία του μειοβένθους και των διαφόρων μειοβενθικών ταξινομικών ομάδων μεταξύ των δύο ζωνών μελέτης
	Δεν υπάρχουν εποχικές μεταβολές στην αφθονία των αφθονότερων ειδών κωπηπόδων

Πριν από την εφαρμογή της ANOVA γινόταν έλεγχος της ομοιογένειας των διασπορών με τη δοκιμασία του Bartlett. Στην περίπτωση που η συγκεκριμένη ανάλυση υποδείκνυε ετερογένεια διασπορών τα δεδομένα υποβάλλονταν σε μετασχηματισμό $\log_{10}(x+1)$ ή $\sqrt{x+0,5}$ και αν εξακολουθούσε να παρατηρείται ετερογένεια διασπορών, τότε εφαρμοζόταν μη παραμετρική ανάλυση με χρήση της δοκιμασίας Kruskal-Wallis. Στους περισσότερους μη παραμετρικούς ελέγχους τα ίδια τα δεδομένα δε χρησιμοποιούνται στην ανάλυση. Αντίθετα, χρησιμοποιούνται οι τάξεις των δεδομένων.

Δοκιμασία των Kruskal-Wallis

Η δοκιμασία Kruskal-Wallis αποτελεί το μη παραμετρικό ανάλογο της ANOVA για έναν παράγοντα. Όπως συμβαίνει και με άλλους μη παραμετρικούς ελέγχους, στους υπολογισμούς δε χρησιμοποιούνται τα στατιστικά μεγέθη του δείγματος. Αντίθετα, κάθε μία παρατήρηση μετατρέπεται σε τάξη, γι' αυτό και η συγκεκριμένη δοκιμασία είναι γνωστή ως ανάλυση διασποράς τάξεων. Τα δεδομένα δηλαδή, διατάσσονται με αύξουσα σειρά και στη συνέχεια στη μικρότερη τιμή δίνεται η τάξη 1, στη επόμενη μικρότερη τιμή η τάξη 2 κτλ. Έπειτα, υπολογίζονται τα αθροίσματα των τάξεων για κάθε ένα από τα δείγματα. Το συγκεκριμένο τεστ καθορίζει κατά πόσο αυτά τα αθροίσματα είναι τόσο διαφορετικά ώστε να είναι απίθανο να προέρχονται από την ίδια κατανομή.

Δοκιμασία του Friedman

Η δοκιμασία του Friedman είναι μια μη παραμετρική ανάλυση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο υποθέσεων σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί μπλοκ ANOVA, όταν δηλαδή δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις της κανονικής κατανομής των πληθυσμών και της ομοιογένειας των διασπορών. Και σε αυτή τη μη παραμετρική διαδικασία τα δεδομένα διατάσσονται σε τάξεις όμως αυτή τη φορά εντός κάθε ομάδας συσχετιζόμενων μετρήσεων (μπλοκ).

Δοκιμασία των Mann-Whitney (U-test)

Η δοκιμασία των Mann-Whitney, γνωστή και σαν U-test, είναι από τις ισχυρότερες μη παραμετρικές δοκιμασίες και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ομοιογένειας δύο δειγμάτων στη θέση του γνωστού t-test, όταν δηλαδή έχουμε ενδείξεις ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή ή/και δεν υπάρχει

ομοιογένεια των διασπορών. Το μόνο που απαιτεί η μέθοδος είναι τα δεδομένα να είναι διατάξιμα.

2.6.3 Πολυμεταβλητή ανάλυση

Οι φυσικές βιοκοινωνίες συνήθως αποτελούνται από ένα μεγάλο αριθμό ειδών και οι μεταβολές που παρουσιάζουν καθορίζονται από ένα σύνολο διαφορετικών περιβαλλοντικών παραγόντων απέναντι στους οποίους κάθε είδος μπορεί να αποκρίνεται διαφορετικά. Στην περίπτωση λοιπόν που ένας οικολόγος εργάζεται με ένα μεγάλο αριθμό δειγμάτων για την ανεύρεση προτύπων σε μια βιοκοινωνία, η χρήση μονο- ή δι- μεταβλητών αναλύσεων μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά αποτελέσματα αφού με αυτές τις μεθόδους η ταυτότητα των ειδών χάνεται. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την εφαρμογή πολυμεταβλητών αναλύσεων, οι οποίες έχουν γίνει πλέον απαραίτητο εργαλείο στην οικολογία. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι η πληροφορία της σύνθεσης της βιοκοινωνίας σε είδη ή σε λειτουργικές ομάδες διατηρείται και ενσωματώνεται στην ανάλυση κι έτσι, οι πληροφορίες που παρέχουν είναι πιο αντικειμενικές.

Όλες οι πολυμεταβλητές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πακέτο PRIMER 5 for Windows v5.2.2.

Μέτρηση της ομοιότητας

Οι περισσότερες πολυμεταβλητές τεχνικές βασίζονται στον υπολογισμό της ομοιότητας των δεδομένων μεταξύ διαφορετικών δειγμάτων. Η ομοιότητα αυτή υπολογίζεται συνήθως με την κατασκευή ενός μαθηματικού πίνακα στον οποίο συμπεριλαμβάνονται όλα τα υπό εξέταση δείγματα. Υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί δείκτες ομοιότητας η χρήση των οποίων προτείνεται σε πολυμεταβλητές αναλύσεις. Ο πιο κατάλληλος όμως και περισσότερο χρησιμοποιημένος σε οικολογικές μελέτες (Field et al. 1982) είναι ο δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis (Bray & Curtis 1957), ο οποίος αφενός λαμβάνει υπόψη όλα τα είδη και αφετέρου δίνει μεγαλύτερο βάρος στα πιο άφθονα. Η εξίσωση υπολογισμού του είναι:

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

όπου: y_{ij} : η αφθονία του είδους i στο δείγμα j
 p : ο συνολικός αριθμός ειδών
 S_{jk} = η ομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων j και k αθροισμένη για όλα τα p είδη

Οι τεχνικές πολυμεταβλητής ανάλυσης εκτός από την ομοιότητα μπορούν να υπολογίζουν και την ανομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων, η οποία δηλώνει κατά πόσο δύο ή περισσότερα δείγματα διαφέρουν μεταξύ τους με βάση τη δομή της βιοκοινωνίας τους. Οι ομοιότητες ή ανομοιότητες μετατρέπονται στη συνέχεια σε αποστάσεις και χρησιμοποιούνται σε διαγράμματα δύο ή τριών διαστάσεων, απεικονίζοντας έτσι το πόσο κοντά ή μακριά βρίσκονται τα διαφορετικά δείγματα μεταξύ τους. Έτσι, δείγματα με μεγάλη ανομοιότητα θα βρίσκονται πολύ απομακρυσμένα πάνω στο διάγραμμα, ενώ δείγματα με μεγάλη ομοιότητα θα βρίσκονται σχεδόν δίπλα.

Ο δείκτης Bray-Curtis χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις αναλύσεις που στηρίζονται σε πίνακες ομοιότητας.

Μετασχηματισμός δεδομένων

Η ομοιότητα (ή η ανομοιότητα) μεταξύ των δειγμάτων επηρεάζεται από τις μεγάλες αφθονίες των πολύ κοινών ειδών. Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό και πριν τον υπολογισμό της ομοιότητας, εφαρμόζεται συνήθως κάποιου είδους μετασχηματισμός στα αρχικά δεδομένα έτσι ώστε όλα τα είδη να συμμετέχουν στον υπολογισμό της ομοιότητας ή ανομοιότητας. Και πάλι υπάρχουν αρκετές προτάσεις διαφόρων τύπων μετασχηματισμών, στην παρούσα μελέτη όμως χρησιμοποιήθηκε η τετραγωνική ρίζα. Ο μετασχηματισμός αυτός μειώνει σε κάποιο βαθμό την επίδραση των πολύ άφθονων ειδών ενώ ταυτόχρονα δεν είναι τόσο ισχυρός ώστε να αλλοιώνει τη φύση των δεδομένων.

2.6.3.1 Ανάλυση Συστάδων (Cluster analysis)

Η μέθοδος της ανάλυσης συστάδων έχει ως βασικό στόχο τη δημιουργία 'φυσικών ομαδοποιήσεων' δειγμάτων και η εφαρμογή της σε οικολογικές μελέτες δίνει τη δυνατότητα διαχωρισμού περιοχών με διαφορετική πανιδική σύνθεση. Το διαγραμματικό αποτέλεσμα της μεθόδου είναι ένα δενδρόγραμμα, το οποίο βασίζεται στον πίνακα ομοιότητας ή ανομοιότητας των δειγμάτων κι όπου ο άξονας x αντιπροσωπεύει το βαθμό ομοιότητας μεταξύ των ομάδων ενώ στον άξονα y

απεικονίζεται ο πλήρης κατάλογος των δειγμάτων που συμμετέχουν στην ανάλυση. Κυριολεκτικά, υπάρχουν εκατοντάδες μέθοδοι ανάλυσης συστάδων, περισσότερο όμως χρησιμοποιούνται οι τεχνικές της ιεραρχικής ανάλυσης (hierarchical agglomerative methods). Η κατασκευή του δενδρογράμματος εντός αυτής της μεθόδου μπορεί να γίνει με αρκετούς τρόπους, στη συγκεκριμένη μελέτη όμως χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του μέσου όρου της ομάδας (group-average linkage), όπου η ομοιότητα μεταξύ δύο ομάδων δειγμάτων ορίζεται ως η μέση ομοιότητα μεταξύ όλων των δυνατών ζευγών δειγμάτων (Field et al. 1982). Η δημιουργία του δενδρογράμματος και η τοποθέτηση των δειγμάτων σε ομάδες ξεκινά με τον αρχικό σχηματισμό ομάδων δειγμάτων που παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιότητα μεταξύ τους. Στη συνέχεια, μειώνοντας το επίπεδο ομοιότητας σταδιακά, ομαδοποιούνται μαζί κάποιες από τις ομάδες μέχρι το τελικό σημείο όπου όλες οι ομάδες ανήκουν σε έναν κλάδο του δενδρογράμματος. Η μέθοδος αυτή έχει ωστόσο ορισμένα μειονεκτήματα. Καταρχήν, η δημιουργία ομάδων δε συνεπάγεται αυτομάτως και συγγένεια μεταξύ των δειγμάτων μιας και ομάδες δημιουργούνται ούτως ή άλλως. Ακόμη, η σειρά των δειγμάτων στον άξονα y δεν είναι μοναδική με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να συμπεράνουμε εύκολα ποιες ομάδες ή ποια δείγματα μέσα στις ομάδες βρίσκονται πιο κοντά. Τέλος, ο ερευνητής πρέπει να αποφασίσει μόνος του που θα ορίσει τη διαχωριστική γραμμή διάκρισης των ομάδων.

2.6.3.2 Διευθέτηση (Ordination)

Η διευθέτηση περιλαμβάνει τεχνικές των οποίων η εφαρμογή σε οικολογικά δεδομένα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός χάρτη, συνήθως δύο ή τριών διαστάσεων, πάνω στον οποίο τοποθετούνται δείγματα με τέτοιο τρόπο ώστε η μεταξύ τους απόσταση να αντικατοπτρίζει την ομοιότητα ή ανομοιότητα στη σύνθεση των πληθυσμών τους. Όπως και με την περίπτωση της ανάλυσης συστάδων, υπάρχουν αρκετές τεχνικές διευθέτησης, οι οποίες διαφέρουν στον τρόπο που απεικονίζουν τα πολυδιάστατα δεδομένα σε λίγες μόνο διαστάσεις και στη μορφή που έχουν τα δεδομένα που χρησιμοποιούν. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι διευθέτησης, η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) και η μη-μετρική Πολυδιάστατη Διαβάθμιση (non-metric MDS).

Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA)

Η PCA (Jeffers 1978, Pielou 1984) είναι μία απλή, ευρύτατα χρησιμοποιημένη τεχνική διευθέτησης που έχει ως αφετηρία τα αρχικά δεδομένα και τις Ευκλείδειες αποστάσεις μεταξύ των μεταβλητών και όχι κάποιον πίνακα ομοιότητας. Βασικός σκοπός της τεχνικής είναι να περιγράψει έναν πίνακα δεδομένων μειώνοντας όμως τις διαστάσεις του. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από την αρχική απεικόνιση των δεδομένων σε ένα χώρο διαστάσεων όσων κι ο αρχικός αριθμός μεταβλητών και την ακόλουθη προβολή των δεδομένων σε νέους, ισάριθμους και ανεξάρτητους μεταξύ τους άξονες (κύριες συνιστώσες), κάθε ένας από τους οποίους είναι κάθετος στον προηγούμενο και επεξηγεί διαφορετικό ποσοστό της αρχικής μεταβλητότητας των δεδομένων. Όταν οι δύο ή τρεις πρώτες κύριες συνιστώσες εξηγούν μεγάλο ποσοστό της συνολικής μεταβλητότητας των δεδομένων, ποσοστό το οποίο έγκειται στην κρίση του ερευνητή, τότε το δισδιάστατο ή τρισδιάστατο διάγραμμα της διευθέτησης αποτελεί ικανοποιητική απεικόνιση των αρχικών δεδομένων.

Η PCA χρησιμοποιείται συνήθως σε περιβαλλοντικά δεδομένα λόγω της μορφής που αυτά έχουν – μικρός αριθμός μεταβλητών, ελάχιστες μηδενικές τιμές, συνεχόμενες τιμές, τα δεδομένα προσεγγίζουν ή μπορούν εύκολα να προσεγγίσουν την κανονική κατανομή – επιτρέποντας έτσι τη χρήση των Ευκλείδειων αποστάσεων σαν ένα μέτρο ανομοιότητας. Και στην παρούσα μελέτη, η PCA χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των περιβαλλοντικών δεδομένων. Καθώς όμως οι διαφορετικές περιβαλλοντικές παράμετροι έχουν διαφορετικές μονάδες μέτρησης, χρειάστηκε να γίνει τυποποίηση των τιμών. Η εφαρμογή της ανάλυσης σε τυποποιημένα δεδομένα έχει ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται οι πίνακες συσχετίσεων των αρχικών δεδομένων (correlation-based PCA).

Μη-μετρική Πολυδιάστατη Διαβάθμιση (non-metric Multi-Dimensional Scaling, nMDS)

Η nMDS θεωρείται σήμερα μία από τις πιο χρήσιμες και απλές τεχνικές διευθέτησης (Kenkel & Orloci 1986, Clarke 1993, Clarke & Warwick 1994). Καθώς χρησιμοποιεί μόνο τις τιμές ανομοιότητας μεταξύ των δειγμάτων διατεταγμένες σε τάξεις, η ανοχή της μεθόδου όσον αφορά στην ποιότητα των δεδομένων είναι σχετικά μεγάλη. Ωστόσο, το μεγαλύτερο της πλεονέκτημα βρίσκεται στο γεγονός πως χρησιμοποιεί ίσως την πιο κατάλληλη πληροφορία που μπορεί κανείς να έχει ανάμεσα σε διαφορετικά δείγματα, την μεταξύ τους ομοιότητα ή ανομοιότητα.

Πολύ απλά, η nMDS, ξεκινώντας από έναν πίνακα ομοιότητας (ή ανομοιότητας) των δειγμάτων, δημιουργεί ένα χάρτη, συνήθως δύο διαστάσεων, όπου απεικονίζονται τα δείγματα. Ο αλγόριθμος της μεθόδου είναι ουσιαστικά μία επαναληπτική διαδικασία, με την οποία κατασκευάζεται ο χάρτης των δειγμάτων έπειτα από διαδοχικές βελτιώσεις των θέσεων τους μέχρι να βρεθεί εκείνη η διευθέτηση που ικανοποιεί όσο το δυνατό περισσότερο τις σχέσεις ομοιότητας όλων των δειγμάτων. Η τελική απεικόνιση μπορεί να περιστραφεί, να αναστραφεί ή να αυξηθεί σε μέγεθος, γεγονός που εξηγεί και την απουσία αξόνων. Στο χάρτη των δειγμάτων δεν υπάρχει κατεύθυνση όπως δεν υπάρχουν και απόλυτες αποστάσεις. Το μόνο που μπορεί κανείς να ‘διαβάσει’ είναι η σχετική απόσταση των δειγμάτων.

Το πόσο πετυχημένη είναι η τελική απεικόνιση εκτιμάται με ένα μέγεθος, το *stress*, του οποίου η τιμή αυξάνει καθώς μειώνεται ο αριθμός των διαστάσεων του χάρτη και αυξάνει ο όγκος των δεδομένων. Καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις η απεικόνιση της nMDS γίνεται σε δύο διαστάσεις, υπάρχει ένα γενικό πλαίσιο εκτίμησης της απεικόνισης των δύο διαστάσεων με βάση την τιμή του *stress*. Έτσι, τιμή *stress* < 0,05 δίνει μία σχεδόν άριστη απεικόνιση των δεδομένων, τιμή *stress* < 0,1 παρέχει καλή απεικόνιση με πολύ μικρή πιθανότητα να γίνει παρερμηνεία των αποτελεσμάτων, ενώ όταν η τιμή *stress* είναι < 0,2 τότε οι απεικονίσεις που δημιουργούνται μπορούν να βοηθήσουν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, θα πρέπει όμως να χρησιμοποιούνται με προσοχή, ιδιαίτερα όταν η τιμή είναι πιο κοντά στο 0,2. Όταν το *stress* υπερβαίνει αυτή την τιμή, τότε οι απεικονίσεις δε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται (Clarke 1993).

Ένα βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι πολλές φορές εμφανίζεται το φαινόμενο του πετάλου (horseshoe appearance), όπου τα άκρα μιας διαβάθμισης λυγίζουν εξαιτίας της έλλειψης χώρου, με αποτέλεσμα να πλησιάζουν μεταξύ τους όπως ακριβώς και τα άκρα ενός πετάλου (Pielou 1984). Το φαινόμενο της εκφυλισμένης ανάλυσης (degenerate solution) είναι ακόμη ένα σημαντικό πρόβλημα που παρατηρείται κάποιες φορές εξαιτίας του διαχωρισμού των δεδομένων σε δύο ομάδες που δεν έχουν απολύτως κανένα κοινό μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση η απόσταση των δύο ομάδων τείνει στο άπειρο και δεν υπάρχει κάποιο μέτρο για το πόσο μακριά θα πρέπει να τοποθετηθούν στο διάγραμμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα όλα τα δείγματα κάθε ομάδας να τοποθετούνται σε ένα μόνο σημείο. Το πρόβλημα αυτό λύνεται αν τα δεδομένα διαχωριστούν και η ανάλυση πραγματοποιηθεί για κάθε μία από τις ομάδες χωριστά.

2.6.3.3 Ανάλυση ομοιότητας (Analysis of similarity, ANOSIM)

Η δοκιμασία ANOSIM (Clarke & Green 1988) είναι συμπληρωματική των παραπάνω πολυμεταβλητών αναλύσεων και αποτελεί ένα μη παραμετρικό πολυμεταβλητό τεστ σημαντικότητας με τυχαίους ανασυνδυασμούς, το οποίο ελέγχει τη μηδενική υπόθεση ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ ομάδων δειγμάτων που έχουν οριστεί *a priori* με βάση τα αποτελέσματα κάποιας πολυμεταβλητής ανάλυσης. Η συγκεκριμένη ανάλυση εφαρμόζεται σε έναν πίνακα ομοιότητας και δεν απαιτεί ισορροπημένο αριθμό επαναληπτικών δειγμάτων. Η ανάλυση ξεκινά με τον υπολογισμό του στατιστικού R, το οποίο, ουσιαστικά, συγκρίνει τις διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των ομάδων με τις διαφορές ανάμεσα στα δείγματα κάθε ομάδας. Στη συνέχεια, τα δείγματα που υπάρχουν μέσα στις διάφορες ομάδες επανατοποθετούνται σχηματίζοντας νέες ομάδες με διαφορετική σύνθεση δειγμάτων και υπολογίζεται εκ νέου η τιμή του στατιστικού R. Στην παρούσα μελέτη ο μέγιστος αριθμός των τυχαίων ανασυνδυασμών ορίστηκε σε 999. Τελικά, η δοκιμασία ANOSIM ελέγχει αν η τιμή του αρχικού στατιστικού R διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις υπόλοιπες τιμές R (Clarke & Warwick 1994).

2.6.3.4 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών ειδών

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

2.6.4 Ποικιλότητα

Η βιοποικιλότητα εμφανίζεται σε όλα τα επίπεδα βιολογικής οργάνωσης, από τα μόρια, τα άτομα και τους πληθυσμούς μέχρι τις συναθροίσεις, τα ενδιαιτήματα και τα οικοσυστήματα. Πρώτος ο Whittaker (1960) πρότεινε ότι η ποικιλότητα μπορεί να εκτιμάται σε διαφορετικά επίπεδα, εισάγοντας τους όρους άλφα, βήτα και γάμα ποικιλότητα. Ονόμασε *άλφα ποικιλότητα* (alpha or within habitat diversity), τον αριθμό των ειδών ενός δείγματος, *βήτα ποικιλότητα* (beta or between habitat diversity), το βαθμό αλλαγής στη σύνθεση των ειδών μεταξύ των δειγμάτων ενός συνόλου και *γάμα ποικιλότητα* (gamma diversity), τον αριθμό των ειδών σε μεγαλύτερη κλίμακα μεγέθους όπως είναι ένα νησί. Τόσο ο ίδιος ο Whittaker σε μεταγενέστερες εργασίες του (Whittaker 1965, 1972) όσο και άλλοι ερευνητές (Pielou 1976, Magurran 1988, Rosenzweig 1995), στην προσπάθεια τους να εξηγήσουν την ποικιλότητα εισήγαγαν νέους όρους κι έδωσαν διαφορετική ερμηνεία στους παλιούς, με αποτέλεσμα να επικρατεί σύγχυση σχετικά με το περιεχόμενό τους. Ο Gray, σε μία σχετικά πρόσφατη εργασία για τη μέτρηση της θαλάσσιας βιοποικιλότητας (Gray 2000), δίνει τη δική του προσέγγιση ακολουθώντας ως ένα σημείο το Whittaker (Whittaker 1965, 1972) και προτείνει την ακόλουθη ενοποιημένη ορολογία για τα διαφορετικά επίπεδα βιοποικιλότητας:

- *Ποικιλότητα σημείου* (point species richness) SR_p , η ποικιλότητα ενός δείγματος
- *Ποικιλότητα δείγματος* (sample species richness) SR_s , η ποικιλότητα περισσότερων δειγμάτων από μία περιοχή καθορισμένης έκτασης (ισοδυναμεί με την άλφα ποικιλότητα)
- *Ποικιλότητα μεγάλης κλίμακας* (large area species richness) SR_L , η ποικιλότητα μίας μεγάλης περιοχής που περιλαμβάνει μια ποικιλία ενδιαιτημάτων και συναθροίσεων
- *Ποικιλότητα βιογεωγραφικής περιοχής* (biogeographical province species richness) SR_B , η ποικιλότητα μίας βιογεωγραφικής περιοχής.

Είναι απαραίτητο, λοιπόν, να διευκρινιστεί ότι σε αυτή τη μελέτη υπολογίστηκε η ποικιλότητα σημείου όπως ορίστηκε παραπάνω, η οποία αποτελεί εκτίμηση της άλφα ποικιλότητας των παραλιών μελέτης.

2.6.4.1 Μέτρηση της ποικιλότητας

Οι περισσότερες μελέτες βιοποικιλότητας περιορίζονται στη μέτρηση του αριθμού των ειδών μίας καθορισμένης περιοχής, την *αφθονία των ειδών*, η οποία αποτελεί την πιο συνηθισμένη χρήση του όρου. Ωστόσο, η πληροφορία αυτή δεν είναι επαρκής από μόνη της για να περιγράψει τη δομή μίας συνάθροισης αφού η αφθονία κάθε είδους ποικίλει. Γι' αυτό το λόγο, έχουν προταθεί δείκτες (για μια εκτενή ανασκόπηση βλέπε Magurran 2004) οι οποίοι εκτιμούν την ποικιλότητα λαμβάνοντας υπόψη δύο σημαντικά στοιχεία: α) την αφθονία των ειδών (species richness) και β) το βαθμό της ισομερούς κατανομής των ατόμων ανάμεσα στα είδη ή αλλιώς ομοιομορφία (equitability ή evenness). Οι δείκτες αυτοί περιγράφονται από τον όρο *δείκτες ετερογένειας*. Κάθε ένας από αυτούς τους δείκτες δείνει περισσότερη βαρύτητα σε ένα από τα δύο παραπάνω στοιχεία της ποικιλότητας, κι έτσι, δεν έχει βρεθεί ακόμη ένας δείκτης που να περιγράφει ολοκληρωμένα και τα δύο αυτά στοιχεία. Όπως φαίνεται όμως από τη βιβλιογραφία, πολλοί οικολόγοι έχουν δεχτεί την πρόκληση να δημιουργήσουν τον 'κατάλληλο' δείκτη, με αποτέλεσμα να υπάρχει πλέον μία πληθώρα δεικτών ποικιλότητας και η επιλογή του καταλληλότερου δείκτη να είναι δύσκολη. Τα πράγματα περιπλέκονται περισσότερο καθώς οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι δείκτες δεν είναι απαραίτητα και οι καλύτεροι.

Για να παρέχονται όσο το δυνατό περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά της ποικιλότητας μίας συνάθροισης, οι Heip et al. (1988) συνιστούν να χρησιμοποιείται η σειρά των αριθμών του Hill και συγκεκριμένα οι τρεις πρώτοι αριθμοί N_0 , N_1 , N_2 , καθώς και ο N_{inf} . Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε επιπλέον ο δείκτης ομοιομορφίας E_{Heip} , για την εκτίμηση της ισομερούς κατανομής των ατόμων ανάμεσα στα είδη. Ωστόσο, οι Heip et al. (1988) επισημαίνουν πως αν κάποιος θέλει να μελετήσει την ομοιομορφία είναι καλύτερο να καταφύγει στις καμπύλες κατανομής ειδών – αφθονίας. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι καμπύλες k-dominance (Lambhead et al. 1983), οι οποίες επιπλέον βοηθούν στο να εκτιμήσουμε κατά πόσο μπορούμε να συγκρίνουμε την ποικιλότητα διαφορετικών δειγμάτων. Για την εκτίμηση της ομοιομορφίας υπολογίστηκε ακόμη το στατιστικό V του μοντέλου ουδετερότητας Ewens-Caswell.

Όλες οι μετρήσεις ποικιλότητας έγιναν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου PRIMER 5 for Windows v5.2.2.

Οι αριθμοί ποικιλότητας του Hill

Ο Hill το 1973 πρότεινε μία σειρά ‘αριθμών ποικιλότητας’ διαφορετικών τάξεων, όπου ο αριθμός ποικιλότητας a τάξης καθορίζεται από τη σχέση

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

όπου: p_i = η αναλογική αφθονία του είδους i στο δείγμα

Ο αριθμός ποικιλότητας N_0 ισοδυναμεί με τον αριθμό των ειδών S στο δείγμα, ενώ ο N_1 αποδεικνύεται ότι ισούται με την εκθετική συνάρτηση που δίνει τον πολύ γνωστό δείκτη Shannon–Wiener (H'). Το πλεονέκτημα όμως του συγκεκριμένου αριθμού ποικιλότητας σε σχέση με το δείκτη H' είναι ότι εκφράζεται σε φυσικές μονάδες και στην ουσία ισοδυναμεί με τον αριθμό των ειδών που θα είχε το δείγμα αν όλα τα είδη είχαν την ίδια αφθονία με το πιο άφθονο είδος. Ο επόμενος αριθμός N_2 είναι ο αντίστροφος του δείκτη του Simpson, λ , ο οποίος εκφράζει την πιθανότητα που υπάρχει αν συλλέξουμε τυχαία και χωρίς επανατοποθέτηση δύο άτομα από μία βιοκοινωνία να ανήκουν στο ίδιο είδος. Και σε αυτή την περίπτωση η χρήση του αριθμού Hill πλεονεκτεί γιατί εκφράζεται ως ισοδύναμο αριθμού ειδών. Τέλος, ο αριθμός ποικιλότητας N_{inf} , για τον οποίο ο May (1975) υποστηρίζει ότι περιγράφει την κατανομή ειδών – αφθονίας πολύ καλύτερα από τους περισσότερους δείκτες ποικιλότητας, ισοδυναμεί με τον αντίστροφο της αναλογικής αφθονίας του πιο άφθονου είδους.

Η σειρά των αριθμών ποικιλότητας του Hill θεωρείται ως ένα ενοποιητικό μοντέλο για όλους τους δείκτες ποικιλότητας που έχουν προταθεί (Legendre & Legendre 1983). Ο Hill ξεκίνησε να δουλεύει προς τη δημιουργία αυτής της σειράς αριθμών με βάση την παρατήρηση ότι οι διαφορετικοί δείκτες δίνουν έμφαση σε διαφορετικό βαθμό στον αριθμό των ειδών ή στην ομοιομορφία, κι έτσι δημιούργησε μία αποτελεσματική μέθοδο για να περιγράφεται η σχέση μεταξύ των δεικτών και για να κατατάσσονται με βάση τη βαρύτητα που δίνουν στα σπάνια είδη. Έτσι ο αριθμός N_{inf} της τάξης $+\infty$, λαμβάνει υπόψη του μόνο το πιο άφθονο είδος, ενώ στο άλλο άκρο ο αριθμός N_{inf} της τάξης $-\infty$, λαμβάνει υπόψη του μόνο τα πολύ σπάνια είδη. Οι υπόλοιποι αριθμοί βρίσκονται ανάμεσα σε αυτό το φάσμα.

Ο δείκτης ισομερούς κατανομής του Heip (E_{Heip})

Πολλές εξισώσεις έχουν προταθεί για να περιγραφεί η κατανομή των ατόμων ανάμεσα στα είδη από δείκτες ετερογένειας. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος είναι να υπολογίζεται από τους δύο παρακάτω τύπους:

$$E = (D - D_{\min}) / (D_{\max} - D_{\min})$$

και

$$E = D / D_{\max}$$

όπου D είναι ένας δείκτης ετερογένειας και τα D_{\max} και D_{\min} είναι η μεγαλύτερη και η χαμηλότερη τιμή του δείκτη για το συγκεκριμένο μέγεθος δείγματος και αριθμό ειδών.

Επειδή στους παραπάνω υπολογισμούς συμμετέχει ο αριθμός των ειδών που έχουμε στο δείγμα μας, οι δείκτες ομοιομορφίας αυτού του τύπου, όπως είναι ο πολύ γνωστός δείκτης ομοιομορφίας J της Pielou (Pielou 1969), εξαρτώνται από το μέγεθος του δείγματος, ενώ ταυτόχρονα είναι ευαίσθητοι στις αλλαγές του αριθμού των πολύ σπάνιων ειδών του δείγματος λόγω τυχαίου δειγματοληπτικού αποκλεισμού ή συνυπολογισμού (Heip et al. 1988).

Ο Hill το 1973 πρότεινε να χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ομοιομορφίας δείκτες της μορφής:

$$E_{a:b} = N_a / N_b$$

όπου N_a και N_b είναι αριθμοί ποικιλότητας τάξης a και b αντίστοιχα

οι οποίοι έχουν πολύ καλύτερα χαρακτηριστικά σε σχέση με της προηγούμενης μορφής δείκτες ομοιομορφίας. Σε αυτή τη μελέτη λοιπόν, για την εκτίμηση της ομοιομορφίας χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης E_{Heip} (Heip 1974) που αποτελεί μία τροποποιημένη μορφή του δείκτη του Sheldon (1969) και δίνεται από τη σχέση:

$$E_{Heip} = (N_1 - 1) / (N_0 - 1)$$

ή αλλιώς

$$E_{Heip} = (e^{H'} - 1) / (S - 1)$$

Ο συγκεκριμένος δείκτης τείνει στο 0 καθώς μειώνεται η ομοιομορφία σε φτωχές σε είδη συναθροίσεις, ενώ όταν το N_1 και N_0 τείνουν στο 1 ο δείκτης τείνει στο $1/S$.

Το ουδέτερο μοντέλο Ewens/Caswell

Το βασικό χαρακτηριστικό ενός ουδέτερου μοντέλου είναι ο αποκλεισμός από το σχεδιασμό του όλων εκείνων των παραμέτρων που μπορούν να επεξηγήσουν ένα παρατηρούμενο πρότυπο. Ο Caswell λοιπόν, θέλοντας να εξετάσει το ρόλο των βιολογικών αλληλεπιδράσεων στη δομή μιας βιοκοινωνίας, χρησιμοποίησε ένα ουδέτερο μοντέλο το οποίο στην ουσία στηρίζεται σε τρία στοχαστικά μοντέλα ικανά να δώσουν προβλέψεις για την κατανομή της σχετικής αφθονίας των ειδών, τη σχέση αριθμού ειδών – επιφάνειας και την ποικιλότητα (Caswell 1976). Το ένα από αυτά που δοκιμάστηκε και στην παρούσα μελέτη, είχε σχεδιαστεί αρχικά από τον Ewens (1972) και χρησιμοποιείται στην οικολογία ως ουδέτερο όσον αφορά κυρίως σε όλες τις μορφές βιολογικών αλληλεπιδράσεων. Καθώς όμως το μοντέλο ουσιαστικά εκτιμά την επίδραση των βιολογικών αυτών διεργασιών και όχι τις ίδιες τις διεργασίες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξίσου καλά όχι μόνο για την εκτίμηση των βιολογικών αλλά και των φυσικών διαταράξεων, αφού και στις δύο περιπτώσεις το αποτέλεσμα μπορεί να είναι μία αλλαγή της σχετικής αφθονίας των ειδών.

Το μοντέλο Ewens/Caswell προβλέπει την ποικιλότητα μιας οικολογικά ‘ουδέτερης’ συνάθροισης, η οποία έχει τον ίδιο αριθμό ειδών και ατόμων με αυτήν που μελετούμε και στη συνέχεια υπολογίζει την απόκλιση (V) της παρατηρούμενης ποικιλότητας από την ουδετερότητα με τον τύπο:

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

όπου H' = ο δείκτης ποικιλότητας Shannon–Wiener χρησιμοποιώντας φυσικούς λογάριθμους (\ln)

$[E(H')]$ = η θεωρητική ποικιλότητα

$\sigma[(H')]$ = η τυπική απόκλιση της ποικιλότητας

Όταν η τιμή του στατιστικού V είναι μηδέν τότε θεωρούμε ότι το δείγμα προήλθε από μια «ουδέτερη» βιοκοινωνία. Θετικές τιμές του V δείχνουν μεγάλο βαθμό ισομερούς κατανομής ενώ αντίθετα αρνητικές τιμές δείχνουν ισχυρή κυριαρχία κάποιου είδους. Για τιμές του V μικρότερες από -2 ή μεγαλύτερες από $+2$ δεχόμαστε σημαντική απόκλιση του δείκτη V από το μοντέλο ουδετερότητας (Warwick et al. 1990).

Το μοντέλο ουδετερότητας Ewens/Caswell αποτελεί μία πολύ σημαντική αναλυτική τεχνική για τη μελέτη των οικολογικών διαταράξεων, βιολογικών ή φυσικών, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί ένα καλύτερο μέτρο για την εκτίμηση της ομοιομορφίας μιας συνάθροισης συγκριτικά με άλλους δείκτες λόγω της μεγάλης ευρωστίας που παρουσιάζει στο συνηθισμένο πρόβλημα του μεγέθους του δείγματος.

Καμπύλες k-dominance

Οι καμπύλες αυτές (Lambhead et al. 1983) είναι μία γραφική απεικόνιση του αθροιστικού ποσοστού αφθονίας k ειδών έναντι αυτών, τα οποία κατατάσσονται ως προς το βαθμό αφθονίας τους ξεκινώντας από το πιο άφθονο. Αποτελούν μία από τις πολλές μεθόδους γραφικής απεικόνισης των αποτελεσμάτων από την καταγραφή μίας συνάθροισης και είναι ιδιαίτερα χρήσιμες όχι μόνο γιατί προσφέρουν μία οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, αλλά επίσης γιατί παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για το βαθμό της ομοιομορφίας της συνάθροισης. Έτσι, αν στο ίδιο διάγραμμα παρουσιάζονται οι καμπύλες k-dominance διαφορετικών συναθροίσεων (δειγμάτων), τότε η συνάθροιση της οποίας η καμπύλη βρίσκεται πάνω από όλες τις υπόλοιπες παρουσιάζει τη μεγαλύτερη κυριαρχία. Ένα βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι πως δίνει τη δυνατότητα σύγκρισης του τρόπου με τον οποίο κατανέμονται τα άτομα ανάμεσα στα είδη διαφορετικών δειγμάτων χρησιμοποιώντας μια ενιαία κλίμακα. Επομένως, δε χάνεται πολύτιμη πληροφορία όπως συμβαίνει με την εξαγωγή ενός μοναδικού αριθμού στους δείκτες ποικιλότητας, και γι' αυτό το λόγο συνίσταται να προτιμούνται έναντι οποιουδήποτε δείκτη ομοιομορφίας (Heip et al. 1988).

Καθώς η επικράτηση αντιτίθεται στο βαθμό ισομερούς κατανομής και στην ετερογένεια, μια συνάθροιση A θα είναι περισσότερο ποικιλόμορφη από μια άλλη B, αν για όλα τα k είδη η δική της καμπύλη k-dominance βρίσκεται πάντα κάτω από την καμπύλη της συνάθροισης B. Αν όμως οι δύο καμπύλες τέμνονται σε κάποιο σημείο, τότε οι δύο συναθροίσεις δεν είναι συγκρίσιμες ως προς την ποικιλότητα και την ομοιομορφία και οι διάφοροι δείκτες, ανάλογα με το αν είναι σταθμισμένοι ως προς τον αριθμό των ειδών ή το βαθμό της ισομερούς κατανομής, θα δώσουν διαφορετικά αποτελέσματα.

2.6.5 Συσχετίσεις

Γραμμική συσχέτιση τάξεων με τη μέθοδο Spearman

Η πιθανότητα σχέσης μεταξύ διαφόρων πανιδικών παραμέτρων και των περιβαλλοντικών παραγόντων εξετάστηκε με τον υπολογισμό του πολύ γνωστού συντελεστή συσχέτισης του Spearman με τη χρήση του στατιστικού πακέτου STATISTICA 6. Ο συγκεκριμένος μη παραμετρικός συντελεστής χρησιμοποιείται όταν δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι οι μεταβλητές που εξετάζουμε ακολουθούν κανονική κατανομή, κι έτσι, ο έλεγχος της ανεξαρτησίας των δύο μεταβλητών γίνεται, όπως και στις άλλες μη παραμετρικές μεθόδους που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη ενότητα, με βάση τις τάξεις και όχι τις τιμές των μεταβλητών.

Σύνδεση συναθροίσεων – περιβάλλοντος με τη μέθοδο BIO-ENV (Clarke & Ainsworth 1993)

Η συγκεκριμένη μέθοδος σχεδιάστηκε με σκοπό να απαντήσει δύο βασικά ερωτήματα: α) πόσο καλά η δομή μιας συνάθροισης εξηγείται από ένα σύνολο περιβαλλοντικών παραμέτρων και β) ποιες παράμετροι είναι περιττές, με την έννοια ότι δεν ενισχύουν την επεξήγηση των βιοτικών προτύπων όταν προστεθούν σε ένα σύνολο παραμέτρων που ήδη φαίνεται να εξηγεί τα παρατηρούμενα πρότυπα. Πρόκειται για μια σχετικά απλή μέθοδο που τα τελευταία χρόνια όμως χρησιμοποιείται συχνά και ιδιαίτερα αποτελεσματικά στη θαλάσσια έρευνα. Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι ότι δύο δείγματα τα οποία είναι όμοια όσον αφορά σε έναν αριθμό συγκεκριμένων και καθοριστικών φυσικοχημικών παραμέτρων θα αναμένεται να έχουν παρόμοια σύνθεση ειδών. Αυτό σημαίνει πως για τη συγκεκριμένη ανάλυση χρειάζονται δύο ξεχωριστά σύνολα δεδομένων, ένα με μετρήσεις πανιδικών κι ένα με μετρήσεις περιβαλλοντικών παραμέτρων, τα οποία αρχικά δέχονται ανεξάρτητους χειρισμούς (π.χ. κατάλληλους μετασχηματισμούς δεδομένων). Στη συνέχεια, υπολογίζονται ανεξάρτητα οι πίνακες ομοιότητας για κάθε σετ δεδομένων. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα (2.6.3) για πανιδικά δεδομένα χρησιμοποιείται ο δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis, ενώ οι αποστάσεις των περιβαλλοντικών παραμέτρων υπολογίζονται γεωμετρικά (Ευκλείδειες αποστάσεις). Ο πίνακας ομοιότητας των πανιδικών δεδομένων υπολογίζεται μόνο μία φορά ενώ για τα περιβαλλοντικά δεδομένα υπολογίζεται τόσες φορές όσοι ακριβώς είναι και οι πιθανοί συνδυασμοί των διαφορετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων σε κάθε

επίπεδο πολυπλοκότητας. Δηλαδή, αρχικά δημιουργούνται πίνακες για κάθε περιβαλλοντική παράμετρο, στη συνέχεια πίνακες για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς 2 παραγόντων, μετά για 3 κτλ. Κάθε φορά που κατασκευάζεται ένας νέος πίνακας ομοιότητας με περιβαλλοντικά δεδομένα υπολογίζεται ο συντελεστής συσχέτισης του Spearman ανάμεσα σε αυτόν και τον πίνακα ομοιότητας των πανιδικών δεδομένων. Με αυτή την επαναληπτική διαδικασία, επιλέγεται τελικά εκείνο το υποσύνολο των περιβαλλοντικών παραμέτρων που εμφανίζει τη μεγαλύτερη συσχέτιση με τον πίνακα ομοιότητας των βιοτικών δεδομένων και θεωρείται ότι εξηγεί καλύτερα τη συγκεκριμένη δομή της συνάθροισης.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι δε συνδέεται άμεσα με τη μέθοδο διευθέτησης που επιλέγεται, επιτρέποντας έτσι τη χρήση ανεξάρτητων τεχνικών απεικόνισης για κάθε κατηγορία δεδομένων. Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η μεγάλη ευελιξία που παρουσιάζει, αφού ουσιαστικά επιτρέπει την εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων μέτρησης της ομοιότητας για κάθε κατηγορία δεδομένων. Ωστόσο, η μέθοδος έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα και αυτό είναι το γεγονός πως στην πολύ συνηθισμένη περίπτωση που κάποιες από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους συσχετίζονται μεταξύ τους θα πρέπει όλες αυτές εκτός μίας να εξαιρεθούν από την ανάλυση.

Όπως και οι υπόλοιπες πολυμεταβλητές αναλύσεις, έτσι και οι μέθοδος BIO-ENV πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο PRIMER 5 for Windows v5.2.2.

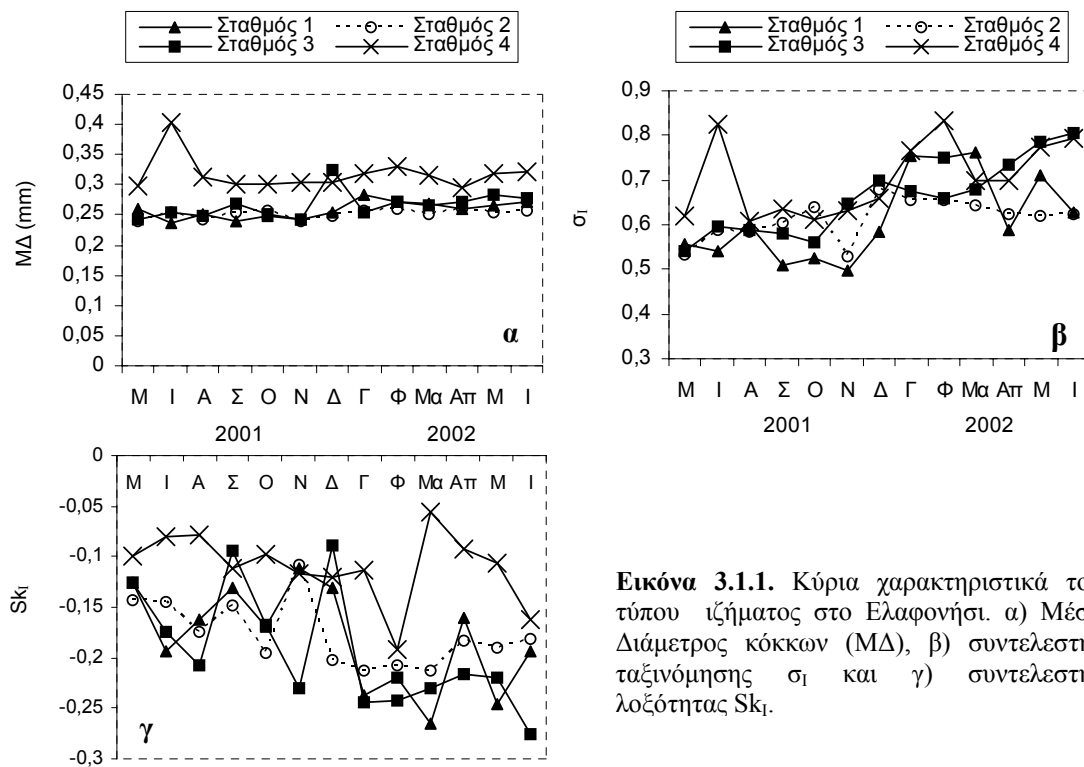
Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα

3.1 Το φυσικό περιβάλλον στις παραλίες

3.1.1 Μέγεθος και ταξινόμηση των μεριδίων του ιζήματος

Μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την περιγραφή του ενδιαιτήματος της μειοπανίδας είναι η κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος που άμεσα καθορίζει τις χωρικές συνθήκες και έμμεσα το φυσικο-χημικό περιβάλλον των οργανισμών. Το μέγεθος, η στρογγυλότητα των κόκκων του ιζήματος καθώς και η ποικιλότητα των διαφορετικών μεγεθών κόκκων αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά της κοκκομετρίας των ιζημάτων.

Το ποσοστό ιλύος-αργίλου σε όλους τους σταθμούς και των δύο παραλιών ήταν πάντοτε μικρότερο από 1%. Στο Ελαφονήσι, η μέτρια άμμος που χαρακτηρίζει τους σταθμούς και των δύο ζωνών ήταν μετρίως καλά ταξινομημένη με μέση διάμετρο κόκκων που κυμαίνονταν από 0,25 mm στη μεσοπαραλιακή ζώνη έως 0,4 mm στο σταθμό της υποπαραλιακής ζώνης και είχε πάντοτε αρνητικό συντελεστή λοξότητας (Εικόνα 3.1.1).

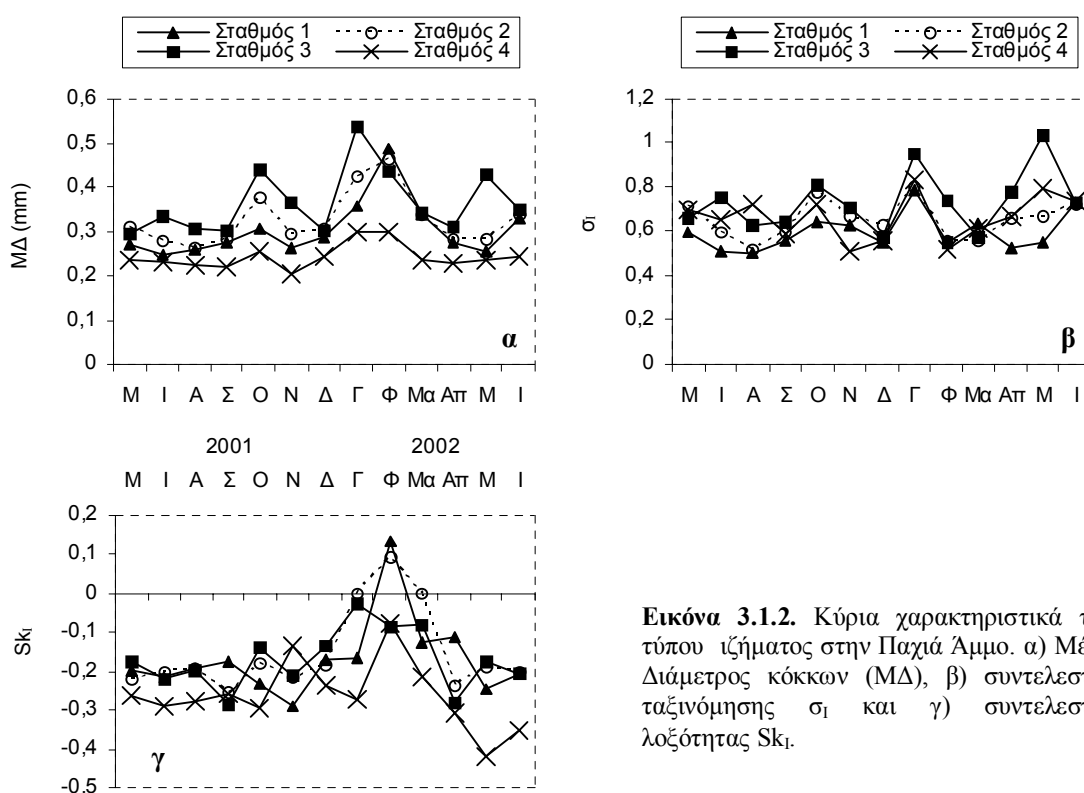


Εικόνα 3.1.1. Κύρια χαρακτηριστικά του τύπου ιζήματος στο Ελαφονήσι. α) Μέση Διάμετρος κόκκων (MΔ), β) συντελεστής ταξινόμησης σ_i και γ) συντελεστής λοξότητας Sk_1 .

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1.1.α, ελαφρά πιο αδρά ιζήματα βρέθηκαν στον σταθμό 4 της υποπαραλιακής ζώνης γεγονός που υποδεικνύει πως ο σταθμός θα πρέπει να ανήκει σε ζώνη υψηλής ενέργειας. Γενικά, αδρότερα ιζήματα κοντά στην παραλία συναντώνται στη ζώνη θραύσης των κυμάτων (King 1972). Δεδομένου όμως ότι η συγκεκριμένη θέση μελέτης στην παραλία είναι ιδιαίτερα προστατευμένη και δεν παρατηρείται ποτέ κυματισμός σε αυτή, θα πρέπει να υποθέσουμε πως τα αδρότερα ιζήματα που παρατηρούνται στο συγκεκριμένο σταθμό οφείλονται σε επαγωγικά ρεύματα που δημιουργούνται κατά μήκος της ακτής λόγω κυματισμού στην ευρύτερη περιοχή. Οι εποχικές διακυμάνσεις της μέσης διαμέτρου κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών ήταν πάρα πολύ μικρές ενώ το μέγεθος των κόκκων της άμμου παρουσίαζε σχεδόν πάντα και για κάθε σταθμό, ομοιομορφία σε όλο το βάθος του πυρήνα ιζήματος. Αν και ο συντελεστής λοξότητας παρουσίασε μόνο αρνητικές τιμές σε όλους τους σταθμούς της παραλίας, το εύρος τιμών του διαφοροποιείται μεταξύ των δύο ζωνών. Στη μεσοπαραλιακή ζώνη οι τιμές του συντελεστή λοξότητας δηλώνουν ασυμμετρία κατανομής των διαφορετικών μεγεθών κόκκων του ιζήματος με κυριαρχία κλασμάτων λεπτότερων της μέσης διαμέτρου και την παρουσία ενός υποδεκαπλάσιου κλάσματος αδρών κόκκων, ενώ στην υποπαραλιακή ζώνη (σταθμός 4) με εξαίρεση τους μήνες Φλεβάρη και Ιούνη του 2002, ο συντελεστής κυμαινόταν οριακά κοντά σε τιμές που δηλώνουν συμμετρική κατανομή. Ουσιαστικά, το διαφορετικό εύρος τιμών μεταξύ των δύο ζωνών μεταφράζεται σε μικρότερη εναπόθεση πολύ λεπτού υλικού στους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης.

Στην παραλία της Παχιάς Άμμου η κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος φαίνεται να διαχωρίζει τις δύο ζώνες. Στη μεσοπαραλιακή, η σύσταση του ιζήματος παρουσίασε μικρή χρονική ετερογένεια με μέση διάμετρο κόκκων που κυμάνθηκε μεταξύ 0,25 mm και 0,53 mm (Εικόνα 3.1.2.α). Συνήθως, οι αμμώδεις παραλίες με λεπτή άμμο δεν παρουσιάζουν σημαντικές εποχικές μεταβολές του μεγέθους των κόκκων του ιζήματος. Όμως, σε παραλίες που το ίζημα είναι αδρότερο, οι χρονικές μεταβολές είναι σημαντικές και σχετίζονται με μεταβολές στην κυματική δράση. Γενικότερα, αδρότερα ιζήματα έχουν βρεθεί έπειτα από θυελλώδεις καιρικές συνθήκες (King 1972). Η ταξινόμηση του ιζήματος ήταν μέτρια καλή στους δύο πρώτους σταθμούς της ζώνης όμως στο σταθμό 3 κατά το μεγαλύτερο διάστημα του ενός έτους δειγματοληψιών τα ιζήματα ήταν μέτρια ταξινομημένα (Εικόνα 3.1.2.β, $\sigma_1 > 0,71\phi$). Ο συντελεστής λοξότητας εμφάνισε κυρίως αρνητικές τιμές (Εικόνα

3.1.2.γ) με εύρος που δηλώνει ασυμμετρία κατανομής των κόκκων του ιζήματος με επικράτηση κλασμάτων λεπτότερων της μέσης διαμέτρου και ύπαρξη υποδεκαπλάσιου κλάσματος αδρότερων κόκκων. Από το Γενάρη όμως έως και το Μάρτη του 2002 στους σταθμούς 2 και 3 τα ιζήματα παρουσιάζουν συμμετρική κατανομή, γεγονός που δηλώνει την εναπόθεση λεπτού υλικού στις συγκεκριμένες θέσεις της παραλίας. Αντίθετα, στο σταθμό 4, ο οποίος χαρακτηρίζεται από ιζήματα λεπτής άμμου, μέτρια ως μέτρια καλά ταξινομημένα, ο συντελεστής λοξότητας ήταν πάντοτε αρνητικός δηλώνοντας ένα περιβάλλον με έντονο υδροδυναμισμό όπου η εναπόθεση πολύ λεπτού υλικού ήταν δύσκολη καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης.

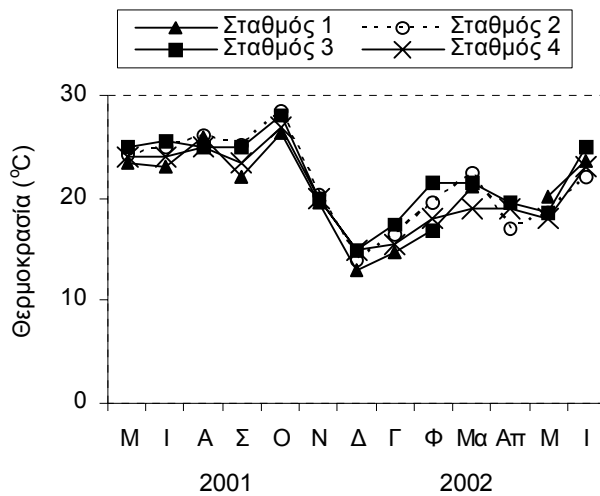


Εικόνα 3.1.2. Κύρια χαρακτηριστικά του τύπου ιζήματος στην Παχιά Άμμο. α) Μέση Διάμετρος κόκκων (ΜΔ), β) συντελεστής ταξινόμησης σ_1 και γ) συντελεστής λοξότητας Sk_1 .

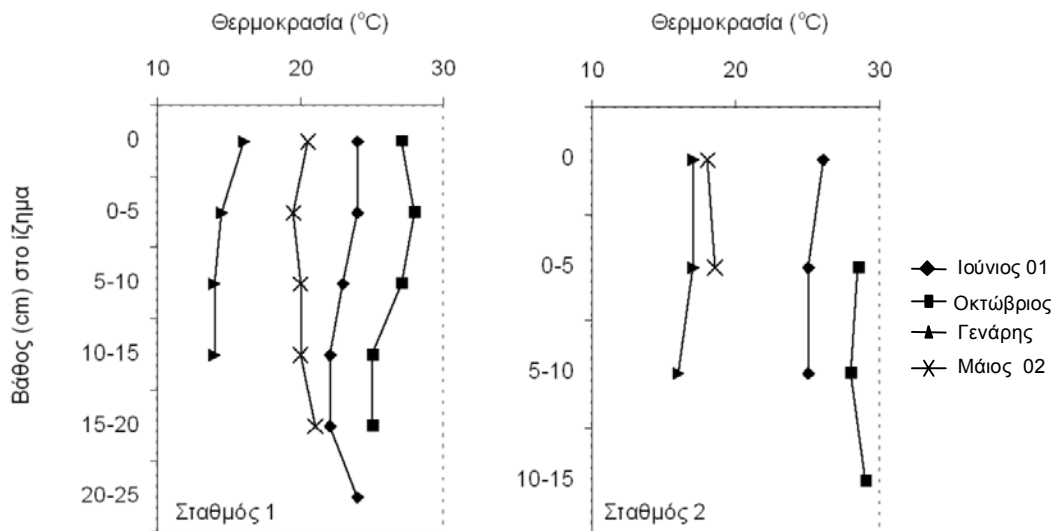
3.1.2 Θερμοκρασία

Η μειοπανίδα συναντάται σε πολλά και ποικίλα περιβάλλοντα, από τους πολικούς πάγους και τις τροπικές ακτές, μέχρι τις υδροθερμικές πηγές και την υπερπαραλιακή ζώνη των έντονων μεταβολών της θερμοκρασίας. Φαίνεται λοιπόν πως η θερμοκρασία δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την παρουσία του μειοβένθους, όμως, μπορεί να έχει δομικό χαρακτήρα γι' αυτό, ειδικά σε μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα (π.χ. παλιρροϊκά).

Οι τιμές θερμοκρασίας στο ίζημα της μεσοπαραλιακής ζώνης στο Ελαφονήσι κυμάνθηκαν από 13 °C το Δεκέμβριο στο σταθμό 1 έως 29 °C τον Οκτώβριο στο σταθμό 2 (Εικόνα 3.1.3). Γενικότερα, παρατηρούμε πως το εποχικό εύρος τιμών κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα σε όλους τους σταθμούς της παραλίας παρόλο το διαφορετικό βαθμό διαβροχής τους από το νερό και έκθεσης στον αέρα. Το πρότυπο μεταβολής της θερμοκρασίας φαίνεται να είναι όμοιο τόσο μεταξύ των δύο ζωνών όσο και μεταξύ των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης με εμφάνιση μικρής εποχικότητας, η οποία παρατηρείται έντονα τους χειμερινούς μήνες (Νοέμβριος – Φλεβάρης).



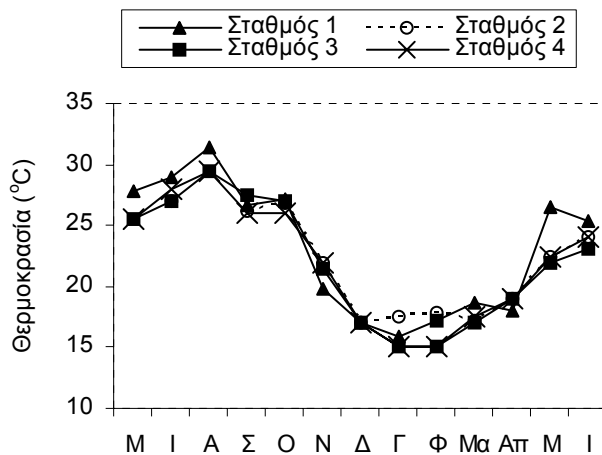
Εικόνα 3.1.3. Εποχική διακύμανση της θερμοκρασίας για τους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης και για τη στήλη του νερού στον σταθμό 4 της υποπαραλιακής ζώνης στο Ελαφονήσι.



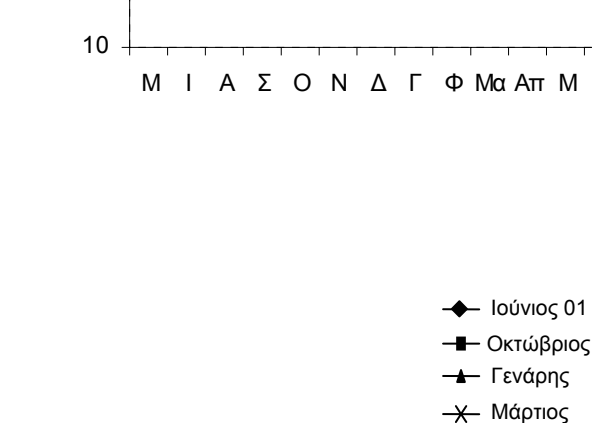
Εικόνα 3.1.4. Κατακόρυφα προφίλ θερμοκρασίας ιζήματος των δύο πρώτων σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης στο Ελαφονήσι σε επιλεγμένες δειγματοληπτικές περιόδους.

Μετρήσεις του θερμοκρασιακού προφίλ στο ίζημα των σταθμών 1 και 2, οι οποίοι μόνο διαβρέχονταν από το νερό, δείχνουν πως δεν παρουσιάζονταν σημαντικές διαβαθμίσεις της θερμοκρασίας σε σχέση με το βάθος στο ίζημα. Στην Εικόνα 3.1.4, όπου παρουσιάζονται επιλεκτικά οι κατακόρυφες διαβαθμίσεις της θερμοκρασίας ιζήματος σε συγκεκριμένες δειγματοληπτικές περιόδους, φαίνεται πως η θερμοκρασία στην επιφάνεια του ιζήματος (0 cm) διαφέρει συνήθως περισσότερο από αυτή των υπολοίπων στρωμάτων, προφανώς λόγω της μεγαλύτερης επίδρασης που δέχεται από τον αέρα.

Το πρότυπο μεταβολής της θερμοκρασίας στην παραλία της Παχιάς Άμμου, όπως και στο Ελαφονήσι, ήταν κοινό μεταξύ των σταθμών και των ζωνών. Το εύρος τιμών ήταν όμοιο σε όλους τους σταθμούς με ελάχιστο τους 15 °C το Γενάρη και το Φλεβάρη και μέγιστο τους 31,4 °C τον Αύγουστο στον πιο εκτεθειμένο σταθμό της μεσοπαραλιακής ζώνης, το σταθμό 1 (Εικόνα 3.1.5). Η εποχικότητα ήταν έντονη, με εμφανή, σταδιακή πτώση της θερμοκρασίας από το Νοέμβριο μέχρι και το Φλεβάρη και στη συνέχεια σταδιακή αύξηση μέχρι περίπου τα αρχικά επίπεδα τιμών.



Εικόνα 3.1.5. Εποχική διακύμανση της θερμοκρασίας για τους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης και για τη στήλη του νερού στο σταθμό 4 της υποπαραλιακής ζώνης στην Παχιά Άμμο.

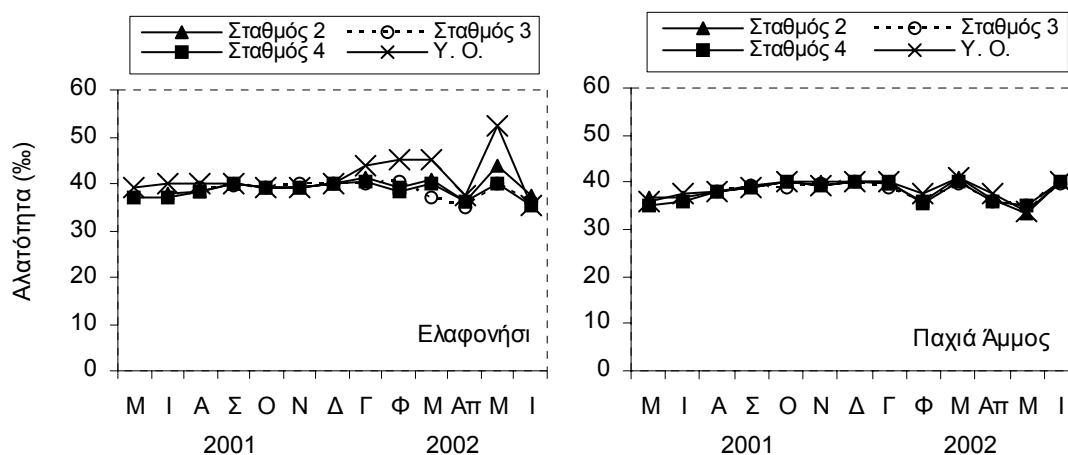


Εικόνα 3.1.6. Κατακόρυφα προφίλ θερμοκρασίας ιζήματος στο σταθμό 1 της μεσοπαραλιακής ζώνης στην Παχιά Άμμο σε επιλεγμένες δειγματοληπτικές περιόδους.

Οι κατακόρυφες διαβαθμίσεις της θερμοκρασίας στο ίζημα δεν ήταν ιδιαίτερα σημαντικές ακόμη και στο σταθμό 1, το καθεστώς διαβροχής και έκθεσης του οποίου μεταβαλλόταν συνεχώς μεταξύ ακραίων συνθηκών (Εικόνα 3.1.6).

3.1.3 Αλατότητα

Όπως συμβαίνει και με τη θερμοκρασία, η μειοπανίδα συναντάται σε όλα τα διαφορετικά περιβάλλοντα αλατότητας, όμως η παράμετρος αυτή μπορεί να είναι καθοριστική για τη σύνθεση των ειδών όταν εμφανίζονται απότομες διαβαθμίσεις της.



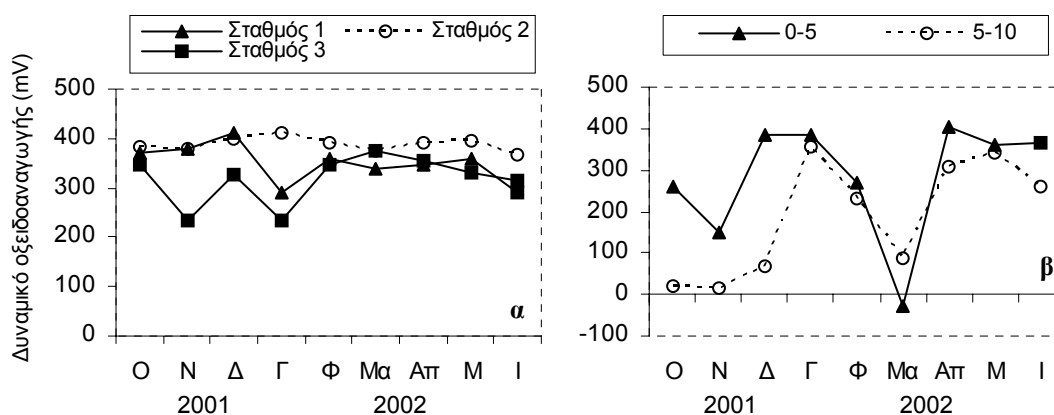
Εικόνα 3.1.7. Εποχική διακύμανση της αλατότητας του υδροφόρου ορίζοντα (Υ.Ο.) στο σταθμό 1, του μεσοδιαστηματικού νερού του ιζήματος στους σταθμούς 2 και 3 της μεσοπαραλιακής ζώνης και της στήλης του νερού στο σταθμό 4 της υποπαραλιακής ζώνης στο Ελαφονήσι και στην Παχιά Άμμο.

Τόσο στο Ελαφονήσι όσο και στην Παχιά Άμμο δεν υπήρχε επίδραση από γλυκά νερά και γι' αυτό η τιμές της αλατότητας ήταν πάντοτε υψηλότερες από 33‰ ακόμη κι όταν η δειγματοληψία πραγματοποιούνταν έπειτα από ισχυρή βροχόπτωση (Εικόνα 3.1.7). Μέγιστη τιμή αλατότητας στο Ελαφονήσι μετρήθηκε το Μάιο του 2002 στον υδροφόρο ορίζοντα του πρώτου σταθμού, στον οποίο εμφανίζονται οι υψηλότερες τιμές αλατότητας στις περισσότερες δειγματοληπτικές περιόδους. Στις παραλίες, η αλατότητα στο μεσοδιαστηματικό νερό μειώνεται σε σχέση με τις τιμές της παρακείμενης στήλης του νερού καθώς μετακινούμαστε προς την ξηρά, και ενδεχομένως όσο αυξάνεται το βάθος στο ίζημα, όταν υπάρχει εισροή γλυκού νερού από κάποια κοντινή πηγή (McLachlan & Turner 1994). Σε παραλίες όμως όπως αυτή του Ελαφονησίου όπου δεν υπάρχει ανάλογη επίδραση, η σποραδική κάλυψη ή ψεκασμός από το θαλασσινό νερό και η μετέπειτα έκθεση της περιοχής στη δράση του αέρα αυξάνουν την αλατότητα.

Στην Παχιά Άμμο, καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στις τιμές αλατότητας μεταξύ των δύο ζωνών (Εικόνα 3.1.7), καθώς επίσης και μεταξύ των διαφορετικών κλασμάτων του ιζήματος. Εντονότερες διακυμάνσεις της αλατότητας παρατηρήθηκαν κατά την περίοδο δειγματοληψιών του 2002, όπου σημειώθηκαν η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή (33,5 και 41% αντίστοιχα), διακυμάνσεις που φαίνεται να ακολουθούν τις μεταβολές των καιρικών συνθηκών. Οι χαμηλότερες τιμές το Φλεβάρη, Απρίλη και Μάη μετρήθηκαν σε ημερομηνίες όπου οι καιρικές συνθήκες ήταν ήπιες με ηλιοφάνεια και ελάχιστο άνεμο, αφού όμως είχε πάντοτε προηγηθεί κακοκαιρία με έντονη βροχή ή χιόνι.

3.1.4 Δυναμικό Οξειδοαναγωγής

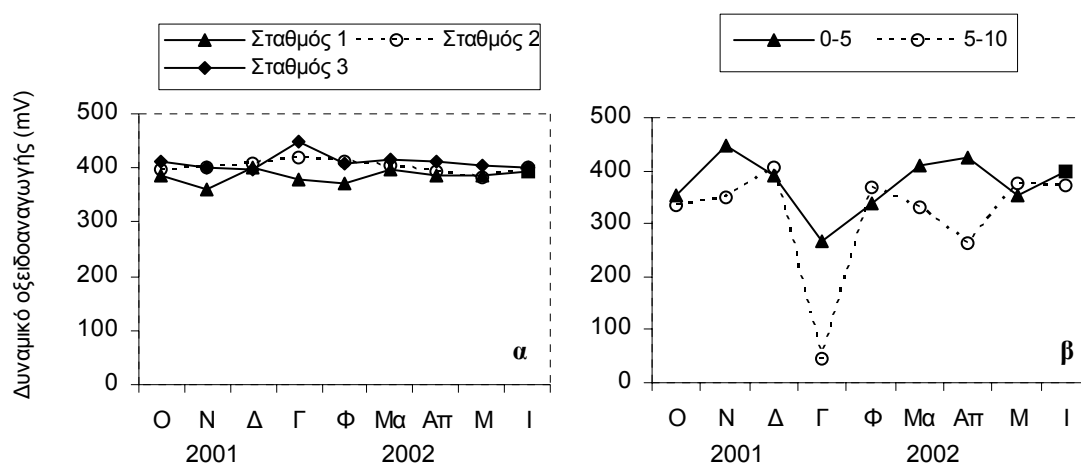
Δεδομένης της δυσκολίας άμεσης μέτρησης του οξυγόνου στο ιζήμα, το δυναμικό οξειδοαναγωγής εξακολουθεί να είναι μία από τις πιο συχνά μετρίσιμες περιβαλλοντικές παραμέτρους στις μειοβενθικές μελέτες που έμμεσα παρέχει μία ένδειξη της οξυγόνωσης του ιζήματος και των χημικών διεργασιών που συμβαίνουν σε αυτό. Γενικά, οι ανοιχτές αμμώδεις παραλίες θεωρούνται πολύ καλά οξυγονωμένες περιοχές υψηλής ενέργειας, όμως, αναγωγικά στρώματα είναι δυνατό να βρεθούν σε προστατευμένες παραλίες που χαρακτηρίζονται από λεπτή άμμο.



Εικόνα 3.1.8. Εποχική διακύμανση του Δυναμικού Οξειδοαναγωγής α) των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης και β) των δύο πρώτων κλασμάτων του σταθμού της υποπαραλιακής ζώνης στο Ελαφονήσι.

Στο Ελαφονήσι, οι τιμές του δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) στη μεσοπαραλιακή ζώνη (σταθμοί 1-3) κυμάνθηκαν μεταξύ 232 και 410 mV (Εικόνα 3.1.8α) γεγονός που δηλώνει πως οι πυρήνες ιζήματος που μελετήθηκαν ανήκουν στα καλά οξυγονωμένα στρώματα του ιζήματος. Το ίδιο καλά οξυγονωμένα φαίνεται να

είναι και τα πέντε πρώτα εκατοστά του ιζήματος της υποπαραλιακής ζώνης (σταθμός 4) με εξαίρεση το μήνα Μάρτιο όπου οι αρνητικές τιμές του Eh υποδηλώνουν την ύπαρξη αναγωγικών συνθηκών σε αυτό το στρώμα και επομένως ηπιότερες συνθήκες υδροδυναμισμού. (Εικόνα 3.1.8β) Στο αμέσως βαθύτερο κλάσμα ιζήματος μετρήθηκαν όλο το χρόνο θετικές τιμές όμως μόνο τους μήνες Γενάρη, Φλεβάρη, Απρίλη, Μάιο και Ιούνιο μπορεί να θεωρηθεί και αυτό το κλάσμα καλά οξυγονωμένο με τιμές μεγαλύτερες από 200 mV. Αντίθετα, τον Οκτώβρη, Νοέμβρη, Δεκέμβρη και Μάρτη οι τιμές του Eh δηλώνουν πως το συγκεκριμένο κλάσμα ανήκει στο στρώμα Ασυνέχειας Δυναμικού Οξειδοαναγωγής αφού μεταξύ των δύο κλασμάτων παρατηρείται μία απότομη μεταβολή του Eh προς χαμηλότερες τιμές.



Εικόνα 3.1.9. Εποχική διακύμανση του Δυναμικού Οξειδοαναγωγής α) των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης και β) των δύο πρώτων κλασμάτων του σταθμού της υποπαραλιακής ζώνης στην Παχιά Άμμο.

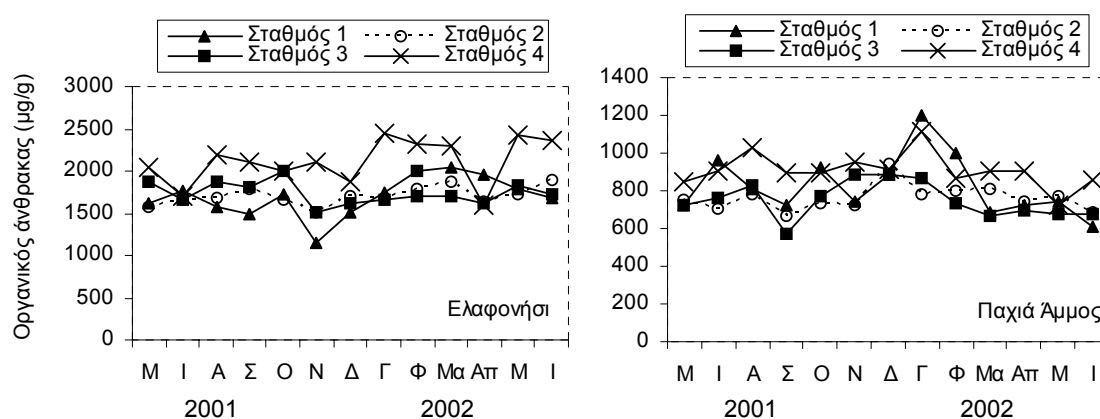
Οι τιμές του Δυναμικού Οξειδοαναγωγής στα ιζήματα της Παχιάς Άμμου ήταν πάντοτε θετικές με εύρος διακύμανσης μεταξύ 45 και 448 mV (Εικόνα 3.1.9). Τόσο η μεσοπαραλιακή όσο και η υποπαραλιακή ζώνη της παραλίας χαρακτηρίζονται από ιζήματα τα οποία είναι καλά οξυγονωμένα σε όλο το βάθος των πυρήνων μελέτης με εξαίρεση το σταθμό 4 το Γενάρη του 2002 (Εικόνα 3.1.9β), όπου το κλάσμα ιζήματος μεταξύ των 5 και 10 εκατοστών εμφανίζει πολύ χαμηλότερη τιμή από το επιφανειακό στρώμα, υποδηλώνοντας έτσι πως στα βαθύτερα κλάσματα οι αναγωγικές συνθήκες είναι πιο έντονες.

3.1.5 Σωματιδιακός οργανικός άνθρακας

Η οργανική ύλη των ιζημάτων, τα βιογενή θρύμματα και οι ζωντανοί οργανισμοί, αποτελεί μία σημαντική περιβαλλοντική παράμετρο που καθορίζει το

ενδιαίτημα των μειοβενθικών οργανισμών και επιδρά στην κατανομή τους. Αν και στους λασπώδεις βυθούς το ξηρό βάρος του σωματιδιακού οργανικού άνθρακα (POC) μπορεί να φτάνει και το 10% του ιζήματος, στις παραλίες είναι συνήθως μικρότερο του 1%.

Στο Ελαφονήσι, η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα στο ίζημα ήταν πάντοτε σε μικρά ποσοστά (< 0,3%) με τιμές που κυμάνθηκαν μεταξύ 1150 και 2453 $\mu\text{g/g}$. Στην Εικόνα 3.1.10 φαίνεται πως οι διακυμάνσεις του POC δεν ακολουθούν κάποιο εποχικό πρότυπο, ενώ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται στην υποπαραλιακή ζώνη (σταθμός 4) παρά το γεγονός ότι σε αυτήν τα ιζήματα ήταν αδρότερα. Αυτή η διαφοροποίηση μπορεί να αποδοθεί στον εντονότερο υδροδυναμισμό που εμφανίζεται στη μεσοπαραλιακή ζώνη, ο οποίος απομακρύνει τα λεπτά σωματίδια.



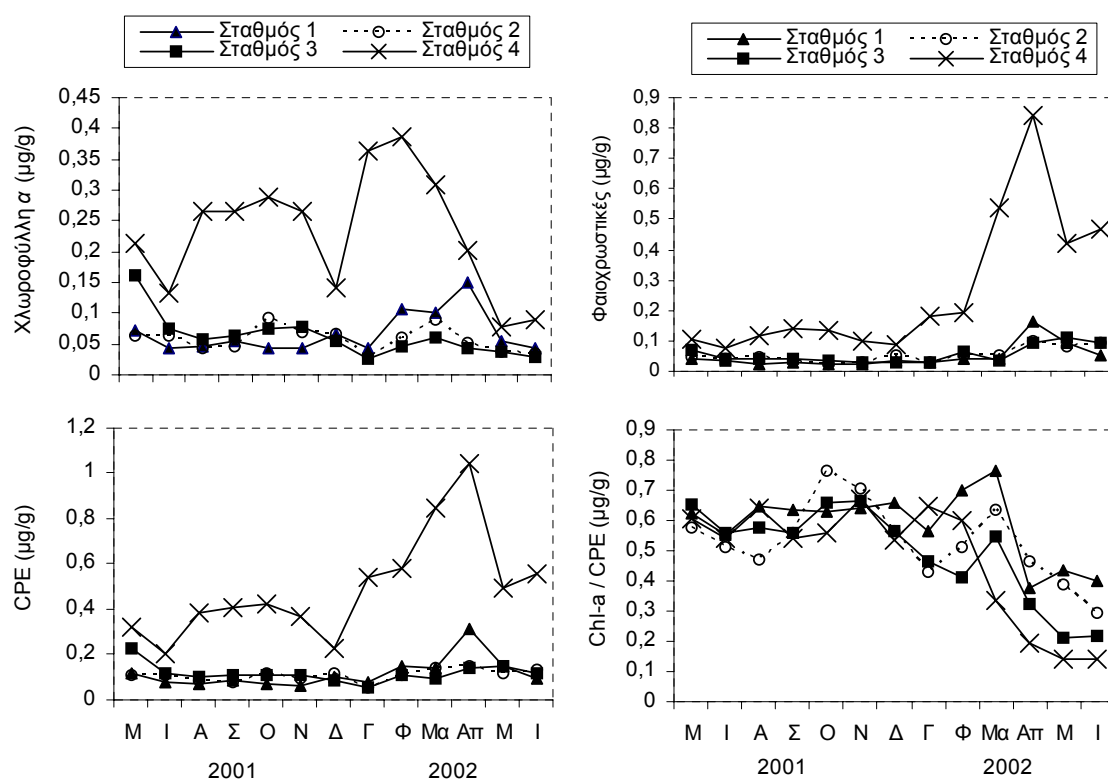
Εικόνα 3.1.10. Εποχική διακύμανση του οργανικού άνθρακα στο Ελαφονήσι και στην Παχιά Άμμο. Σημειώστε τη διαφορετική κλίμακα συγκεντρώσεων μεταξύ των δύο παραλιών.

Οι συγκεντρώσεις του σωματιδιακού οργανικού άνθρακα στο ίζημα των σταθμών της Παχιάς Άμμου κυμάνθηκαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα (575 – 1200 $\mu\text{g/g}$ ιζήματος) με ποσοστό πάντοτε μικρότερο του 0,13% (Εικόνα 3.1.10). Οι τιμές αυτές, αν και εντάσσονται στο εύρος χαμηλών τιμών που χαρακτηρίζει τις παραλίες, ωστόσο, είναι πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές που μετρήθηκαν στο Ελαφονήσι. Σε πρόσφατη όμως μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε διαφορετικού τύπου παραλίες στην Ιβηρική Χερσόνησο (Incera et al. 2003) βρέθηκε πως οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα είναι υψηλότερες σε προστατευμένες παραλίες. Μεταξύ των δύο ζωνών δεν παρατηρείται κάποια έντονη διαφοροποίηση όσον αφορά στις συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα, παρόλα αυτά, οι τιμές είναι κατά κανόνα υψηλότερες στο σταθμό 4 της υποπαραλιακής ζώνης. Η συγκεκριμένη διαπίστωση είναι μάλλον αναμενόμενη αφού ο σταθμός 4 χαρακτηρίζεται από

λεπτότερα ιζήματα τα οποία περικλείουν συνήθως μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οργανικού υλικού. Όπως και στο Ελαφονήσι, έτσι και στην Παχιά Άμμο το πρότυπο κατανομής των συγκεντρώσεων του σωματιδιακού οργανικού άνθρακα δεν παρουσιάζει έντονη εποχικότητα.

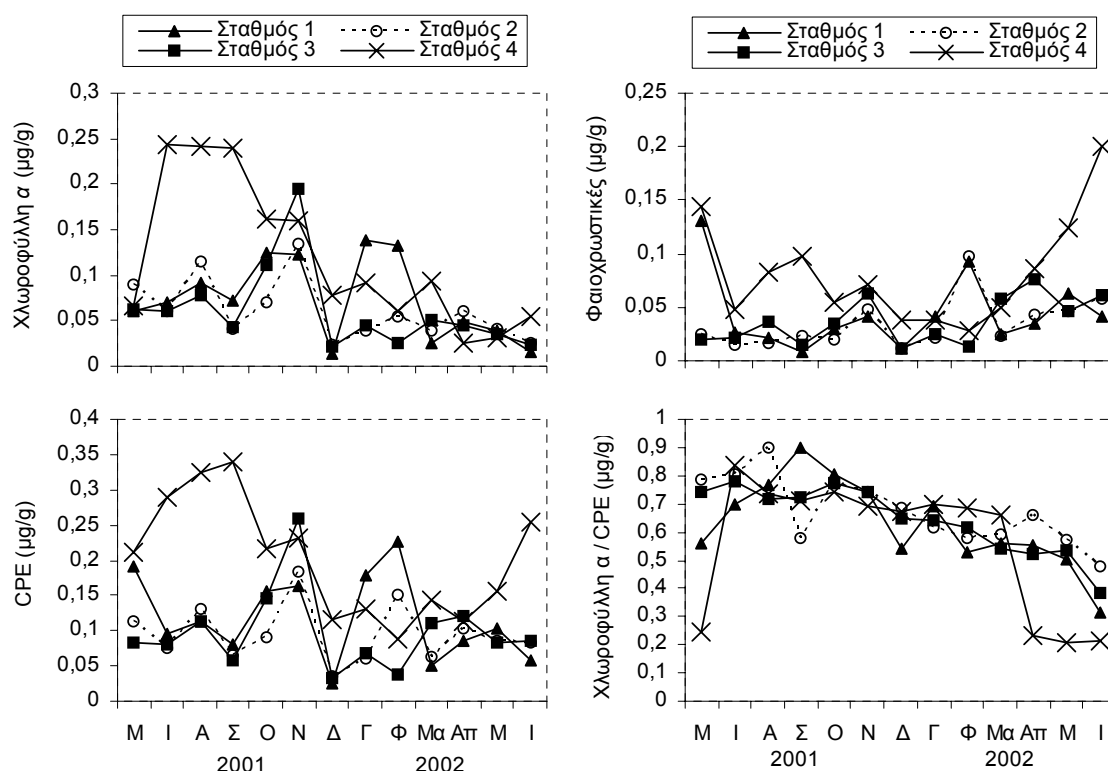
3.1.6 Χλωροπλαστικές χρωστικές

Οι αμμώδεις παραλίες θεωρούνται ζώνες χαμηλής πρωτογενούς παραγωγικότητας, όπου το ασταθές υπόστρωμα τους δεν επιτρέπει την προσκόλληση μακροφυκών. Έτσι, πιστεύεται πως η πανίδα στηρίζεται σε τροφή που προέρχεται κυρίως από την ανοιχτή θάλασσα και σε μικρότερο βαθμό από την ξηρά. Μερικές παραλίες όμως με καλά ανεπτυγμένες ζώνες απόσβεσης, θεωρούνται ημίκλειστα οικοσυστήματα με υψηλή παραγωγικότητα που οφείλεται στην παρουσία διατόμων προσαρμοσμένων στη ζώνη απόσβεσης (Lewin & Schaefer 1983). Σε κάθε περίπτωση, η συγκέντρωση των χλωροπλαστικών χρωστικών στο ίζημα επηρεάζει σημαντικά το πρότυπο της χωρικής κατανομής του μειοβένθους ως βασική πηγή τροφής αυτών των οργανισμών.



Εικόνα 3.1.11. Εποχική διακύμανση α) συγκέντρωσης χλωροφύλλης α, β) συγκέντρωσης φαιοχρωστικών, γ) Ισοδύναμου Χλωροπλαστικών Χρωστικών (CPE) και δ) του λόγου χλωροφύλλη α / CPE στο Ελαφονήσι.

Στο Ελαφονήσι, οι συγκεντρώσεις των χλωροπλαστικών χρωστικών κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα στη μεσοπαραλιακή ζώνη καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου (Εικόνα 3.1.11) με εύρος τιμών μεταξύ 0,025 και 0,16 $\mu\text{g/g}$ για τη χλωροφύλλη a και 0,03 και 0,16 $\mu\text{g/g}$ για τις φαιοχρωστικές. Υψηλότερες συγκεντρώσεις χρωστικών και ιδιαίτερα της χλωροφύλλης a , βρέθηκαν στην υποπαραλιακή ζώνη, οι οποίες κυμάνθηκαν μεταξύ 0,08 και 0,39 $\mu\text{g/g}$ για τη χλωροφύλλη a και 0,074 και 0,84 $\mu\text{g/g}$ για τις φαιοχρωστικές. Το άθροισμα των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης a και των φαιοχρωστικών (CPE) ακολουθεί παρόμοιο πρότυπο κατανομής με αυτό της χλωροφύλλης a , ενώ ο λόγος χλωροφύλλη a / CPE που κυμαίνεται μεταξύ του ίδιου εύρους τιμών σε όλους τους σταθμούς, φαίνεται να μεταβάλλεται με τον ίδιο τρόπο μεταξύ των διαφορετικών σταθμών με τάσεις μείωσης, δηλαδή με ισχυρότερη αποικοδόμηση της χλωροφύλλης a , την άνοιξη.



Εικόνα 3.1.12. Εποχική διακύμανση α) συγκέντρωσης χλωροφύλλης a , β) συγκέντρωσης φαιοχρωστικών, γ) Ισοδύναμου Χλωροπλαστικών Χρωστικών (CPE) και δ) του λόγου χλωροφύλλη a / CPE στην Παχιά Άμμο.

Κατά τη διάρκεια των πρώτων καλοκαιρινών δειγματοληψιών (Ιούλιος – Σεπτέμβριος 2001) οι συγκεντρώσεις χλωροφύλλης a στην υποπαραλιακή ζώνη της Παχιάς Άμμου είναι κατά πολύ υψηλότερες από τις αντίστοιχες της μεσοπαραλιακής ζώνης, τους επόμενους όμως μήνες η διαφορά αυτή εξομαλύνεται (Εικόνα 3.1.12α).

Οι τιμές των χλωροπλαστικών χρωστικών κυμάνθηκαν και σε αυτή την παραλία σε χαμηλά επίπεδα, με ελάχιστο συγκέντρωσης χλωροφύλλης a τα $0,014 \mu\text{g/g}$ ιζήματος το Δεκέμβριο στο σταθμό 1 και μέγιστο τα $0,24 \mu\text{g/g}$ ιζήματος το καλοκαίρι του 2001 στην υποπαραλιακή ζώνη. Κατά όμοιο τρόπο, οι φαιοχρωστικές παρουσίασαν ελάχιστο και μέγιστο στους ίδιους σταθμούς με συγκέντρωση που δεν ξεπερνά τα $0,01 \mu\text{g/g}$ το Σεπτέμβρη ενώ έφτανε τα $0,2 \mu\text{g/g}$ τον Ιούνιο του 2002 (Εικόνα 3.1.12β). Οι μηνιαίες και χωρικές διακυμάνσεις του αθροίσματος των συγκεντρώσεων των μετρούμενων χλωροπλαστικών (CPE) (Εικόνα 3.1.12γ) είναι όμοιες με τις αντίστοιχες της χλωροφύλλης a , ενώ ο λόγος χλωροφύλλη a / CPE μεταβάλλεται μεταξύ του ίδιου εύρους τιμών σε όλους τους σταθμούς με εξαίρεση την πρώτη και τις τρεις τελευταίες δειγματοληπτικές περιόδους, κατά τις οποίες παρατηρείται μικρότερος λόγος στο σταθμό 4, δηλαδή ισχυρή αποικοδόμηση της χλωροφύλλης a στην υποπαραλιακή ζώνη (Εικόνα 3.1.12δ).

Τόσο η χλωροφύλλη a όσο και οι φαιοχρωστικές παρουσίασαν υψηλότερες συγκεντρώσεις στην υποπαραλιακή ζώνη και των δύο παραλιών τους καλοκαιρινούς μήνες· ωστόσο, δε διακρίνεται κάποιο εποχικό πρότυπο στην κατανομή των συγκεντρώσεών τους. Οι εμφανείς μεταβολές των χλωροπλαστικών χρωστικών θα πρέπει επομένως να αποδοθούν στις διαφορετικές συνθήκες υδροδυναμισμού που παρατηρήθηκαν λόγω μεταβολών των καιρικών συνθηκών.

3.1.7 Χαρακτηριστικά μορφοδυναμικής των παραλιών

Αν και υπάρχουν αρκετές μελέτες που αναλύουν την απόκριση των βενθικών οργανισμών σε κάποιον μεμονωμένο παράγοντα του ιζήματος (βλέπε ανασκοπήσεις από McLachlan 1983, Coull 1988), η μελέτη της σχέσης του βένθους με μορφοδυναμικά χαρακτηριστικά των παραλιών ξεκίνησε τη δεκαετία του '90 για τη μακροπανίδα (McLachlan 1990, Gimenez & Yannicelli 1997, Brazeiro 2001, Veloso & Cardoso 2001, Bayed 2003) και επεκτάθηκε στη μειοπανίδα μόλις με την αλλαγή της νέας χιλιετίας (Rodriguez et al. 2001, Rodriguez et al. 2003, Rodriguez 2004). Οι μελέτες αυτές έδειξαν πως βασικοί βιολογικοί δείκτες όπως η αφθονία, η βιομάζα, η ποικιλότητα σε επίπεδο κύριων ταξινομικών ομάδων αλλά και ειδών συσχετίζονται με τον τύπο μιας παραλίας όπως αυτός καθορίζεται από τη μορφοδυναμική της.

3.1.7.1 Βαθμός έκθεσης

Ο καθορισμός του βαθμού έκθεσης κάθε παραλίας στον υδροδυναμισμό και του τύπου στον οποίο ανήκει στηρίχθηκε στο σύστημα κατάταξης που προτείνει ο McLachlan (1980a) για τις αμμώδεις παραλίες. Καθώς ο ίδιος συγγραφέας προτείνει όταν υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιούνται οι μέσοι όροι των παραμέτρων από διαφορετικές μετρήσεις, στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε για όλες τις παραμέτρους ο μέσος όρος από τις δεκατρείς μηνιαίες δειγματοληψίες.

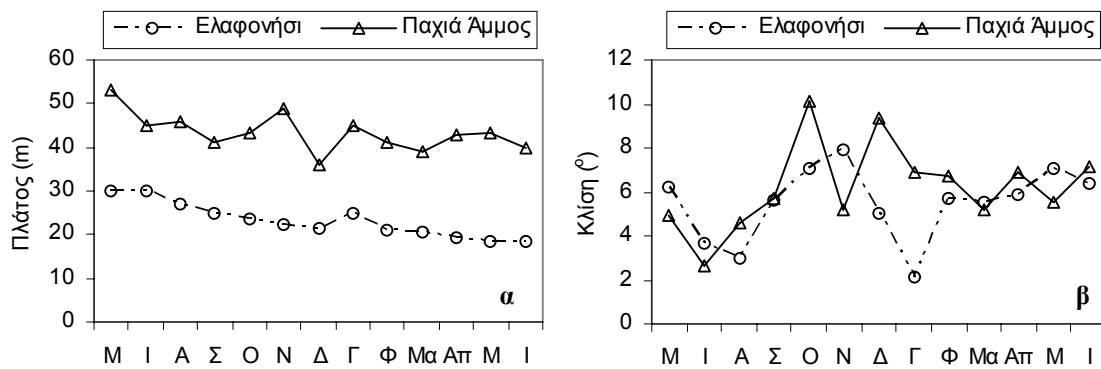
Έτσι, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1.1, οι δύο παραλίες μελέτης κατατάσσονται στις ενδιάμεσες κατηγορίες του συστήματος με το Ελαφονήσι να χαρακτηρίζεται προστατευμένη παραλία (σύνολο βαθμών 7,5) και την Παχιά Άμμο εκτεθειμένη (σύνολο βαθμών 11).

Πίνακας 3.1.1. Καθορισμός του τύπου των παραλιών μελέτης βάσει του συστήματος κατάταξης με χρήση πολλαπλών παραμέτρων του McLachlan.

Παράμετρος	Ελαφονήσι		Παχιά Άμμος	
	Εκτίμηση	Βαθμοί (μέγιστο)	Εκτίμηση	Βαθμοί (μέγιστο)
Κυματισμός	σχεδόν απουσιάζει	0 (4)	μέτριος	1,5 (4)
Πλάτος ζώνης απόσβεσης (εφόσον ο βαθμός κυματισμού υπερβαίνει το 1)	δεν υπάρχει	0 (2)	μικρό – μέτριο	1,5 (2)
% πολύ λεπτής άμμου	<1	2 (2)	<1	2 (2)
ΜΔ (μm)	240 - 320	2 (7)	254-510	2,5 (7)
Κλίση παραλίας	1/10		1/10	
Βάθος αναγωγικών στρωμάτων (cm)	>30	2,5 (4)	>30	2,5 (4)
Παρουσία ζώων με σταθερές φωλιές στο ίζημα	όχι	1 (1)	όχι	1 (1)
	Σύνολο βαθμών	7,5 (20)		11 (20)
	Τύπος παραλίας	Προστατευμένη		Εκτεθειμένη

3.1.7.2 Πλάτος και Κλίση

Το πλάτος κάθε παραλίας υπολογιζόταν μηνιαία μετρώντας την απόσταση της ακτογραμμής από ένα σταθερό σημείο στην ξηρά και όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1.13α, από την έναρξη μέχρι και τη λήξη των δειγματοληψιών οι μεταβολές του πλάτους και των δύο παραλιών ήταν αισθητές με 38% μείωση στο Ελαφονήσι και 25% στην Παχιά Άμμο.



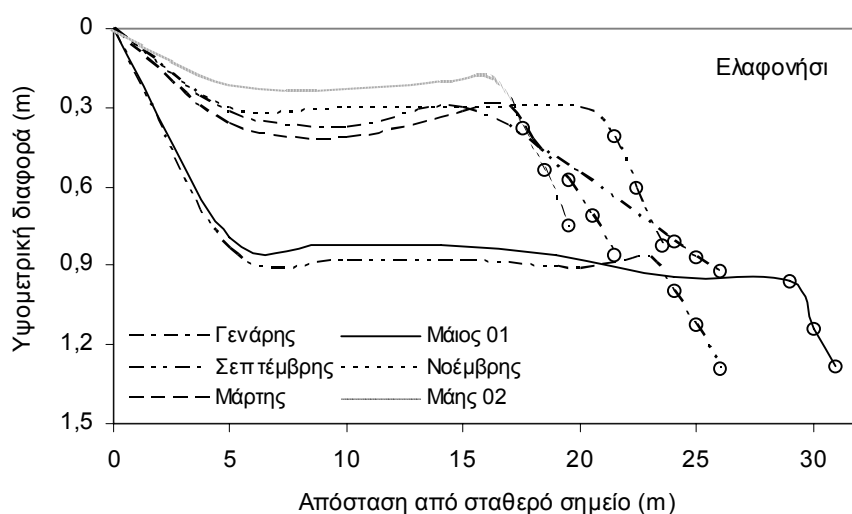
Εικόνα 3.1.13. Μηνιαίες μεταβολές α) του πλάτους και β) της κλίσης του μετώπου της παραλίας για το Ελαφονήσι και την Παχιά Άμμο.

Μηνιαίες μεταβολές παρατηρήθηκαν και στην κλίση του μετώπου κάθε παραλίας (Εικόνα 3.1.13β). Το συγκεκριμένο μέγεθος αποτελεί μία από τις κύριες παραμέτρους στην εκτίμηση της υδροδυναμικής κατάστασης μιας παραλίας και συνήθως αυξάνεται καθώς μειώνεται ο βαθμός έκθεσης μιας παραλίας. Στο Ελαφονήσι η κλίση του μετώπου της παραλίας εμφανίζεται ομαλή τους πρώτους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιος 01 – Αύγουστος), στη συνέχεια όμως και καθ' όλη τη διάρκεια του φθινοπώρου παρουσιάζει μία τάση αύξησης με το μέτωπο της παραλίας να γίνεται περισσότερο απότομο το Νοέμβρη. Τους επόμενους μήνες η κλίση μειώνεται και πάλι και το Γενάρη, έπειτα από τις ιδιαίτερα κακές καιρικές συνθήκες που σημειώθηκαν το πρώτο δεκαήμερο του 2002, καταγράφεται η μικρότερη τιμή της για όλη τη διάρκεια της μελέτης. Στην Παχιά Άμμο το μέτωπο της παραλίας εμφανίζει ομαλότερη κλίση τον Ιούνιο του 2001, η οποία όμως στη συνέχεια αυξάνει και φτάνει τη μέγιστη τιμή της για τη διάρκεια της μελέτης τον Οκτώβρη. Σημαντικό θα ήταν να παρατηρήσουμε, πως ενώ η Παχιά Άμμος είναι μία εκτεθειμένη παραλία και θα περιμέναμε να εμφανίζει κλίση μετώπου μικρότερη από αυτή που μετρήθηκε στο Ελαφονήσι, ωστόσο οι τιμές που μετρήθηκαν κινούνται σε γενικές γραμμές στα ίδια επίπεδα με αυτών που μετρήθηκαν στο Ελαφονήσι.

3.1.7.3 Εποχικά προφίλ

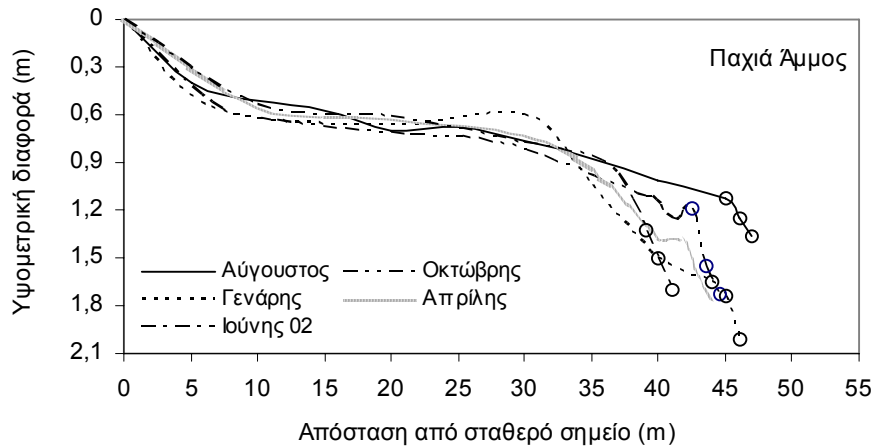
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1.14 το προφίλ της παραλίας του Ελαφονησίου παρουσιάζει μηνιαίες διαφορές που αφορούν τόσο στη μετακίνηση της ακτογραμμής όσο και στη μεταβολή της κλίσης σε διαφορετικές θέσεις της παραλίας, με ιδιαίτερα εμφανή την εναλλαγή μέσα στο χρόνο μεταξύ δύο διαφορετικών μορφών που εμπίπτουν όμως και οι δύο στο προφίλ τύπου με αμμώδες ύψωμα. Τους πρώτους

καλοκαιρινούς μήνες λοιπόν, στην αρχή της μελέτης, το κομμάτι της παραλίας όπου περιορίστηκε η μελέτη εμφανίζει μία απότομη κλίση ($> 9^\circ$) αμέσως μετά το σταθερό σημείο (κοντινότερη στην ακτογραμμική βλάστηση), σε απόσταση μόλις πέντε μέτρων. Στη συνέχεια η κλίση είναι ομαλή ($< 0,05^\circ$) μέχρι και τον πρώτο σταθμό μελέτης από όπου ξεκινά το μέτωπο της παραλίας, οπότε και η κλίση γίνεται και πάλι απότομη ($> 7^\circ$). Τους υπόλοιπους μήνες όμως, η κλίση αμέσως μετά τη βλάστηση γίνεται πιο ομαλή ενώ εξακολουθεί να αυξάνει απότομα στους σταθμούς μελέτης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η κλίση είναι μεγαλύτερη σε παραλίες που δεν είναι εκτεθειμένες, όμως η απότομη κλίση που εμφανίζεται στα πρώτα μέτρα καταγραφής του προφίλ της παραλίας εκτός από τη διαφοροποίηση των καιρικών συνθηκών θα πρέπει να οφείλεται και σε ανθρωπογενείς παράγοντες όπως η έντονη τουριστική δραστηριότητα που σημειώθηκε τους πρώτους μήνες της μελέτης.



Εικόνα 3.1.14. Επιλεγμένα προφίλ της περιοχής μελέτης στο Ελαφονήσι για το χρονικό διάστημα Μάιος 2001 – Ιούνιος 2002. Στα σημεία όπου σημειώνονται δακτύλιοι αντιστοιχούν οι σταθμοί μελέτης 1, 2 και 3.

Η παραλία στην Παχιά Άμμο εμφανίζει, φυσικά, μηνιαίες μορφολογικές μεταβολές, όμως αυτές είναι ομαλές στη διάρκεια του ενός χρόνου μελέτης και μόνο τους μήνες Αύγουστο και Οκτώβρη το προφίλ της μεταβάλλεται από καλοκαιρινό σε χειμερινό τύπου (Εικόνα 3.1.15). Η κλίση είναι μικρή στα πρώτα 30 μέτρα από το σταθερό σημείο αποτύπωσης των προφίλ (πεζόδρομος) ενώ στη συνέχεια και καθώς προσεγγίζονται οι σταθμοί μελέτης στο μέτωπο της παραλίας, η κλίση αυξάνεται από $1,15^\circ$ σε περισσότερο από 10° .

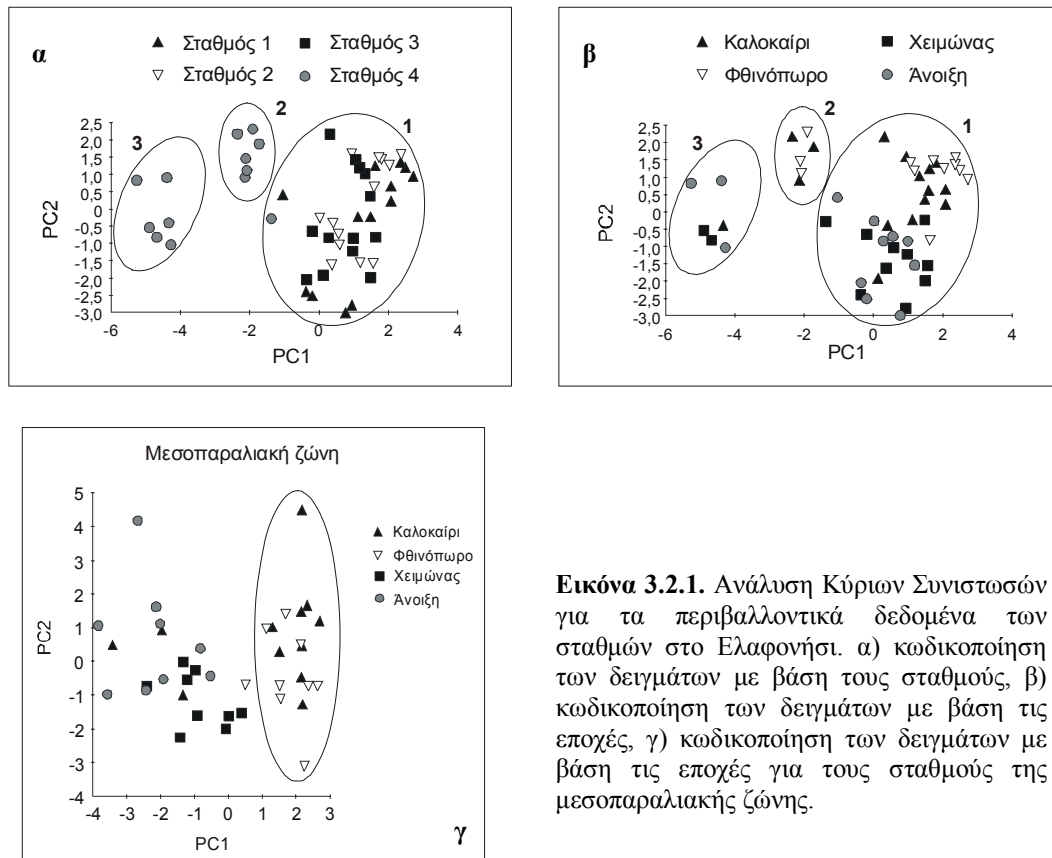


Εικόνα 3.1.15. Επιλεγμένα προφίλ της περιοχής μελέτης στην Παχιά Άμμο για το χρονικό διάστημα Μάιος 2001 – Ιούνιος 2002. Στα σημεία όπου σημειώνονται δακτύλιοι αντιστοιχούν οι σταθμοί μελέτης 1, 2 και 3.

3.2 Περιβαλλοντικές ζωνώσεις

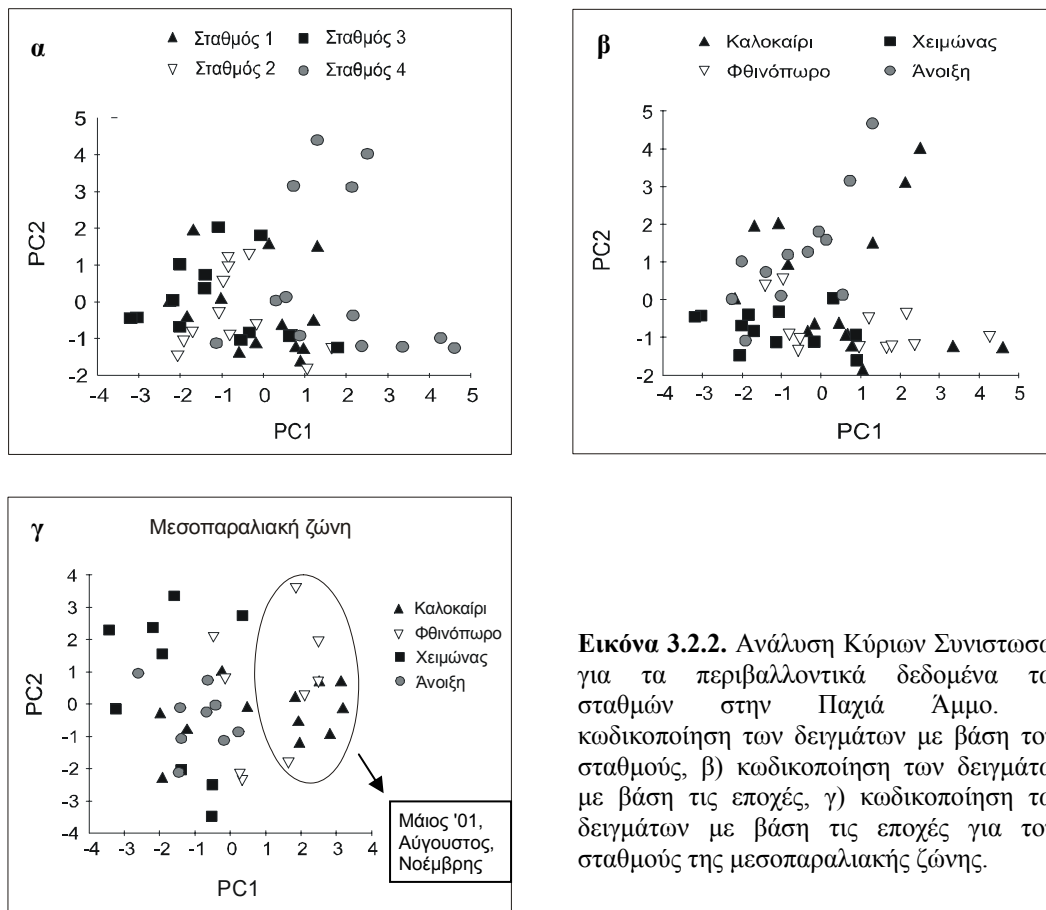
Μέχρι αυτό το σημείο, εξετάστηκε ένας αριθμός περιβαλλοντικών παραμέτρων που θεωρούνται σημαντικές για την παρουσία και ανάπτυξη του βένθους καθώς και για τον καθορισμό του χαρακτήρα των παραλιών, στην απλή βάση του εύρους τιμών μέσα στο οποίο κυμαίνεται η κάθε μία από αυτές αλλά και των εποχικών και χωρικών μεταβολών που παρουσιάζουν. Στη φύση όμως, όλοι αυτοί οι παράγοντες που παρουσιάστηκαν χωριστά αλληλεπιδρούν με διάφορους τρόπους δημιουργώντας ένα πολύπλοκο σύστημα απέναντι στο οποίο η μειοπανίδα αντιδρά με ποικίλους τρόπους ανάλογα με το συνδυασμό των διαφόρων παραγόντων. Αυτό λοιπόν που θα είχε πλέον ενδιαφέρον είναι να διερευνήσουμε κατά πόσο τα διαφορετικά στο χώρο και χρόνο περιβάλλοντα της μελέτης μπορούν να ομαδοποιηθούν ή να διαφοροποιηθούν με βάση κάποιες ή το σύνολο των περιβαλλοντικών παραμέτρων που εξετάστηκαν.

Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) σε όλα τα περιβαλλοντικά δεδομένα της μελέτης. Προτού εφαρμοστεί PCA και για να εξετάσουμε κατά πόσο τα δεδομένα χρειαζόνταν κάποιο είδος μετασχηματισμού ώστε τα αποτελέσματα της ανάλυσης να είναι αξιόπιστα, δημιουργήθηκαν διαγράμματα συσχετίσεων ανά ζεύγη (Draftsman plot) μεταξύ όλων των περιβαλλοντικών παραμέτρων που μετρήθηκαν. Τα διαγράμματα αυτά υπέδειξαν τους απαραίτητους μετασχηματισμούς ($\log(x+1)$) για τα δεδομένα των βιοτικών παραμέτρων, $\sqrt{(x+0,5)}$ για τις παραμέτρους της κοκκομετρίας) ενώ ταυτόχρονα φάνηκε ότι δεν υπάρχει κάποια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των περιβαλλοντικών παραμέτρων και επομένως μπορούσαν να ενταχθούν όλες στην ανάλυση.



Εικόνα 3.2.1. Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών για τα περιβαλλοντικά δεδομένα των σταθμών στο Ελαφονήσι. α) κωδικοποίηση των δειγμάτων με βάση τους σταθμούς, β) κωδικοποίηση των δειγμάτων με βάση τις εποχές, γ) κωδικοποίηση των δειγμάτων με βάση τις εποχές για τους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης.

Η εφαρμογή της PCA στα δεδομένα του συνόλου των σταθμών στο Ελαφονήσι (Εικόνα 3.2.1α-β) υπέδειξε πως οι δύο πρώτοι άξονες εξηγούν ένα σχετικά μικρό ποσοστό της μεταβλητότητας των σταθμών (41,3 και 18,3% αντίστοιχα), ωστόσο μας επιτρέπει να διακρίνουμε την ύπαρξη τριών βασικών ομάδων. Στην πρώτη, ανήκουν οι σταθμοί της μεσοπαραλιακής ζώνης, όπου η Εικόνα 3.2.1β μας βοηθά να καταλάβουμε πως στο ανώτερο τμήμα αυτής της ομάδας ομαδοποιούνται κυρίως οι ζεστοί μήνες των δειγματοληψιών (καλοκαίρι, φθινόπωρο), ενώ ο σταθμός 4 χωρίζεται σε δύο ομάδες, με το καλοκαίρι και το φθινόπωρο να διαχωρίζονται από το χειμώνα και την άνοιξη. Για τη χωρική και χρονική ετερογένεια που παρατηρείται κατά μήκος του πρώτου άξονα σημαντικό ρόλο παίζουν οι παράμετροι που συσχετίζονται με την παρουσία τροφής (αρνητική συσχέτιση με φαιοχρωστικές, CPE, χλωροφύλλη α, οργανικό άνθρακα) και τον τύπο του ιζήματος (μέση διάμετρος κόκκων) ενώ η μεταβλητότητα κατά μήκος του δεύτερου άξονα εξηγείται σε μεγάλο ποσοστό από παράγοντες που ερμηνεύουν τον τύπο του ιζήματος και το ενεργειακό καθεστώς των σταθμών (αρνητική συσχέτιση με συντελεστή λοξότητας, θετική συσχέτιση με συντελεστή ταξινόμησης) και δευτερευόντως με τη θερμοκρασία και την αλατότητα.



Εικόνα 3.2.2. Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών για τα περιβαλλοντικά δεδομένα των σταθμών στην Παχιά Άμμο. α) κωδικοποίηση των δειγμάτων με βάση τους σταθμούς, β) κωδικοποίηση των δειγμάτων με βάση τις εποχές, γ) κωδικοποίηση των δειγμάτων με βάση τις εποχές για τους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης.

Όταν η PCA εφαρμόζεται αποκλειστικά στους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης, τότε και συμπεριλαμβάνονται στην ανάλυση οι παράμετροι που σχετίζονται με τη μορφοδυναμική της παραλίας, παρατηρείται και πάλι χρονική ετερογένεια με τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες να διαφοροποιούνται από τους υπόλοιπους (Εικόνα 3.2.1γ). Το ποσοστό που εξηγείται από τους δύο πρώτους άξονες είναι ακόμη μικρότερο αυτή τη φορά (29,2 και 16,9% αντίστοιχα) και συμβάλλουν στον πρώτο άξονα περισσότερο η μορφοδυναμική της παραλίας (συντελεστής ταξινόμησης, πλάτος παραλίας, αρνητική συσχέτιση με συντελεστή λοξότητας) και έπειτα παράγοντες ενδεικτικοί της παρουσίας τροφής (αρνητική συσχέτιση με φαιοχρωστικές, θετική με χλωροφύλλη α), ενώ στο δεύτερο άξονα συμβάλλουν κυρίως παράγοντες τροφής (CPE, φαιοχρωστικές, χλωροφύλλη α , οργανικός άνθρακας).

Τα αποτελέσματα της ίδιας ανάλυσης για την παραλία της Παχιάς Άμμου δεν έδειξαν κάποιο ευκρινές πρότυπο ομαδοποιήσεων των σταθμών (Εικόνα 3.2.2), ενώ και σε αυτή την περίπτωση το ποσοστό μεταβλητότητας που εξηγείται από τους δύο πρώτους άξονες είναι χαμηλό (27,8 και 19,8%). Δύο μόνο παρατηρήσεις αξίζει ίσως

να σημειωθούν: η τοποθέτηση του σταθμού 4 κατά μήκος του πρώτου άξονα τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες (Εικόνα 3.2.2α-β) και η ομοιότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών όλων των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης τους μήνες Μάιο, Αύγουστο και Νοέμβρη του 2001 (Εικόνα 3.2.2γ). Για τη διάταξη των δειγμάτων συνέβαλαν και στη συγκεκριμένη παραλία περισσότερο οι παράμετροι που συνδέονται με τη διαθεσιμότητα τροφής (χλωροφύλλη, φαιοχρωστικές, CPE) καθώς και ο τύπος του ιζήματος και η μορφολογία της παραλίας (πλάτος και κλίση παραλίας, συντελεστής ταξινόμησης και λοξότητα).

3.3 Το μειοβένθος στις παραλίες της Κρήτης

3.3.1 Σύνθεση

Οι αμμώδεις παραλίες είναι ασταθή και συχνά πολύ εκτεθειμένα περιβάλλοντα τα οποία έχουν γενικά πολύ φτωγή μακροπανίδα αλλά πλούσια, σταθερή και ποικιλόμορφη μειοβενθική πανίδα. Οι κύριες ομάδες που εμφανίζονται στο μειοβένθος των αμμωδών παραλιών είναι οι νηματώδεις και τα κωπήποδα ενώ αρκετές άλλες ομάδες όπως οι στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες, τα γαστερότριχα, οι ολιγόχαιτοι μπορούν να έχουν ποικίλη σπουδαιότητα στα ιζήματα των παραλιών. Συνήθως, οι νηματώδεις επικρατούν σε μέτρια και λεπτά ιζήματα, όμως, καθώς το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος αυξάνει τα αρπακτικοειδή κωπήποδα πληθαίνουν και τελικά κυριαρχούν. Περιστασιακά, κάποιο άλλο τάξο μπορεί να βρίσκεται πρώτο ή δεύτερο από άποψη αφθονίας όπως για παράδειγμα τα γαστερότριχα. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές εναλλαγής της επικράτησης των νηματωδών με τα κωπήποδα, ως απόκριση του μειοβένθους στις εποχές, ενδεχομένως, λόγω μεταβολών στη θερμοκρασία και στη διαθεσιμότητα της τροφής, ενώ επιπλέον, μεταβολές στη σχετική επικράτηση των ομάδων του μειοβένθους έχουν βρεθεί σε σχέση με το βαθμό έκθεσης μιας παραλίας και το ύψος της παλίρροιας (Rao 1970, Hulings 1971a, Hulings 1974, McLachlan 1977a, b, Saad & Arlt 1977, Ito 1978). Στο σύνολο αυτών των εργασιών, οι ερευνητές δεν αναφέρουν κάποια ταυτόχρονη μεταβολή στη σύσταση του ιζήματος.

Και στο Ελαφονήσι, οι νηματώδεις και τα κωπήποδα ήταν οι πιο άφθονες ομάδες με μέσο ετήσιο ποσοστό 42% και 23% αντίστοιχα (Πίνακας 3.3.1). Ακολουθούν τα γαστερότριχα, τα οποία εμφανίζονται ως η δεύτερη πιο άφθονη ομάδα στο σταθμό 3, με εξαίρεση όμως τον υποπαραλιακό σταθμό 4 στον οποίο τα σκωληκόμορφα

παρουσιάζονται με αυξημένο ποσοστό. Σημαντική είναι και η συμμετοχή των ολιγόχαιτων ιδιαίτερα στους εκτεθειμένους σταθμούς 1 και 2 με μέσο ετήσιο ποσοστό 4%, ενώ οι υπόλοιπες μειοβενθικές ομάδες μεταζώων παρουσιάζουν μέσο ετήσιο ποσοστό μικρότερο από 2%. Αξιοσημείωτο είναι ωστόσο το γεγονός πως τα βλεφαριδοφόρα, η μόνη ομάδα πρωτόζωων που καταμετρήθηκε λόγω της υψηλής της αφθονίας, έχει αρκετά μεγάλο ποσοστό συμμετοχής στη σύνθεση του μειοβένθους που πλησιάζει σχεδόν το 6%, ενώ ξεπερνά το 14% στο σταθμό 3.

Πίνακας 3.3.1. Μέση συμμετοχή (%) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων σε κάθε σταθμό στο Ελαφονήσι και στην Παχιά Άμμο.

	Ελαφονήσι					Παχιά Άμμος				
	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4	μ.τ.	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4	μ.τ.
Νηματώδεις	44,2	28,9	55,5	39,9	42,1	10,0	12,2	19,3	71,3	28,2
Σκωληκόμορφα	7,5	9,3	3,9	14,3	8,7	2,7	3,5	2,5	5,6	3,6
Ωριμα κωπήποδα	15,9	23,6	4,6	7,6	12,9	47,5	42,0	16,8	3,9	27,5
Κωπηποδίτες	6,1	6,9	0,6	6,3	5,0	11,4	5,8	11,4	1,9	7,6
Ναύπλιοι κωπηπόδων	5,1	4,2	0,8	10,8	5,2	20,1	15,3	30,6	4,9	17,7
Σύνολο κωπηπόδων	27,1	34,7	5,9	24,6	23,1	78,9	63,1	58,7	10,7	52,9
Πολύχαιτοι	0,5	1,9	1,0	3,1	1,6	3,8	13,3	7,5	5,1	7,4
Ολιγόχαιτοι	9,7	5,5	0,8	0,5	4,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Γαστερότριχα	8,3	15,1	17,1	11,3	12,9	2,9	2,9	2,6	3,1	2,9
Οστρακώδη	0,3	0,2	0,1	1,0	0,4	0,4	1,7	2,0	0,4	1,1
Βραδυπόδα	0,3	0,6	1,2	0,3	0,6	0,1	0,2	0,3	1,0	0,4
Τροχόζωα	0,8	0,6	0,4	0,0	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
Ακάρεα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1
Βλεφαριδοφόρα	1,2	3,3	14,2	4,8	5,9	0,8	2,8	6,0	2,4	3,0
Διάφορα	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1

μ.τ., μέση τιμή

Σκωληκόμορφα, περιλαμβάνει τις ομάδες γναθοστομοειδή και στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες.

Διάφορα, περιλαμβάνει ομάδες με πολύ μικρές αφθονίες οι οποίες δεν εμφανίζονταν κάθε μήνα όπως είναι τα κινόρυγχα, τα γαστερόποδα, διάφορα καρκινοειδή κ.ά.

Στην Παχιά Άμμο μεγαλύτερη συμμετοχή στη σύνθεση της μειοπανίδας εξακολουθούν να έχουν οι νηματώδεις και τα κωπήποδα, με τα τελευταία όμως να καλύπτουν μέσο ετήσιο ποσοστό στους σταθμούς μελέτης μεγαλύτερο από 50% και σχεδόν διπλάσιο του αντίστοιχου των νηματωδών (28%) (Πίνακας 3.3.1). Τα γαστερότριχα με ποσοστό που αγγίζει το 3% ακολουθούν τις ομάδες των πολυχαιτών και των σκωληκόμορφων με μέσο ετήσιο ποσοστό μεγαλύτερο από 7% και 3% αντίστοιχα, ενώ τα βλεφαριδοφόρα κάνουν αισθητή την παρουσία τους και στην Παχιά Άμμο αν και σε μικρότερο ποσοστό σε σχέση με το Ελαφονήσι. Η απόλυτη επικράτηση των κωπηπόδων στους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης στην παραλία της Παχιάς Άμμου μπορεί να εξηγηθεί τόσο με την ύπαρξη ελαφρά αδρότερων ιζημάτων στη συγκεκριμένη ζώνη όσο και από τον υψηλότερο βαθμό έκθεσης της συγκεκριμένης παραλίας στον υδροδυναμισμό. Καθώς όμως

απομακρυνόμαστε από την ακτογραμμή με κατεύθυνση προς τη θάλασσα (σταθμός 4) η συνήθης παρατηρούμενη ισορροπία με τους νηματώδεις ως το κυρίαρχο τάξο (71%) επανέρχεται.

Πίνακας 3.3.2. Μέση εποχική συμμετοχή (%) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στο σταθμό 1 στο Ελαφονήσι.

	2001							2002					
	M	I	A	Σ	O	N	Δ	Γ	Φ	Μα	Απ	M	I
Νηματώδεις	88,2	68,1	49,1	29,4	18	9,9	26,5	61,4	47,5	54,1	51,3	35,3	49,4
Σκωληκόμορφα	5,2	1,5	2,7	9,5	2,5	2,5	3,8	3,6	3	6,4	3,3	31,7	3,8
Ωριμα κωπήποδα	1,6	10,4	8,1	29,1	44,4	41,5	14,6	11,1	3,8	3,3	9	2,2	9,8
Κωπηποδίτες	0,4	1,3	5,4	1,8	15,1	27,7	2,9	0,3	0,4	0	4,4	0,6	4,8
Ναύπλια κωπηπόδων	0,7	3,7	6,1	4,0	5,5	6,8	2,4	0,1	6,6	0,4	13,6	3,4	11,7
Σύνολο κωπηπόδων	2,7	15,3	19,6	34,8	65,0	76,0	19,8	11,5	10,8	3,7	27,0	6,2	26,4
Πολύχαιτοι	0,4	0,1	0,1	0,1	1,1	0,8	0,3	1,4	0,7	0,2	0,3	0,1	0,1
Ολιγόχαιτοι	0,4	10,4	6,9	8,0	8,8	3,1	4,5	0,1	23,4	20,2	7,2	21,5	14,2
Γαστερότριχα	0	0,8	8,7	13,8	3,7	6,9	41,5	12,3	11,5	13,5	10,1	4,7	6
Οστρακώδη	1,3	0,2	0,4	0	0,4	0,1	0,0	0,4	0,9	0	0	0	0
Βραδυπόρα	0	0	0	0	0	0	2,5	1,5	1,5	0,7	0,2	0	0
Τροχόζωα	1,0	1,6	10,0	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0
Βλεφαριδοφόρα	0,8	1,9	1,5	3,5	0,3	0,5	0,9	7,7	0,7	1,1	0,6	0,4	0,1
Διάφορα	0	0	1	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 3.3.3. Μέση εποχική συμμετοχή (%) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στο σταθμό 2 στο Ελαφονήσι.

	2001							2002					
	M	I	A	Σ	O	N	Δ	Γ	Φ	Μα	Απ	M	I
Νηματώδεις	28,1	31,0	12,1	16,2	37,3	37,4	34,2	29,1	28,5	21,5	34,6	23,1	45,6
Σκωληκόμορφα	1,3	6,8	19,4	12,5	8,0	26,5	14,7	2,0	6,1	16,3	14,0	11,4	2,6
Ωριμα κωπήποδα	27,3	41,8	21,9	10,0	31,1	6,4	3,1	49,9	12,1	23,0	15,8	21,6	28,4
Κωπηποδίτες	33,4	1,2	3,3	1,4	1,2	1,0	0,6	0,7	0,3	0,3	1,0	1,8	0,4
Ναύπλια κωπηπόδων	7,0	5,9	11,6	4,5	1,3	6,9	0,6	0,5	0,5	0,8	3,4	5,6	3,1
Σύνολο κωπηπόδων	67,7	48,9	36,8	15,8	33,6	14,4	4,4	51,2	12,9	24,2	20,2	28,9	31,9
Πολύχαιτοι	0,3	3,4	2,2	2,5	2,5	2,3	1,4	1,7	2,8	0,9	2,0	6,0	1,3
Ολιγόχαιτοι	1,5	1,4	4,4	4,7	0,5	3,6	3,6	0,2	23,4	12,9	3,8	9,9	7,0
Γαστερότριχα	0,4	2,5	17,5	44,8	14,7	12,6	37,8	5,4	20,5	20,7	20,7	11,7	8,2
Οστρακώδη	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	0,0	0,0	0,1	0,1
Βραδυπόρα	0,0	0,8	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	2,8	1,3	0,2	0,8	0,6	0,7
Τροχόζωα	0,3	2,0	3,1	0,1	0,2	0,4	0,0	0,3	0,2	0,0	0,2	0,0	0,3
Βλεφαριδοφόρα	0,3	2,3	3,9	3,3	2,7	2,7	3,9	6,9	4,0	3,3	3,6	8,0	2,3
Διάφορα	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0

Το ποσοστό συμμετοχής κάθε ομάδας στη δομή του μειοβένθους φαίνεται να μεταβάλλεται εποχικά και στις δύο παραλίες όπως ήταν άλλωστε αναμενόμενο. Στο σταθμό 1 στο Ελαφονήσι, οι νηματώδεις εμφανίζονται κατά κανόνα με υψηλό ποσοστό, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 10% το Νοέμβριο έως 88% στην πρώτη δειγματοληψία το Μάιο του 2001 (Πίνακας 3.3.2). Καθώς η αναλογία τους μειώνεται τους φθινοπωρινούς μήνες, τα αρπακτικοειδή κωπήποδα, τον οποίο το ποσοστό κυμαίνεται μεταξύ 3% το Μάιο του 2001 και 76% το Νοέμβριο, επικρατούν. Στο σταθμό 2 της ίδιας παραλίας η κυριαρχία των νηματωδών, η οποία δεν ξεπέρασε ποτέ το 46%, εναλλάσσεται κατά κανόνα με αυτή των κωπηπόδων. Ωστόσο, το Νοέμβριο και το Δεκέμβριο, όταν η θερμοκρασία μειώνεται σταδιακά, τα κωπήποδα

εκτοπίζονται από τη δεύτερη θέση από τα σκωληκόμορφα και τα γαστερότριχα αντίστοιχα (Πίνακας 3.3.3). Στο σταθμό 3 κυρίαρχη ομάδα ήταν πάντα οι νηματώδεις, το ποσοστό των οποίων κυμάνθηκε από 32% τον Αύγουστο μέχρι 84% τον Μάιο του 2001, ενώ ως δεύτερη αφθονότερη ομάδα εναλλάσσονταν τα βενθικά κωπήποδα (1,5 - 17%) με την ομάδα σκωληκόμορφα (1,5-13,5%) (Πίνακας 3.3.4). Στο σταθμό 4 της υποπαραλιακής ζώνης οι νηματώδεις δεν ξεπερνούν ποτέ το 50% (Πίνακας 3.3.5) ενώ παρατηρείται συγκυριαρχία με την ομάδα των κωπηπόδων τους μήνες στους οποίους παρατηρείται απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας (Μάιος 2001, Οκτώβριος – Δεκέμβριος 2001, Μάιος – Ιούνιος 2002).

Πίνακας 3.3.4. Μέση εποχική συμμετοχή (%) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στο σταθμό 3 στο Ελαφονήσι.

	2001							2002					
	M	I	A	Σ	O	N	Δ	Γ	Φ	Μα	Απ	M	I
Νηματώδεις	84,0	81,8	31,9	45,7	50,2	44,6	40,3	53,5	61,2	61,4	56,2	35,2	40,2
Σκωληκόμορφα	2,0	1,7	7,6	13,4	2,5	5,1	3,2	2,9	1,6	6,6	3,1	4,6	7,0
Ωριμα κωπήποδα	1,8	0,9	7,6	5,9	14,8	6,0	1,6	5,6	3,0	3,7	10,5	7,7	3,1
Κωπηποδίτες	1,1	0,2	0,1	0,2	0,8	1,5	0,1	0,2	0,2	0,5	0,4	1,8	1,2
Ναύπλια κωπηπόδων	0,9	0,5	1,5	0,4	1,4	1,9	0,6	0,1	0,7	0,5	0,9	1,0	1,4
Σύνολο κωπηπόδων	3,8	1,5	9,1	6,6	17,0	9,5	2,4	5,9	3,9	4,7	11,7	10,5	5,8
Πολύχαται	0,8	0,6	5,8	0,1	2,2	0,4	0,2	0,7	1,0	0,7	0,4	1,0	3,5
Ολιγόχαται	0,7	0,0	4,5	0,1	0,6	0,3	0,9	0,1	1,6	0,3	2,1	0,1	0,1
Γαστερότριχα	0,2	0,0	32,5	28,6	12,6	16,1	50,1	6,0	21,1	20,9	21,8	5,2	3,3
Οστρακώδη	0,2	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Βραδυπόρα	0,2	0,5	0,1	0,0	0,1	0,5	0,6	5,1	2,7	0,4	0,6	0,1	0,2
Τροχόζωα	0,4	0,9	3,6	0,0	1,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Βλεφαριδοφόρα	7,6	12,9	4,8	5,4	12,9	23,1	2,1	25,8	6,9	5,0	4,0	43,2	39,8
Διάφορα	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

Πίνακας 3.3.5. Μέση εποχική συμμετοχή (%) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στο σταθμό 4 στο Ελαφονήσι.

	2001							2002					
	M	I	A	Σ	O	N	Δ	Γ	Φ	Μα	Απ	M	I
Νηματώδεις	37,8	46,4	48,3	47,1	35,6	39,9	35,0	44,6	44,7	37,3	41,0	39,8	35,6
Σκωληκόμορφα	12,1	13,2	15,8	23,4	9,9	12,1	8,1	9,9	18,2	26,5	9,8	8,5	18,6
Ωριμα κωπήποδα	12,8	8,1	5,2	5,3	8,1	8,4	12,1	2,4	2,6	4,1	2,8	13,1	11,2
Κωπηποδίτες	7,1	5,6	5,0	4,3	7,7	8,5	9,2	0,9	4,1	4,1	2,8	11,7	8,8
Ναύπλια κωπηπόδων	18,3	10,7	11,1	8,4	17,2	20,3	16,0	1,0	5,6	8,4	4,4	14,1	14,3
Σύνολο κωπηπόδων	38,3	24,4	21,2	18,0	33,1	37,3	37,3	4,2	12,3	16,7	10,0	38,9	34,3
Πολύχαται	5,9	5,1	2,7	1,4	0,4	1,1	1,3	2,2	2,1	1,5	5,2	3,0	4,2
Ολιγόχαται	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Γαστερότριχα	1,6	4,9	3,2	5,6	9,2	6,4	8,0	29,2	9,6	12,4	30,0	3,8	2,7
Οστρακώδη	2,0	1,5	0,7	0,3	1,5	0,8	0,6	0,8	1,4	0,5	0,7	1,3	0,9
Βραδυπόρα	1,5	0,0	0,1	0,2	0,4	0,1	0,6	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2
Τροχόζωα	0,2	0,0	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Βλεφαριδοφόρα	0,5	4,1	7,4	3,7	9,3	2,3	9,1	8,9	5,8	5,1	2,9	4,3	3,3
Καρκινειδή	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Διάφορα	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1

Στην παραλία της Παχιάς Άμμου η συμμετοχή των διαφορετικών ομάδων στη σύνθεση της μειοπανίδας αγγίζει περισσότερο τα κλασικά μειοβενθικά πρότυπα. Έτσι, στο σταθμό 4 της υποπαραλιακής ζώνης οι νηματώδεις είναι η κυρίαρχη ομάδα

καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου με ελάχιστο ποσοστό 40% το Δεκέμβριο και τον Ιούνιο του 2002 και μέγιστο που ξεπερνά το 83% το Μάιο του 2001 (Πίνακας 3.3.6). Τα κωπήποδα είναι η δεύτερη πιο άφθονη ομάδα με ποσοστό που κυμαίνεται από 3 – 34% δύο διαδοχικούς μήνες, το Γενάρη και το Δεκέμβρη αντίστοιχα.

Πίνακας 3.3.6. Μέση εποχική συμμετοχή (%) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στο σταθμό 4 στην Παχιά Άμμο.

	2001							2002					
	Μ	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Γ	Φ	Μα	Απ	Μ	Ι
Νηματώδεις	83,1	77,5	78,6	74,6	66,6	70,5	40,5	80,4	74,9	67,6	61,2	62,5	40,3
Σκωληκόμορφα	3,3	3,7	4,6	4,5	3,4	4,7	11,9	5,0	9,0	11,0	5,4	10,1	5,1
Ωριμα κωπήποδα	1,9	1,2	1,6	2,7	7,4	5,2	20,4	2,4	2,0	2,3	5,6	3,3	5,5
Κωπηποδίτες	0,9	2,1	0,7	2,9	4,2	3,1	5,0	0,1	0,2	0,7	1,2	1,7	1,9
Ναύπλιοι κωπηπόδων	2,9	1,7	2,4	4,6	5,1	5,9	8,8	0,5	1,0	6,0	10,4	7,2	22,7
Σύνολο κωπηπόδων	5,7	5,0	4,7	10,2	16,7	14,2	34,2	2,9	3,2	9,0	17,3	12,3	30,1
Πολύχαιτοι	2,3	4,9	4,2	5,3	6,9	4,9	4,1	9,0	7,6	5,3	4,5	5,6	5,5
Ολιγόχαιτοι	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0
Γαστερότριχα	1,6	1,8	4,4	1,5	2,1	1,3	4,5	0,3	3,2	2,3	8,0	6,4	6,2
Οστρακώδη	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	1,0	0,6	0,2	0,3	0,0	0,3	0,0	0,5
Βραδυπόρα	1,5	1,9	1,0	1,1	1,0	1,4	0,2	0,1	0,0	0,5	0,4	0,8	1,9
Τροχόζωα	0,6	0,4	0,4	0,2	0,4	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Ακάρεα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3
Βλεφαριδοφόρα	1,5	4,6	1,7	2,5	1,9	1,3	4,1	2,0	1,5	4,2	2,9	2,3	3,8
Διάφορα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Πίνακας 3.3.7. Μέση εποχική συμμετοχή (%) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στο σταθμό 1 στην Παχιά Άμμο.

	2001							2002					
	Μ	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Γ	Φ	Μα	Απ	Μ	Ι
Νηματώδεις	9,9	17,7	6,5	9,4	5,7	15,1	14,6	50,8	33,1	7,2	6,1	7,1	11,8
Σκωληκόμορφα	2,2	9,5	1,2	3,3	1,6	2,6	7,4	3,4	4,9	3,9	2,2	1,7	2,5
Ωριμα κωπήποδα	17,7	16,1	45,0	64,3	63,2	58,5	45,5	25,2	21,6	59,0	39,3	42,1	59,5
Κωπηποδίτες	22,6	31,7	29,9	5,6	6,5	7,6	20,5	5,8	7,1	14,4	3,4	8,4	4,2
Ναύπλιοι κωπηπόδων	42,4	9,3	4,4	5,8	18,3	5,8	4,8	8,0	25,5	8,2	43,4	30,9	14,1
Σύνολο κωπηπόδων	82,8	57,1	79,3	75,8	88,0	71,8	70,9	39,0	54,2	81,6	86,0	81,4	77,7
Πολύχαιτοι	3,2	10,0	0,8	3,1	2,1	3,2	1,0	2,4	4,9	0,8	4,7	6,9	5,2
Ολιγόχαιτοι	0,0	0,2	0,4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	1,6	0,0	0,3	0,1
Γαστερότριχα	1,0	1,5	10,6	7,3	1,5	5,6	5,5	2,2	0,7	1,2	0,5	1,4	1,0
Οστρακώδη	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,1	0,3	1,0	1,6	0,0	0,1	0,7	0,7
Βραδυπόρα	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
Τροχόζωα	0,5	1,5	0,8	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Βλεφαριδοφόρα	0,2	2,6	0,5	0,9	0,5	0,3	0,3	0,7	0,3	3,6	0,2	0,3	0,9
Διάφορα	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Αντίθετα, στη μεσοπαραλιακή ζώνη όπου το ίζημα εμφανίζεται αδρότερο, τα κωπήποδα κατά κανόνα κυριαρχούν, με μικρότερο ποσοστό συμμετοχής 12% το Γενάρη στο σταθμό 3 και μέγιστο που ξεπερνά το 90% το Δεκέμβρη στο σταθμό 2 (Πίνακες 3.3.7 – 3.3.9). Στο σταθμό 3 ειδικότερα, όταν η συμμετοχή των κωπηπόδων μειώνεται σημαντικά, κυρίως τους φθινοπωρινούς και ανοιξιάτικους μήνες, οι νηματώδεις κυριαρχούν, ενώ σημαντική είναι και η παρουσία των πολυχαιτών οι οποίοι κυμαίνονται καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου μεταξύ 1,5 – 18% στο συγκεκριμένο σταθμό.

Πίνακας 3.3.8 Μέση εποχική συμμετοχή (%) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στο σταθμό 2 στην Παχιά Άμμο.

	2001							2002					
	M	I	A	Σ	O	N	Δ	Γ	Φ	Μα	Απ	M	I
Νηματούδεις	6,7	15,9	7,3	13,7	19,4	16,2	3,8	33,0	23,2	3,7	10,3	14,6	13,6
Σκωληκόμορφα	3,9	5,8	3,1	2,5	2,8	2,8	2,3	4,8	9,3	3,3	7,4	2,8	1,3
Ωριμα κωπήποδα	67,0	23,2	54,4	48,6	26,7	19,5	85,7	12,6	15,7	76,5	32,9	25,7	28,1
Κωπηποδίτες	1,3	18,5	11,8	15,4	3,1	1,1	3,1	2,3	5,3	2,3	0,8	3,0	4,9
Ναύπλιοι κωπηπόδων	4,6	23,0	14,5	9,3	7,3	4,5	2,0	4,5	20,0	9,6	3,3	26,1	44,4
Σύνολο κωπηπόδων	72,9	64,7	80,7	73,3	37,0	25,1	90,8	19,4	41,1	88,4	37,0	54,7	77,4
Πολύχαιτοι	7,3	5,5	1,6	8,3	27,3	45,1	0,3	33,4	10,8	2,5	28,9	16,7	5,1
Ολιγόχαιτοι	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,7	0,0	0,2	0,0	0,4
Γαστερότριχα	0,6	6,0	6,2	0,8	5,3	2,7	2,4	0,3	5,2	0,8	1,1	3,3	1,1
Οστρακώδη	0,7	0,0	0,1	0,0	6,4	5,5	0,4	6,7	9,0	0,7	0,1	1,7	0,8
Βραδυπόρα	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,2	0,4	0,0
Τροχόζωα	0,4	0,9	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Ακάρεα	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,1	0,0	0,3	0,1	0,0
Βλεφαριδοφόρα	7,0	1,0	0,4	1,2	0,6	2,3	0,0	1,3	0,3	0,5	14,4	5,7	0,4
Γαστερόποδα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
Διάφορα	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0

Πίνακας 3.3.9. Μέση εποχική συμμετοχή (%) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στο σταθμό 3 στην Παχιά Άμμο.

	2001							2002					
	M	I	A	Σ	O	N	Δ	Γ	Φ	Μα	Απ	M	I
Νηματούδεις	21,6	25,6	8,9	20,4	46,6	48,3	29,7	37,2	17,6	7,7	26,6	40,0	17,9
Σκωληκόμορφα	4,0	5,8	0,8	3,0	3,1	4,7	5,5	6,7	2,2	3,4	5,8	4,9	1,0
Ωριμα κωπήποδα	5,5	6,3	17,3	29,4	8,5	7,8	44,7	5,9	8,0	37,5	6,9	9,1	12,9
Κωπηποδίτες	11,0	4,3	21,2	9,8	1,9	1,5	3,4	2,1	6,2	2,0	1,5	4,8	9,4
Ναύπλιοι κωπηπόδων	15,8	26,9	48,8	20,8	4,2	5,1	9,1	4,4	26,4	7,9	6,1	12,9	44,6
Σύνολο κωπηπόδων	32,3	37,4	87,3	60,0	14,7	14,4	57,2	12,4	40,6	47,4	14,6	26,8	66,9
Πολύχαιτοι	6,3	7,8	1,4	9,8	18,1	12,8	3,4	9,2	3,2	14,2	18,8	9,0	10,9
Ολιγόχαιτοι	0,1	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2
Γαστερότριχα	1,2	3,9	0,7	4,3	4,3	5,7	1,3	1,1	0,7	4,5	7,5	9,4	0,9
Οστρακώδη	0,2	1,0	0,0	0,4	12,0	8,0	2,4	22,2	6,6	0,7	1,6	7,2	0,2
Βραδυπόρα	0,4	0,5	0,2	1,1	0,4	0,2	0,0	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1
Τροχόζωα	0,9	2,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Ακάρεα	1,9	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	8,5	0,3	0,0	0,9	1,3	0,0
Βλεφαριδοφόρα	27,0	15,2	0,3	0,6	0,4	4,8	0,0	0,9	28,1	21,8	23,8	1,2	1,8
Γαστερόποδα	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,8	0,0	1,6	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1
Διάφορα	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

3.3.2 Εποχικές μεταβολές της αφθονίας ...

Μειοβενθικές μελέτες που στηρίζονται σε συχνές παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια ενός ολόκληρου έτους ή και περισσότερο δεν είναι πολύ συνηθισμένες, όταν όμως αυτές υπάρχουν, παρατηρούνται εποχικές διακυμάνσεις και μέγιστα αφθονίας για τις περισσότερες μειοβενθικές ομάδες κυρίως κατά τους θερμότερους μήνες του χρόνου (τέλος άνοιξης – αρχές φθινοπώρου). Η εποχικότητα είναι περισσότερο εμφανής στις αβαθείς υποπαλιρροϊκές περιοχές και ιδιαίτερα στη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη όπου η εναλλαγή των φυσικών συνθηκών μεταξύ ακραίων καταστάσεων είναι πολύ συχνή (βλέπε ανασκοπήσεις των McIntyre 1969, Hicks & Coull 1983, Heip et al. 1985). Οι εποχικές μεταβολές δε μεταφράζονται αποκλειστικά σε μεταβολές της

απόλυτης αφθονίας αλλά είναι πιθανό να απεικονίζονται και στη μεταβολή της κατακόρυφης κατανομής της μειοπανίδας. Σημαντικές εποχικές κατακόρυφες μεταναστεύσεις έχουν βρεθεί σε αβαθείς υποπαλιρροϊκές περιοχές και στη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη (Fenchel et al. 1967, Harris 1972a, b, McLachlan 1978, Huys et al. 1986) με κοινή παρατήρηση την επιφανειακή κατανομή της μειοπανίδας το καλοκαίρι και τη μετανάστευσή της σε βαθύτερα στρώματα κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Οι κατακόρυφες αυτές μεταναστεύσεις συνδέονται τόσο με τις εποχικές μεταβολές της θερμοκρασίας όσο και με την κυματική δράση, αποτέλεσμα των οποίων είναι η κατακόρυφη μετακίνηση του στρώματος Ασυνέχειας Δυναμικού Οξειδοαναγωγής (Brown & McLachlan 1990).

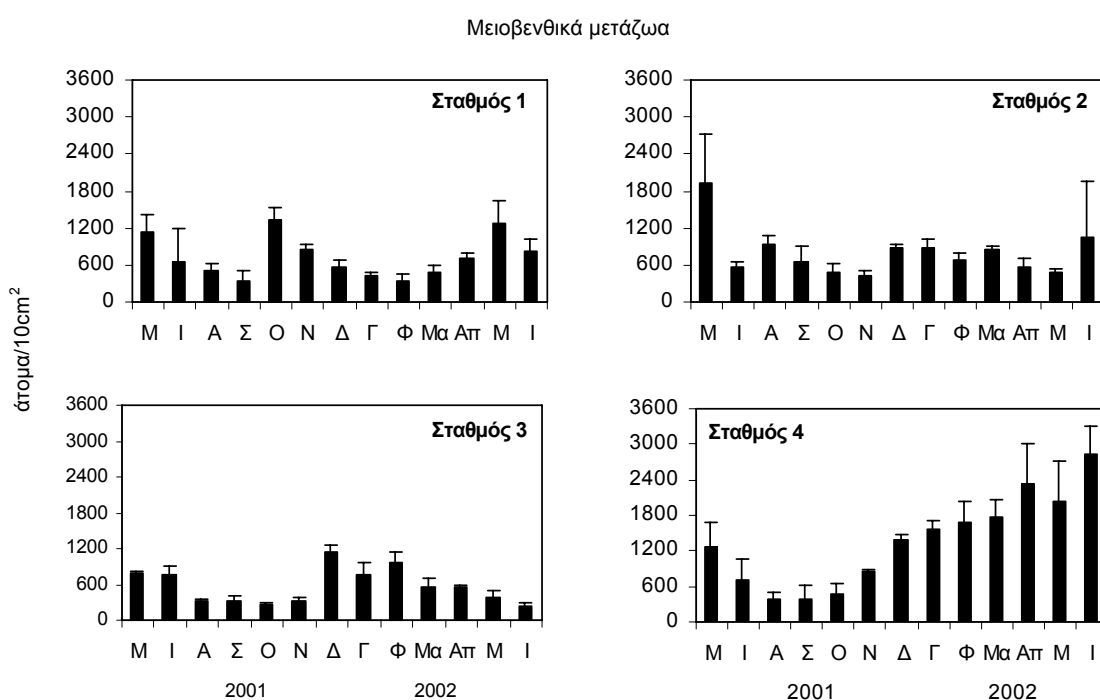
3.3.2.1 ... στο Ελαφονήσι

Μειοβενθικά μετάζωα

Οι μηνιαίες τιμές αφθονίας του συνόλου των μεταζώων καθώς και των κυριότερων ταξινομικών ομάδων παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.3.10 – 3.3.13 για τους σταθμούς στο Ελαφονήσι.

Η αφθονία των μειοπανιδικών μεταζώων στην παραλία του Ελαφονησίου βρέθηκε να παρουσιάζει στατιστικά πολύ σημαντικές διαφορές μεταξύ των μηνών σε κάθε σταθμό (Πίνακες 3.3.14 – 3.3.15, ANOVA, $p << 0,01$), όμως, μόνο στο σταθμό 1 φαίνεται πως οι παρατηρούμενες διακυμάνσεις ακολουθούν τις αναμενόμενες εποχικές μεταβολές της μειοπανίδας, με μία τάση αύξησης της αφθονίας την άνοιξη (Μάρτιος – Μάιος 2002, μέγιστη τιμή 1280 άτομα/10cm²) και μία αντίστοιχη υψηλότερη το φθινόπωρο (Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 2001, μέγιστη τιμή 1320 άτομα/10cm²) (Εικόνα 3.3.1). Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οπότε και σημειώθηκε η μικρότερη αφθονία (Φλεβάρης, 362 άτομα/10cm²) παρατηρήθηκε μία τάση μείωσης της αφθονίας από το Δεκέμβρη έως και το Φλεβάρη. Στο σταθμό 2, αν και η υψηλότερη τιμή αφθονίας καταγράφηκε την άνοιξη (Μάιος 2001, 1924 άτομα/10cm²), αυτή δε συνοδεύεται από μία αντίστοιχη τάση αύξησης όπως φαίνεται την επόμενη άνοιξη (Μάρτιος – Μάιος 2002). Κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου παρατηρείται μία τάση μείωσης της αφθονίας (ελάχιστη τιμή 432 άτομα/10cm², Νοέμβριος 2001) ενώ αντίθετα με τα κλασικά μειοπανιδικά εποχικά πρότυπα, το χειμώνα παρατηρείται μία τάση αύξησης της αφθονίας της μειοπανίδας (Νοέμβριος 2001 – Γενάρης 2002). Στους δύο επόμενους σταθμούς μικρότερες τιμές αφθονίας

παρατηρούνται στο τέλος του καλοκαιριού και καθ' όλη τη διάρκεια του φθινοπώρου. Συγκεκριμένα, στο σταθμό 3 η αφθονία κυμαίνεται σε χαμηλές τιμές από τον Αύγουστο έως το Νοέμβριο, με ελάχιστη τιμή να σημειώνεται όμως την τελευταία δειγματοληψία (247 άτομα/10cm²), ενώ υψηλότερες τιμές σημειώνονται το χειμώνα (Δεκέμβρης, 1136 άτομα/10cm²). Στο σταθμό 4, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως έπειτα από μία πολύ χαμηλή τιμή αφθονίας τον Αύγουστο (389 άτομα/10cm²), στη συνέχεια τα μειοβενθικά μετάζωα παρουσιάζουν μία συνεχή τάση αύξησης προς μία μέγιστη τιμή τον Ιούνιο του 2002 (2844 άτομα/10cm²) χωρίς αυτή να διακόπτεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

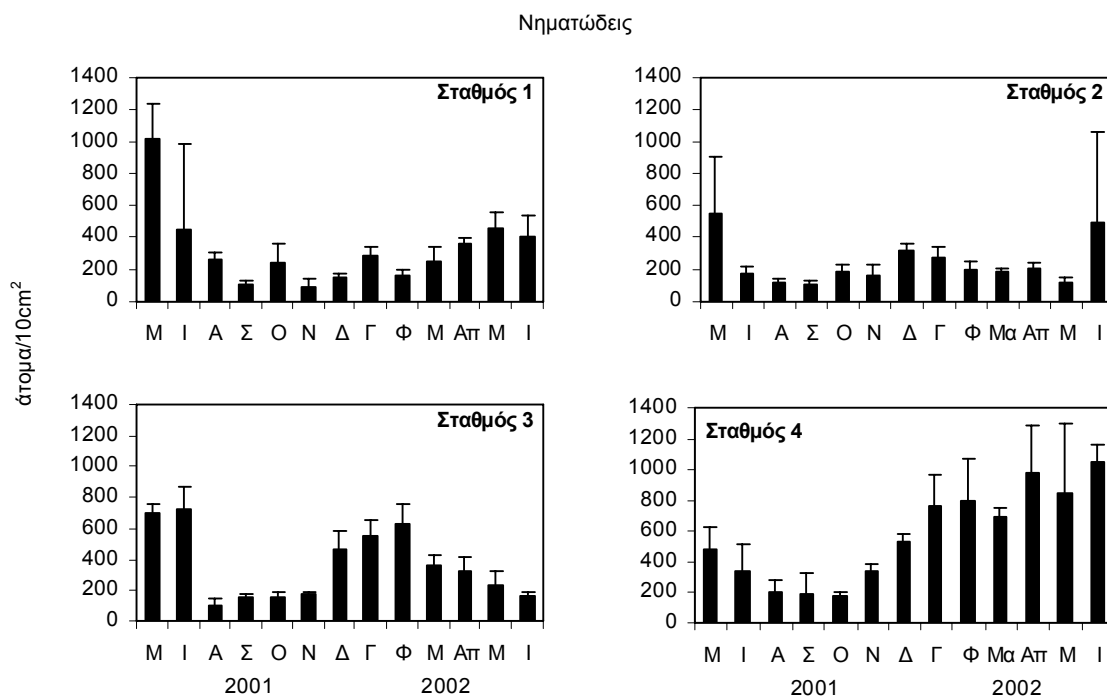


Εικόνα 3.3.1. Μέση τιμή ανά 10cm² (n=3) και τυπική απόκλιση των μειοβενθικών μετάζωων σε κάθε σταθμό στο Ελαφονήσι για κάθε δειγματοληπτική περίοδο.

Νηματώδεις

Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μηνών βρέθηκε να παρουσιάζει και η αφθονία των νηματωδών (Πίνακες 3.3.14 – 3.3.15, $p < 0,01$). Στο σταθμό 4 της υποπαραλιακής ζώνης η αφθονία μεταβάλλεται με τρόπο όμοιο με αυτόν του συνόλου της μειοπανίδας και κυμάνθηκε από 181 άτομα/10cm² τον Οκτώβρη μέχρι 1049 άτομα/10cm² τον Ιούνιο του 2002 (Εικόνα 3.3.2). Όσον αφορά στη μεσοπαραλιακή ζώνη, η αφθονία των νηματωδών μειώνεται σημαντικά στο τέλος του καλοκαιριού παραμένοντας σε χαμηλές τιμές τους φθινοπωρινούς μήνες. Υψηλότερη

αφθονία μετρήθηκε και στους 3 σταθμούς τους πρώτους θερμούς μήνες (Μάιος – Ιούνιος 2001) με μέγιστη τιμή 1013 άτομα/10cm² στο σταθμό 1. Ωστόσο, στους σταθμούς 2 και 3 ένα δεύτερο μέγιστο αφθονίας εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα το οποίο ακολουθείται από σταδιακή μείωση της αφθονίας την άνοιξη.



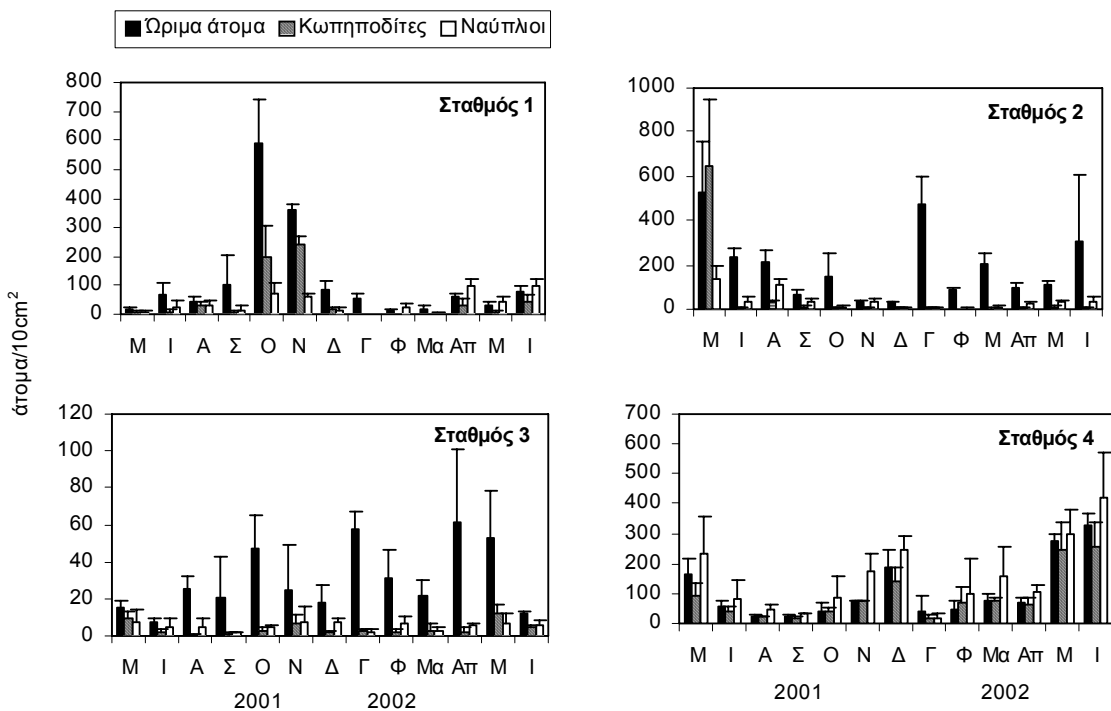
Εικόνα 3.3.2. Μέση τιμή ανά 10cm² (n=3) και τυπική απόκλιση των νηματωδών σε κάθε σταθμό στο Ελαφονήσι για κάθε δειγματοληπτική περίοδο.

Κωπήποδα

Εποχικές διαφορές εμφάνισαν και τα διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια των κωπηπόδων (ναύπλιοι, κωπηποδίτες, ώριμα άτομα) (Πίνακες 3.3.14 – 3.3.15, $p < 0,01$) με μόνη εξαίρεση τους ναύπλιους κωπηπόδων του σταθμού 3 ($p = 0,481$). Στο σταθμό 1 οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται τόσο για τα ώριμα άτομα όσο και για τους κωπηποδίτες οφείλονται στις συγκριτικά αυξημένες τιμές αφθονίας που εμφανίστηκαν τον Οκτώβρη και το Νοέμβρη του 2001 (Οκτώβρης, ώριμα άτομα 587 άτομα/10cm², Νοέμβρης, κωπηποδίτες 240 άτομα/10cm²) των οποίων είχαν προηγηθεί και έπειτα ακολούθησαν ιδιαίτερα χαμηλές τιμές (Εικόνα 3.3.3).

Οι ναύπλιοι ωστόσο, αν και παρουσιάζουν μία αύξηση της αφθονίας τους ίδιους μήνες, μέγιστη τιμή παρουσιάζουν την άνοιξη και το καλοκαίρι (Απρίλης, 95 άτομα/10cm², Ιούνης 2002, 96 άτομα/10cm²), όταν η αναπαραγωγική διαδικασία

είναι στο μέγιστο για τα κωπήποδα. Στο σταθμό 2, τα μέγιστα και για τα τρία στάδια συμπίπτουν και εμφανίζονται επίσης την άνοιξη κατά την πρώτη δειγματοληψία (Μάιος 2001), ενώ τα ώριμα άτομα εμφανίζουν ένα δεύτερο μέγιστο το Γενάρη. Ωστόσο, ιδιαίτερα χαμηλές τιμές μετρήθηκαν στις δύο προηγούμενες δειγματοληπτικές περιόδους (Νοέμβρης και Δεκέμβρης) και για τα τρία στάδια. Στο σταθμό 3 η αφθονία των κωπηπόδων διατηρήθηκε σε χαμηλά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης με δύο μέγιστα αφθονίας για τα ώριμα άτομα το χειμώνα και την άνοιξη (Γενάρης 58 άτομα/10cm², Απρίλης 62 άτομα/10cm²), ενώ οι κωπηποδίτες στον ίδιο σταθμό εμφανίζουν μέγιστη αφθονία την άνοιξη (Μάιος 2001, Μάιος 2002, 9 και 12 άτομα/10cm² αντίστοιχα). Στο σταθμό 4 και τα τρία αναπτυξιακά στάδια κωπηπόδων εμφανίζουν το ίδιο πρότυπο εποχικής διακύμανσης με το εαρινό – καλοκαιρινό μέγιστο αφθονίας να συνοδεύεται από ένα δεύτερο χειμερινό, τη φορά αυτή κατά το μήνα Δεκέμβρη.



Εικόνα 3.3.3. Μέση τιμή ανά 10cm² (n=3) και τυπική απόκλιση των τριών σταδίων των κωπηπόδων σε κάθε σταθμό στο Έλαφονήσι για κάθε δειγματοληπτική περίοδο. Σημειώστε τη διαφορετική κλίμακα αφθονίας μεταξύ των σταθμών.

Πίνακας 3.3.10. Αφθονία (άτομα/10cm²) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στις διαφορετικές δειγματοληπτικές περιόδους για το σταθμό 1 στο Ελαφονήσι. Στατιστικά δείγματος, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

	2001														2002												
	Μάης		Ιούνης		Αύγ.		Σεπ.		Οκτ.		Νοέμ.		Δεκ.		Γεν.		Φεβ.		Μάρ.		Απρ.		Μάης		Ιούνης		
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.
Νηματούδεις	1013 ±	217	445 ±	536	260 ±	44	106 ±	22	238 ±	126	86 ±	52	154 ±	23	288 ±	46	165 ±	35	257 ±	84	360 ±	36	457 ±	96	405 ±	129	
Σκωληκόμορφα	60 ±	52	10 ±	1	14 ±	2	34 ±	9	33 ±	12	21 ±	7	22 ±	11	17 ±	11	10 ±	5	30 ±	10	23 ±	2	411 ±	288	31 ±	12	
Ωριμα κωπήποδα	19 ±	4	68 ±	41	43 ±	20	105 ±	97	587 ±	152	359 ±	22	84 ±	28	52 ±	19	13 ±	6	16 ±	14	63 ±	6	29 ±	14	81 ±	16	
Κωπηποδίτες	4 ±	6	9 ±	7	29 ±	15	6 ±	6	200 ±	108	240 ±	29	17 ±	7	2 ±	1	1 ±	0	0 ±	0	31 ±	23	7 ±	3	40 ±	25	
Ναύπλιοι κωπηπόδων	8 ±	4	24 ±	22	32 ±	13	14 ±	14	73 ±	33	59 ±	14	14 ±	8	1 ±	1	23 ±	11	2 ±	1	95 ±	27	44 ±	16	96 ±	25	
Σύνολο κωπηπόδων	23 ±	4	76 ±	48	71 ±	33	111 ±	102	788 ±	74	599 ±	14	101 ±	31	54 ±	20	15 ±	6	16 ±	14	94 ±	25	36 ±	15	120 ±	32	
Πολύχαιτοι	4 ±	3	1 ±	1	1 ±	1	0 ±	0	15 ±	5	7 ±	4	2 ±	1	7 ±	2	2 ±	2	1 ±	2	2 ±	1	1 ±	2	0 ±	1	
Ολιγόχαιτοι	5 ±	8	68 ±	77	37 ±	38	29 ±	36	117 ±	84	27 ±	10	26 ±	9	0 ±	1	81 ±	28	96 ±	40	50 ±	45	279 ±	43	117 ±	84	
Γαστερότριχα	0 ±	0	5 ±	5	46 ±	47	50 ±	19	49 ±	23	60 ±	34	241 ±	103	58 ±	41	40 ±	6	64 ±	20	71 ±	13	61 ±	10	50 ±	22	
Οστρακώδη	15 ±	14	1 ±	2	2 ±	2	0 ±	0	5 ±	9	0 ±	0	0 ±	0	2 ±	2	3 ±	3	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	
Βραδυπόρα	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	14 ±	6	7 ±	6	5 ±	3	3 ±	2	1 ±	1	0 ±	0	0 ±	0	
Τροχόζωα	11 ±	5	11 ±	8	53 ±	77	0 ±	0	1 ±	2	1 ±	1	1 ±	1	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	
Διάφορα	0 ±	0	0 ±	0	5 ±	9	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	
Σύνολο μεταζώων	1173 ±	265	730 ±	513	601 ±	122	471 ±	270	2111 ±	262	1464 ±	91	681 ±	112	523 ±	81	363 ±	101	491 ±	111	797 ±	126	1330 ±	341	942 ±	199	

Πίνακας 3.3.11. Αφθονία (άτομα/10cm²) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στις διαφορετικές δειγματοληπτικές περιόδους για το σταθμό 2 στο Ελαφονήσι. Στατιστικά δείγματος, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

	2001														2002												
	Μάης		Ιούνης		Αύγ.		Σεπ.		Οκτ.		Νοέμ.		Δεκ.		Γεν.		Φεβ.		Μάρ.		Απρ.		Μάης		Ιούνης		
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.
Νηματούδεις	542 ±	366	176 ±	42	117 ±	31	108 ±	24	180 ±	45	166 ±	63	314 ±	43	275 ±	63	201 ±	50	189 ±	14	206 ±	33	118 ±	31	496 ±	561	
Σκωληκόμορφα	25 ±	19	39 ±	27	188 ±	112	83 ±	64	39 ±	25	118 ±	44	135 ±	76	19 ±	13	43 ±	7	143 ±	54	83 ±	48	58 ±	18	28 ±	16	
Ωριμα κωπήποδα	526 ±	232	238 ±	38	212 ±	57	66 ±	24	151 ±	99	29 ±	8	28 ±	2	472 ±	123	86 ±	8	203 ±	47	94 ±	24	110 ±	13	309 ±	295	
Κωπηποδίτες	644 ±	301	7 ±	3	32 ±	7	9 ±	3	6 ±	6	5 ±	1	6 ±	2	7 ±	4	2 ±	1	3 ±	1	6 ±	2	9 ±	3	5 ±	1	
Ναύπλιοι κωπηπόδων	135 ±	63	34 ±	24	113 ±	24	30 ±	17	6 ±	8	31 ±	16	6 ±	4	5 ±	3	4 ±	3	7 ±	5	20 ±	10	29 ±	14	34 ±	20	
Σύνολο κωπηπόδων	1170 ±	399	245 ±	37	244 ±	64	75 ±	20	157 ±	103	33 ±	9	34 ±	4	479 ±	123	88 ±	9	206 ±	46	100 ±	23	119 ±	11	314 ±	295	
Πολύχαιτοι	7 ±	3	19 ±	6	21 ±	18	17 ±	14	12 ±	4	10 ±	0	13 ±	7	16 ±	6	20 ±	10	8 ±	1	12 ±	4	30 ±	5	14 ±	6	
Ολιγόχαιτοι	29 ±	28	8 ±	8	42 ±	25	32 ±	17	3 ±	1	16 ±	14	33 ±	6	2 ±	2	166 ±	25	113 ±	6	23 ±	9	51 ±	10	76 ±	11	
Γαστερότριχα	8 ±	10	14 ±	2	169 ±	130	298 ±	249	71 ±	28	56 ±	65	347 ±	168	51 ±	36	145 ±	61	182 ±	72	123 ±	29	60 ±	2	89 ±	39	
Οστρακώδη	0 ±	0	5 ±	6	5 ±	4	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	4 ±	3	2 ±	2	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	1	1 ±	2	
Βραδυπόρα	0 ±	0	5 ±	3	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	1	0 ±	0	2 ±	2	27 ±	13	9 ±	15	2 ±	2	5 ±	3	3 ±	3	7 ±	6	
Τροχόζωα	6 ±	2	11 ±	15	30 ±	45	0 ±	1	1 ±	1	2 ±	1	0 ±	0	3 ±	3	2 ±	2	0 ±	0	1 ±	1	0 ±	0	4 ±	4	
Διάφορα	0 ±	0	0 ±	0	1 ±	1	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	0 ±	0	
Σύνολο μεταζώων	3099 ±	1179	813 ±	124	1212 ±	226	741 ±	238	641 ±	229	477 ±	73	953 ±	46	1423 ±	276	795 ±	132	1086 ±	101	695 ±	171	629 ±	90	1402 ±	1215	

Πίνακας 3.3.12. Αφθονία (άτομα/10cm²) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στις διαφορετικές δειγματοληπτικές περιόδους για το σταθμό 3 στο Ελαφονήσι. Στατιστικά δείγματος, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

	2001								2002																					
	Μάης		Ιούνης		Αύγ.		Σεπ.		Οκτ.		Νοέμ.		Δεκ.		Γεν.		Φεβ.		Μάρ.		Απρ.		Μάης		Ιούνης					
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.				
Νηματώδεις	705 ± 54	723 ± 151	106 ± 41	157 ± 22	160 ± 30	183 ± 12	468 ± 115	556 ± 93	635 ± 120	364 ± 71	332 ± 82	241 ± 88	164 ± 32	30 ± 34	17 ± 7	39 ± 6	18 ± 10	32 ± 13	29 ± 2	58 ± 9	32 ± 15	22 ± 9	62 ± 39	53 ± 25	13 ± 0					
Σκωληκόμορφα	17 ± 15	15 ± 9	25 ± 1	46 ± 20	8 ± 3	21 ± 6	38 ± 18	2 ± 1	2 ± 2	3 ± 4	2 ± 2	12 ± 5	5 ± 1	2 ± 1	2 ± 2	3 ± 4	2 ± 2	12 ± 5	5 ± 1	2 ± 1	2 ± 2	3 ± 4	2 ± 2	12 ± 5	5 ± 1					
Ωριμα κωπήποδα	15 ± 3	8 ± 2	25 ± 7	20 ± 22	47 ± 18	25 ± 24	18 ± 9	2 ± 3	7 ± 3	3 ± 2	5 ± 1	7 ± 5	6 ± 2	2 ± 3	7 ± 3	3 ± 2	5 ± 1	7 ± 5	6 ± 2	2 ± 3	7 ± 3	3 ± 2	5 ± 1	7 ± 5	6 ± 2					
Κωπηποδίτες	9 ± 4	2 ± 3	0 ± 0	1 ± 1	3 ± 2	6 ± 5	2 ± 2	2 ± 3	7 ± 3	3 ± 2	5 ± 1	7 ± 5	6 ± 2	2 ± 3	7 ± 3	3 ± 2	5 ± 1	7 ± 5	6 ± 2	2 ± 3	7 ± 3	3 ± 2	5 ± 1	7 ± 5	6 ± 2					
Ναύπλιοι κωπηπόδων	8 ± 7	4 ± 5	5 ± 5	2 ± 0	4 ± 2	8 ± 8	7 ± 2	60 ± 8	34 ± 17	25 ± 12	64 ± 37	65 ± 29	18 ± 1	8 ± 7	4 ± 5	5 ± 5	2 ± 0	4 ± 2	8 ± 8	7 ± 2	60 ± 8	34 ± 17	25 ± 12	64 ± 37	65 ± 29	18 ± 1				
Σύνολο κωπηπόδων	25 ± 1	9 ± 3	25 ± 7	21 ± 23	50 ± 19	31 ± 29	20 ± 10	7 ± 5	5 ± 3	2 ± 0	2 ± 1	7 ± 4	11 ± 9	4 ± 2	3 ± 2	3 ± 2	1 ± 1	14 ± 9	9 ± 8	0 ± 0	15 ± 5	0 ± 1	2 ± 2	11 ± 8	1 ± 2	16 ± 13	4 ± 2	12 ± 5	1 ± 1	0 ± 0
Πολύχαιτοι	7 ± 5	5 ± 3	19 ± 7	0 ± 0	7 ± 5	2 ± 0	2 ± 1	63 ± 49	219 ± 65	124 ± 53	129 ± 97	36 ± 13	13 ± 4	2 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	1 ± 0	53 ± 23	28 ± 2	3 ± 2	3 ± 2	1 ± 1	1 ± 0				
Ολιγόχαιτοι	6 ± 6	0 ± 0	15 ± 5	0 ± 1	2 ± 2	1 ± 2	11 ± 8	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0					
Γαστερότριχα	2 ± 1	0 ± 0	108 ± 43	98 ± 23	40 ± 14	66 ± 21	581 ± 244	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0						
Οστρακώδη	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 1	53 ± 23	28 ± 2	3 ± 2	3 ± 2	1 ± 1	1 ± 0	1 ± 0	4 ± 8	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 8	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0						
Βραδυπόρα	1 ± 0	4 ± 8	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 1	2 ± 1	7 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0						
Τροχόζωα	4 ± 3	8 ± 8	12 ± 11	0 ± 0	5 ± 2	1 ± 1	0 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0						
Διάφορα	0 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0						
Σύνολο μεταζώων	864 ± 127	893 ± 212	357 ± 36	365 ± 120	368 ± 11	441 ± 111	1181 ± 115	1100 ± 181	1072 ± 130	617 ± 147	655 ± 31	750 ± 173	427 ± 147																	

Πίνακας 3.3.13. Αφθονία (άτομα/10cm²) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στις διαφορετικές δειγματοληπτικές περιόδους για το σταθμό 4 στο Ελαφονήσι. Στατιστικά δείγματος, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

	2001								2002																	
	Μάης		Ιούνης		Αύγ.		Σεπ.		Οκτ.		Νοέμ.		Δεκ.		Γεν.		Φεβ.		Μάρ.		Απρ.		Μάης		Ιούνης	
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.
Νηματώδεις	483 ± 140	342 ± 169	203 ± 82	188 ± 138	181 ± 21	345 ± 45	539 ± 42	762 ± 200	801 ± 273	697 ± 56	979 ± 304	842 ± 457	1049 ± 115	155 ± 11	97 ± 91	66 ± 27	94 ± 89	50 ± 31	104 ± 62	125 ± 14	170 ± 96	327 ± 231	496 ± 179	235 ± 172	180 ± 46	547 ± 335
Σκωληκόμορφα	164 ± 49	60 ± 13	22 ± 7	21 ± 9	41 ± 29	73 ± 5	186 ± 57	41 ± 51	47 ± 29	77 ± 22	68 ± 20	276 ± 18	329 ± 37	91 ± 44	41 ± 15	21 ± 3	17 ± 5	39 ± 15	74 ± 1	141 ± 45	15 ± 12	73 ± 52	78 ± 11	67 ± 22	247 ± 89	259 ± 77
Ωριμα κωπήποδα	91 ± 44	41 ± 15	21 ± 3	17 ± 5	39 ± 15	74 ± 1	141 ± 45	15 ± 12	73 ± 52	78 ± 11	67 ± 22	247 ± 89	259 ± 77	234 ± 124	79 ± 66	47 ± 15	34 ± 1	88 ± 70	176 ± 57	247 ± 48	17 ± 17	101 ± 116	158 ± 101	104 ± 24	299 ± 80	421 ± 150
Κωπηποδίτες	234 ± 124	79 ± 66	47 ± 15	34 ± 1	88 ± 70	176 ± 57	247 ± 48	17 ± 17	101 ± 116	158 ± 101	104 ± 24	299 ± 80	421 ± 150	255 ± 77	101 ± 28	43 ± 4	38 ± 13	80 ± 44	147 ± 6	327 ± 55	56 ± 52	120 ± 80	154 ± 26	135 ± 33	523 ± 76	588 ± 88
Ναύπλιοι κωπηπόδων	255 ± 77	101 ± 28	43 ± 4	38 ± 13	80 ± 44	147 ± 6	327 ± 55	56 ± 52	120 ± 80	154 ± 26	135 ± 33	523 ± 76	588 ± 88	76 ± 36	37 ± 10	11 ± 2	6 ± 5	2 ± 2	9 ± 3	20 ± 21	38 ± 17	37 ± 23	29 ± 9	123 ± 8	64 ± 33	123 ± 48
Σύνολο κωπηπόδων	76 ± 36	37 ± 10	11 ± 2	6 ± 5	2 ± 2	9 ± 3	20 ± 21	38 ± 17	37 ± 23	29 ± 9	123 ± 8	64 ± 33	123 ± 48	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	99 ± 171	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Πολύχαιτοι	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	
Ολιγόχαιτοι	21 ± 17	36 ± 23	14 ± 13	22 ± 7	47 ± 31	56 ± 12	123 ± 20	499 ± 424	173 ± 110	232 ± 58	716 ± 238	79 ± 48	80 ± 31	25 ± 25	11 ± 9	3 ± 2	1 ± 0	7 ± 7	10 ± 13	14 ± 12	25 ± 16	9 ± 5	18 ± 5	27 ± 20	26 ± 17	
Γαστερότριχα	25 ± 25	11 ± 9	3 ± 2	1 ± 0	7 ± 7	7 ± 7	10 ± 13	14 ± 12	25 ± 16	9 ± 5	18 ± 5	27 ± 20	26 ± 17	19 ± 18	0 ± 0	0 ± 1	1 ± 1	2 ± 3	0 ± 1	10 ± 6	2 ± 4	4 ± 4	1 ± 2	5 ± 5	5 ± 5	5 ± 9
Οστρακώδη	19 ± 18	0 ± 0	0 ± 1	1 ± 1	2 ± 3	0 ± 1	10 ± 6	2 ± 4	4 ± 4	1 ± 2	5 ± 5	5 ± 5	5 ± 9	3 ± 3	0 ± 0	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2 ± 4	0 ± 0	0 ± 0	
Βραδυπόρα	3 ± 3	0 ± 0	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	2 ± 1	4 ± 8		
Τροχόζωα	1 ± 2	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0		
Διάφορα	1 ± 2	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1764 ± 217	1909 ± 442	2025 ± 261	2521 ± 613	2636 ± 840	3528 ± 578							
Σύνολο μεταζώων	1534 ± 470	837 ± 345	462 ± 74	438 ± 240	588 ± 183	1012 ± 51	1866 ± 165	1764 ± 217	1909 ± 442	2025 ± 261	2521 ± 613	2636 ± 840	3528 ± 578													

Πίνακας 3.3.14. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής (ANOVA) και μη παραμετρικής (Kruskal - Wallis) ανάλυσης διασποράς για τα εποχικά δεδομένα των κυριότερων ταξινομικών ομάδων και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey στους σταθμούς 1, 2 στο Ελαφονήσι.

Ομάδα	ANOVA με έναν παράγοντα		Δοκιμασία Kruskal - Wallis		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη μηνών από ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)												
	λόγος F	τιμή p	λόγος H	τιμή p													
Σταθμός 1¹																	
Νηματώδεις			27,98	0,006**													
Σκωληκόμορφα			23,11	0,027*													
Ωριμα κωπήποδα	24,52	<< 0,001**			Φεβ. 02	Μάρ. 02	Μάης 01	Μάης 02	Αύγ. 01	Γεν. 02	Ιούν. 01	Απρ. 02	Ιούν. 02	Δεκ. 01	Σεπ. 01	Νοέμ. 01	Οκτ. 01
Κωπηποδίτες	23,06	<< 0,001**			Μάρ. 02	Φεβ. 02	Γεν. 02	Μάης 01	Σεπ. 01	Ιούν. 01	Μάης 02	Δεκ. 01	Αύγ. 01	Απρ. 02	Ιούν. 02	Οκτ. 01	Νοέμ. 01
Ναύπλιοι κωπηπόδων	13,70	<< 0,001**			Γεν. 02	Μάρ. 02	Μάης 01	Σεπ. 01	Δεκ. 01	Ιούν. 01	Φεβ. 02	Αύγ. 01	Μάης 02	Νοέμ. 01	Οκτ. 01	Απρ. 02	Ιούν. 02
Σύνολο κωπηπόδων	37,93	<< 0,001**			Μάρ. 02	Φεβ. 02	Μάης 01	Μάης 02	Γεν. 02	Αύγ. 01	Ιούν. 01	Σεπ. 01	Απρ. 02	Δεκ. 01	Ιούν. 02	Νοέμ. 01	Οκτ. 01
Γαστερότριχα	9,39	<< 0,001**			Μάης 01	Ιούν. 01	Αύγ. 01	Φεβ. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 02	Σεπ. 01	Γεν. 02	Νοέμ. 01	Μάης 02	Μάρ. 02	Απρ. 02	Δεκ. 01
Ολιγόχαιτοι	6,30	<< 0,001**			Γεν. 02	Μάης 01	Σεπ. 01	Δεκ. 01	Νοέμ. 01	Αύγ. 01	Απρ. 02	Ιούν. 01	Φεβ. 02	Μάρ. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 02	Μάης 02
Πολύχαιτοι	8,67	<< 0,001**			Ιούν. 02	Σεπ. 01	Αύγ. 01	Ιούν. 01	Μάρ. 02	Μάης 02	Δεκ. 01	Απρ. 02	Φεβ. 02	Μάης 01	Γεν. 02	Νοέμ. 01	Οκτ. 01
Σύνολο μεταζώων	6,59	<< 0,001**			Σεπ. 01	Φεβ. 02	Γεν. 02	Μάρ. 02	Αύγ. 01	Ιούν. 01	Δεκ. 01	Απρ. 02	Ιούν. 02	Νοέμ. 01	Μάης 01	Μάης 02	Οκτ. 01
Σταθμός 2																	
Νηματώδεις ²	3,39	0,004**			Σεπ. 01	Αύγ. 01	Μάης 02	Νοέμ. 01	Ιούν. 01	Οκτ. 01	Μάρ. 02	Φεβ. 02	Απρ. 02	Γεν. 02	Δεκ. 01	Ιούν. 02	Μάης 01
Σκωληκόμορφα ²	4,41	0,001**			Γεν. 02	Μάης 01	Ιούν. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Φεβ. 02	Μάης 02	Σεπ. 01	Απρ. 02	Νοέμ. 01	Δεκ. 01	Μάρ. 02	Αύγ. 01
Ωριμα κωπήποδα			33,15	0,001**													
Κωπηποδίτες ²	35,79	<< 0,001**			Φεβ. 02	Μάρ. 02	Νοέμ. 01	Οκτ. 01	Ιούν. 02	Απρ. 02	Δεκ. 01	Γεν. 02	Ιούν. 01	Σεπ. 01	Μάης 02	Αύγ. 01	Μάης 01
Ναύπλιοι κωπηπόδων ²	8,83	<< 0,001**			Φεβ. 02	Οκτ. 01	Γεν. 02	Δεκ. 01	Μάρ. 02	Απρ. 02	Μάης 02	Σεπ. 01	Ιούν. 01	Νοέμ. 01	Ιούν. 02	Αύγ. 01	Μάης 01
Σύνολο κωπηπόδων			33,46	0,001**													
Γαστερότριχα			27,57	0,006**													
Ολιγόχαιτοι ¹	14,55	<< 0,001**			Γεν. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Νοέμ. 01	Μάης 01	Απρ. 02	Σεπ. 01	Δεκ. 01	Αύγ. 01	Μάης 02	Ιούν. 02	Μάρ. 02	Φεβ. 02
Πολύχαιτοι			17,38	0,136													
Σύνολο μεταζώων ²	4,38	0,001**			Νοέμ. 01	Οκτ. 01	Μάης 02	Ιούν. 01	Απρ. 02	Σεπ. 01	Φεβ. 02	Ιούν. 02	Μάρ. 02	Γεν. 02	Δεκ. 01	Αύγ. 01	Μάης 01

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\sqrt{x+0,5}$

2, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

Μήνες με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Πίνακας 3.3.15. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής (ANOVA) και μη παραμετρικής (Kruskal - Wallis) ανάλυσης διασποράς για τα εποχικά δεδομένα των κυριότερων ταξινομικών ομάδων και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey στους σταθμούς 3, 4 στο Ελαφονήσι.

Ομάδα	ANOVA με έναν παράγοντα		Δοκιμασία Kruskal - Wallis		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη από ελάχιστη προς μέγιστη τιμή)												
	λόγος F	τιμή p	λόγος H	τιμή p													
Σταθμός 3²																	
Νηματώδεις	25,01	<< 0,001**			Αύγ. 01	Σεπ. 01	Οκτ. 01	Ιούν. 02	Νοέμ. 01	Μάρ. 02	Απρ. 02	Μάρ. 02	Δεκ. 01	Γεν. 02	Φεβ. 02	Μάρ. 01	Ιούν. 01
Σκωληκόμορφα			20,22	0,063													
Ωριμα κωπήποδα	3,40	0,004**			Ιούν. 01	Ιούν. 02	Σεπ. 01	Μάρ. 01	Δεκ. 01	Νοέμ. 01	Μάρ. 02	Αύγ. 01	Φεβ. 02	Οκτ. 01	Μάρ. 02	Απρ. 02	Γεν. 02
Κωπηποδίτες	4,09	0,001**			Αύγ. 01	Σεπ. 01	Ιούν. 01	Δεκ. 01	Φεβ. 02	Απρ. 02	Μάρ. 02	Γεν. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 02	Νοέμ. 01	Μάρ. 01	Μάρ. 02
Ναύπλιοι κωπηπόδων	0,99	0,481															
Σύνολο κωπηπόδων	3,10	0,008**			Ιούν. 01	Σεπ. 01	Ιούν. 02	Δεκ. 01	Μάρ. 02	Νοέμ. 01	Μάρ. 01	Αύγ. 01	Φεβ. 02	Οκτ. 01	Απρ. 02	Γεν. 02	Μάρ. 02
Γαστερότριχα	41,72	<< 0,001**			Ιούν. 01	Μάρ. 01	Ιούν. 02	Μάρ. 02	Οκτ. 01	Γεν. 02	Νοέμ. 01	Σεπ. 01	Αύγ. 01	Απρ. 02	Μάρ. 02	Φεβ. 02	Δεκ. 01
Ολιγόχαιτοι	6,88	<< 0,001**			Ιούν. 01	Ιούν. 02	Σεπ. 01	Γεν. 02	Μάρ. 02	Νοέμ. 01	Οκτ. 01	Μάρ. 02	Μάρ. 01	Δεκ. 01	Απρ. 02	Φεβ. 02	Αύγ. 01
Πολύχαιτοι	5,80	<< 0,001**			Σεπ. 01	Νοέμ. 01	Απρ. 02	Δεκ. 01	Μάρ. 02	Ιούν. 01	Μάρ. 01	Οκτ. 01	Γεν. 02	Μάρ. 02	Φεβ. 02	Ιούν. 02	Αύγ. 01
Σύνολο μεταζώων	25,93	<< 0,001**			Ιούν. 02	Οκτ. 01	Νοέμ. 01	Αύγ. 01	Σεπ. 01	Μάρ. 02	Μάρ. 02	Απρ. 02	Γεν. 02	Ιούν. 01	Μάρ. 01	Φεβ. 02	Δεκ. 01
Σταθμός 4¹																	
Νηματώδεις	9,05	<< 0,001**			Σεπ. 01	Οκτ. 01	Αύγ. 01	Ιούν. 01	Νοέμ. 01	Μάρ. 01	Δεκ. 01	Μάρ. 02	Γεν. 02	Φεβ. 02	Μάρ. 02	Απρ. 02	Ιούν. 02
Σκωληκόμορφα	3,94	0,002**			Οκτ. 01	Αύγ. 01	Ιούν. 01	Σεπ. 01	Νοέμ. 01	Δεκ. 01	Μάρ. 01	Γεν. 02	Μάρ. 02	Απρ. 02	Φεβ. 02	Μάρ. 02	Ιούν. 02
Ωριμα κωπήποδα	20,04	<< 0,001**			Σεπ. 01	Αύγ. 01	Γεν. 02	Οκτ. 01	Φεβ. 02	Ιούν. 01	Απρ. 02	Νοέμ. 01	Μάρ. 02	Μάρ. 01	Δεκ. 01	Μάρ. 02	Ιούν. 02
Κωπηποδίτες	15,49	<< 0,001**			Γεν. 02	Σεπ. 01	Αύγ. 01	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Απρ. 02	Φεβ. 02	Νοέμ. 01	Μάρ. 02	Μάρ. 01	Δεκ. 01	Μάρ. 02	Ιούν. 02
Ναύπλιοι κωπηπόδων			29,31	0,004**													
Σύνολο κωπηπόδων	26,49	<< 0,001**			Σεπ. 01	Αύγ. 01	Γεν. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Φεβ. 02	Απρ. 02	Νοέμ. 01	Μάρ. 02	Μάρ. 01	Δεκ. 01	Μάρ. 02	Ιούν. 02
Γαστερότριχα			27,75	0,006**													
Ολιγόχαιτοι ²	0,99	0,487															
Πολύχαιτοι	12,99	<< 0,001**			Οκτ. 01	Σεπ. 01	Νοέμ. 01	Αύγ. 01	Δεκ. 01	Μάρ. 02	Φεβ. 02	Γεν. 02	Ιούν. 01	Μάρ. 02	Μάρ. 01	Ιούν. 02	Απρ. 02
Σύνολο μεταζώων	15,67	<< 0,001**			Σεπ. 01	Αύγ. 01	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Νοέμ. 01	Μάρ. 01	Δεκ. 01	Γεν. 02	Φεβ. 02	Μάρ. 02	Μάρ. 02	Απρ. 02	Ιούν. 02

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\sqrt{x+0,5}$

2, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

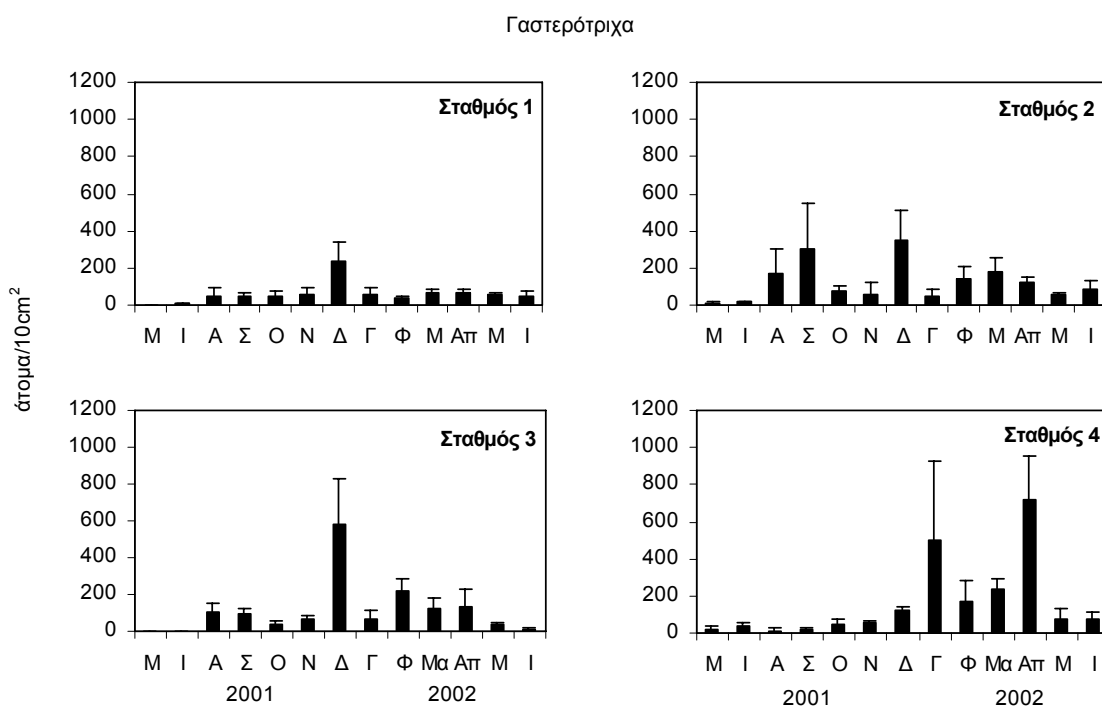
Μήνες με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Γαστερότριχα

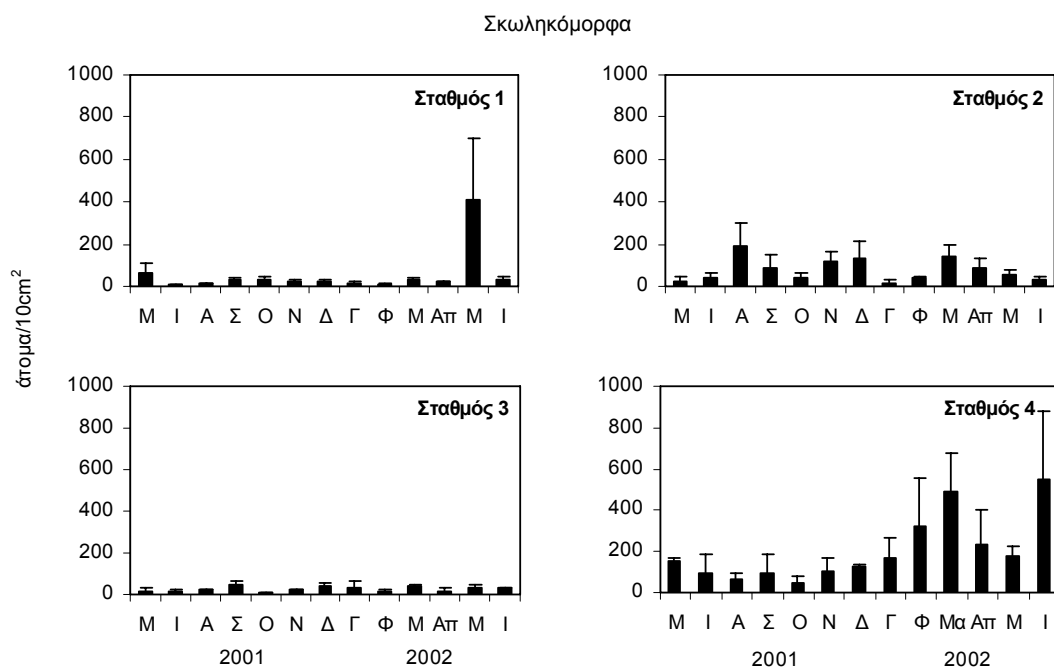
Τα γαστερότριχα ήταν μία ιδιαίτερα σημαντική ομάδα για την παραλία του Ελαφονησίου καθώς με εξαίρεση την υποπαραλιακή ζώνη, υπήρχαν δειγματοληπτικές περιόδους στις οποίες τα γαστερότριχα κυριαρχούσαν στη σύνθεση της μειοπανίδας (Πίνακες 3.3.2 – 3.3.4). Στατιστικά πολύ σημαντικές διαφορές μεταξύ των μηνών βρέθηκαν για όλους τους σταθμούς μελέτης (Πίνακες 3.3.14 – 3.3.15, $p \ll 0,01$), και όπως φαίνεται από την Εικόνα 3.3.4. και επαληθεύτηκε από τις εκ των υστέρων αναλύσεις, τουλάχιστον για τους σταθμούς 1 και 3 οι εποχικές αυτές διαφορές οφείλονται στις μηδενικές ή σχεδόν μηδενικές τιμές αφθονίας των δύο πρώτων μηνών καθώς και στην ιδιαίτερα μεγάλη αφθονία που παρουσίασαν τα γαστερότριχα το Δεκέμβρη (σταθμός 1, 241 άτομα/10cm², σταθμός 3, 581 άτομα/10cm²). Ο σταθμός 2 εμφάνισε επίσης χαμηλές τιμές τους πρώτους μήνες όμως εκτός από το μέγιστο του Δεκεμβρη (347 άτομα/10cm²) υπήρξε και ένα δεύτερο στο τέλος του καλοκαιριού (Σεπτέμβρης, 298 άτομα/10cm²). Στο σταθμό 4, οι χαμηλές αφθονίες των πρώτων μηνών διαρκούν μέχρι το Νοέμβρη ενώ το χειμερινό μέγιστο αφθονίας μετατίθεται στο Γενάρη (499 άτομα/10cm²). Υψηλότερες όμως τιμές μετρήθηκαν την άνοιξη και συγκεκριμένα τον Απρίλη με 716 άτομα/10cm².



Εικόνα 3.3.4. Μέση τιμή ανά 10cm² (n=3) και τυπική απόκλιση των γαστερότριχων σε κάθε σταθμό στο Ελαφονήσι και για κάθε δειγματοληπτική περίοδο.

Σκωληκόμορφα

Στη συγκεκριμένη ‘τεχνητή ομάδα’ υπενθυμίζεται πως περιλαμβάνονται οι ομάδες στροβιλιστικοί πλατυέλμινθες και γναθοστομοειδή λόγω της δυσκολίας κατάταξης των ατόμων σε ένα από τα δύο τάξα. Τα σκωληκόμορφα παρουσιάστηκαν με σημαντικότερες αφθονίες στους σταθμούς 2 και 4 όπου και εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές εποχικές διαφορές (Πίνακες 3.3.14 – 3.3.15, $p \ll 0,01$). Στο σταθμό 1, η μη-παραμετρική δοκιμασία Kruskal-Wallis υποδεικνύει κάποια εποχική διαφοροποίηση της αφθονίας ($p < 0,05$), ωστόσο, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.3.5 τα συγκεκριμένα αποτελέσματα της ανάλυσης πρέπει να οφείλονται στην ιδιαίτερα αυξημένη αφθονία της ομάδας το Μάιο του 2002.

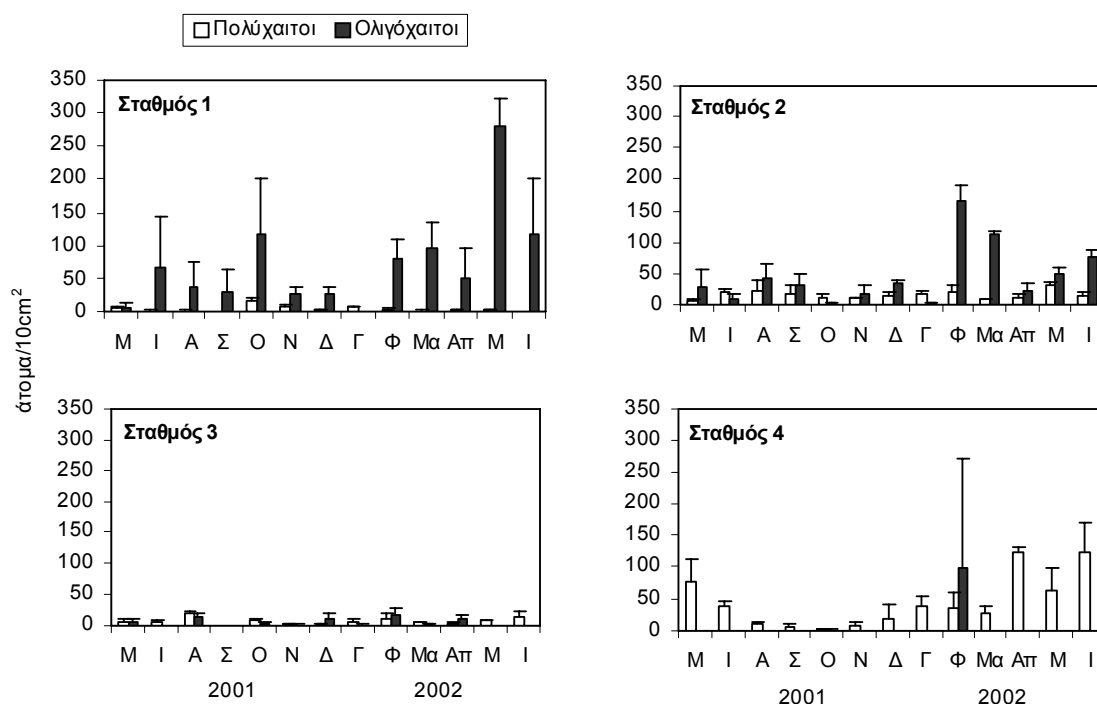


Εικόνα 3.3.5. Μέση τιμή ανά 10cm² (n=3) και τυπική απόκλιση της ομάδας σκωληκόμορφα σε κάθε σταθμό στο Ελαφονήσι για κάθε δειγματοληπτική περίοδο.

Στην ακτογραμμή (σταθμός 2), οι πολύ χαμηλές τιμές αφθονίας (<25 άτομα/10cm²) στις αρχές του καλοκαιριού (Μάιος – Ιούνιος 2001) και το χειμώνα (Γενάρης – Φλεβάρης 2002) ακολουθούνται από τρία μέγιστα, το καλοκαίρι, το χειμώνα και την άνοιξη με μεγαλύτερη τιμή αφθονίας να καταγράφεται τον Αύγουστο (187 άτομα/10cm²). Στην υποπαραλιακή ζώνη και στο σταθμό 4 αντιθέτως, η μικρή αφθονία τον Οκτώβρη (50 άτομα/10cm²) ακολουθείται από μία σταδιακή αύξηση προς μια υψηλή τιμή μέχρι τις αρχές της άνοιξης (Μάρτιος, 496 άτομα/10cm²), η οποία αν και διακόπτεται τον Απρίλη και το Μάη του 2002, φτάνει το μέγιστο της αφθονίας για τα σκωληκόμορφα τον Ιούνιο του 2002 με 547 άτομα/10cm².

Δακτυλιοσκώληκες

Από τις υπόλοιπες ‘μικρές’ σε αφθονία ομάδες του μειοβένθους, οι δακτυλιοσκώληκες ήταν η σημαντικότερη αφού εμφανιζόταν σταθερά σε κάθε σταθμό και μήνα. Οι ολιγόχαιτοι, οι οποίοι περιορίζονται σχεδόν αποκλειστικά στη μεσοπαραλιακή ζώνη (Εικόνα 3.3.6), παρουσιάζουν έντονη εποχικότητα στη συγκεκριμένη ζώνη και ιδιαίτερα στους δύο πρώτους σταθμούς (Πίνακες 3.3.14 – 3.3.15, ANOVA, $p << 0,01$). Κατά τη διάρκεια των μηνιαίων δειγματοληψιών παρουσίασαν δύο μέγιστα αφθονίας στο σταθμό 1, τον Οκτώβρη με 117 άτομα/10cm² και το Μάιο του 2002 με 278 άτομα/10cm², ενώ χαμηλότερες τιμές σημειώθηκαν το χειμώνα (Γενάρης, 0 άτομα/10cm²). Στο σταθμό 2 η ίδια ομάδα παρουσιάζει χαμηλή αφθονία επίσης το Γενάρη, όμως τον επόμενο μήνα η αφθονία αυξάνεται σημαντικά παρουσιάζοντας τη μέγιστη τιμή της (Φλεβάρης, 165 άτομα/10cm²). Στο σταθμό 3 η αφθονία διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα καθ’ όλη τη διάρκεια της μελέτης (< 20 άτομα/10cm²) όμως και εδώ εμφανίζονται δύο μέγιστα, το καλοκαίρι και το χειμώνα (Αύγουστος, 15 άτομα/10cm², Φλεβάρης 16 άτομα/10cm²).



Εικόνα 3.3.6. Μέση τιμή ανά 10cm² (n=3) και τυπική απόκλιση των ολιγόχαιτων και πολύχαιτων σε κάθε σταθμό στο Ελαφονήσι για κάθε δειγματοληπτική περίοδο.

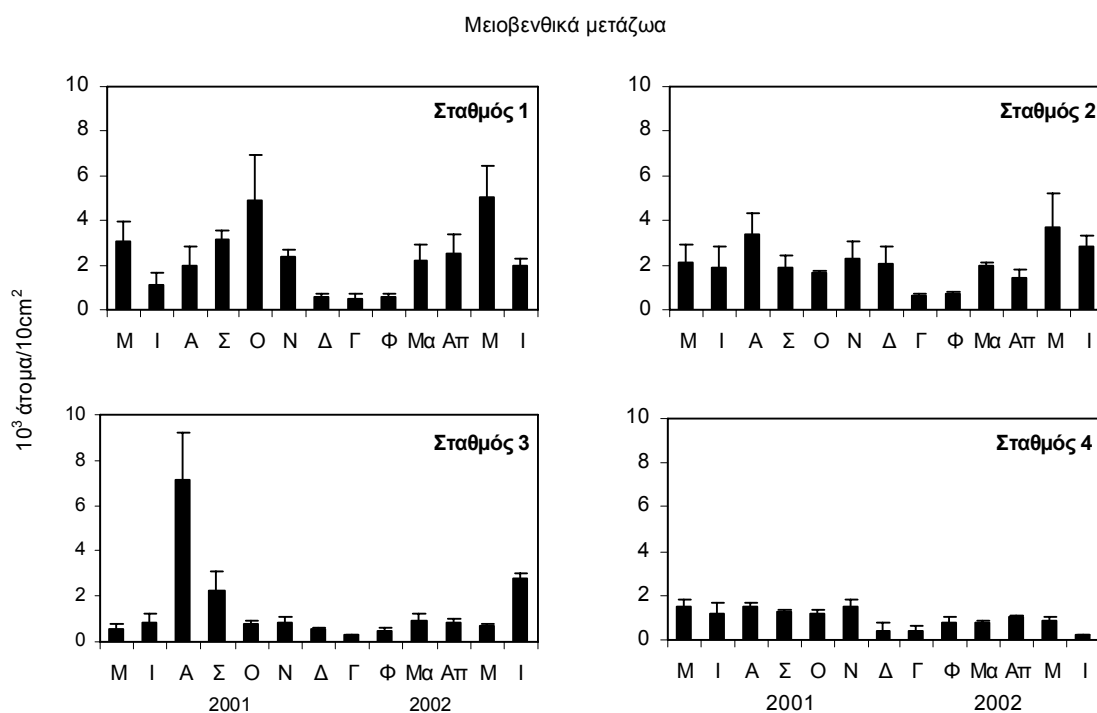
Οι πολύχαιτοι παρουσιάζουν στατιστικά πολύ σημαντικές διαφορές στους σταθμούς 1, 3, 4 (Πίνακες 3.3.14 – 3.3.15, $p << 0,01$), όμως η παρουσία τους είναι πιο ισχυρή στην υποπαραλιακή ζώνη (Εικόνα 3.3.6). Τους φθινοπωρινούς μήνες οι

αφθονία τους είναι εξαιρετικά χαμηλή (Οκτώβρης, 2 άτομα/10cm²), στη συνέχεια όμως αυξάνεται προς δύο μέγιστες τιμές την άνοιξη και το καλοκαίρι (Απρίλης, Ιούνης 2002, 123 άτομα/10cm²).

3.3.2.2 ... στην Παχιά Άμμο

Μειοβενθικά μετάζωα

Οι αφθονίες του συνόλου των μειοπανιδικών μεταζώων καθώς και των κυριότερων ταξινομικών ομάδων για όλες τις δειγματοληπτικές περιόδους και όλους τους σταθμούς στην Παχιά Άμμο παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.3.16 – 3.3.19.



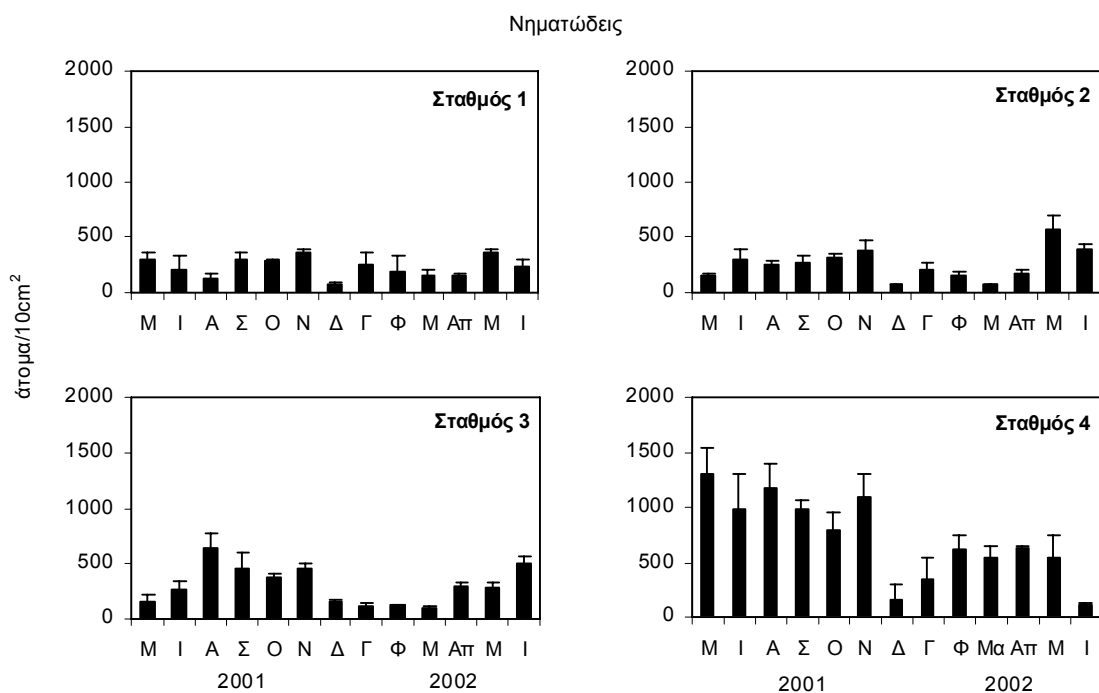
Εικόνα 3.3.7. Μέση τιμή (n=3) και τυπική απόκλιση των μειοβενθικών μεταζώων σε κάθε σταθμό στην Παχιά Άμμο για κάθε δειγματοληπτική περίοδο. Σημειώστε την κλίμακα της αφθονίας σε 1000 άτομα/10cm².

Η παραμετρική Ανάλυση Διασποράς που εφαρμόστηκε σε όλα τα δεδομένα αφθονίας του συνόλου των μειοβενθικών μεταζώων από την παραλία της Παχιάς Άμμου υπέδειξε πολύ σημαντικές εποχικές διαφορές της μειοπανίδας σε όλους τους σταθμούς (Πίνακες 3.3.20 – 3.3.21, ANOVA, $p < 0,01$), με χαμηλές τιμές να εμφανίζονται πάντα κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Δεκέμβρης – Φλεβάρης). Στη μεσοπαραλιακή ζώνη χαμηλότερη αφθονία καταγράφεται το Γενάρη (σταθμός 3, 285 άτομα/10cm²) ενώ τον ίδιο μήνα εξίσου χαμηλή τιμή μετράται και στο σταθμό 4 (Εικόνα 3.3.7). Ωστόσο, χαμηλότερη αφθονία μειοβενθικών μεταζώων στην

υποπαραλιακή ζώνη εμφανίζεται τον Ιούνιο 2002 (269 άτομα/10cm²). Στους πιο εκτεθειμένους σταθμούς 1 και 2 της μεσοπαραλιακής ζώνης η μειοπανίδα εμφανίζει δύο μέγιστα αφθονίας, ένα στο τέλος της άνοιξης (Μάιος 2002, σταθμός 1, 5065 άτομα/10cm², σταθμός 2, 3696 άτομα/10cm²) και ένα τέλος καλοκαιριού – φθινόπωρο (σταθμός 1, Οκτώβρης 4860 άτομα/10cm², σταθμός 2, Αύγουστος 3413 άτομα/10cm²), ενώ στο σταθμό 3 η μειοβενθική αφθονία εμφανίζει ένα ευκρινές μέγιστο τον Αύγουστο (7166 άτομα/10cm²). Στο σταθμό της υποπαραλιακής ζώνης η αφθονία είναι μεγαλύτερη καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού και το φθινόπωρο, με μέγιστη αφθονία να καταγράφεται το Νοέμβρη (1525 άτομα/10cm²), αμέσως πριν τη σημαντική μείωση της αφθονίας.

Νηματώδεις

Εποχικότητα βρέθηκε να παρουσιάζουν σε όλους τους σταθμούς της παραλίας και οι νηματώδεις (Πίνακες 3.3.20 – 3.3.21, ANOVA, p<<0,01) χωρίς όμως να αναγνωρίζεται κάποιο εποχικό πρότυπο, με εξαίρεση το σταθμό 3 στον οποίο η αφθονία των νηματωδών είναι υψηλότερη την άνοιξη και στο τέλος του καλοκαιριού – φθινόπωρο και χαμηλή το χειμώνα (Εικόνα 3.3.8). Γενικότερα, η αφθονία των νηματωδών είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι και το φθινόπωρο παρουσιάζοντας τη χαμηλότερη τιμή της κατά τη διάρκεια του χειμώνα.



Εικόνα 3.3.8. Μέση τιμή ανά 10cm² (n=3) και τυπική απόκλιση των νηματωδών σε κάθε σταθμό στην Παχιά Άμμο για κάθε δειγματοληπτική περίοδο.

Πίνακας 3.3.16. Αφθονία (άτομα/10cm²) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στις διαφορετικές δειγματοληπτικές περιόδους για το σταθμό 1 στην Παχιά Άμμο. Στατιστικά δείγματος, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

	2001										2002															
	Μάης		Ιούνης		Αύγ.		Σεπ.		Οκτ.		Νοέμ.		Δεκ.		Γεν.		Φεβ.		Μάρ.		Απρ.		Μάης		Ιούνης	
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.
Νηματούδεις	303 ± 59	198 ± 126	127 ± 54	299 ± 65	280 ± 24	364 ± 28	86 ± 4	260 ± 101	186 ± 140	163 ± 46	152 ± 24	362 ± 32	238 ± 65													
Σκωληκόμορφα	67 ± 61	106 ± 38	23 ± 9	105 ± 74	78 ± 19	64 ± 16	43 ± 9	17 ± 8	27 ± 11	87 ± 36	54 ± 17	86 ± 18	51 ± 13													
Ωριμα κωπήποδα	545 ± 191	180 ± 181	878 ± 453	2045 ± 246	3086 ± 1449	1407 ± 216	267 ± 60	129 ± 57	121 ± 91	1331 ± 552	979 ± 606	2139 ± 879	1196 ± 191													
Κωπήποδιτες	695 ± 217	355 ± 264	583 ± 478	179 ± 10	320 ± 115	182 ± 109	120 ± 43	30 ± 16	40 ± 22	325 ± 66	84 ± 25	428 ± 92	84 ± 12													
Ναύπλιοι κωπήπόδων	1305 ± 520	104 ± 40	86 ± 24	184 ± 74	891 ± 473	138 ± 52	28 ± 8	41 ± 18	143 ± 76	186 ± 71	1083 ± 332	1569 ± 418	284 ± 69													
Σύνολο κωπήπόδων	1240 ± 382	534 ± 423	1461 ± 931	2225 ± 237	3406 ± 1528	1589 ± 323	387 ± 91	159 ± 73	161 ± 82	1657 ± 609	1063 ± 626	2567 ± 966	1280 ± 203													
Πολύχαιτοι	99 ± 17	112 ± 85	16 ± 6	98 ± 53	104 ± 10	77 ± 15	6 ± 1	12 ± 5	27 ± 13	18 ± 11	118 ± 42	348 ± 40	104 ± 13													
Ολιγόχαιτοι	0 ± 0	2 ± 3	8 ± 13	3 ± 5	1 ± 2	1 ± 1	0 ± 0	1 ± 1	1 ± 1	37 ± 33	0 ± 0	14 ± 3	2 ± 3													
Γαστερότριχα	29 ± 50	16 ± 6	207 ± 81	231 ± 204	73 ± 25	134 ± 33	32 ± 13	11 ± 8	4 ± 3	27 ± 41	13 ± 2	70 ± 20	21 ± 11													
Οστρακώδη	1 ± 2	0 ± 1	0 ± 0	2 ± 4	20 ± 13	26 ± 13	2 ± 1	5 ± 3	9 ± 5	0 ± 0	4 ± 6	36 ± 22	14 ± 5													
Βραδυπόρα	4 ± 4	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 8	6 ± 3	0 ± 0	0 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	3 ± 3	11 ± 6	0 ± 0													
Τροχόζωα	17 ± 12	16 ± 5	15 ± 8	3 ± 5	3 ± 3	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 1													
Διάφορα	3 ± 5	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0													
Σύνολο μεταζώων	4314 ± 1233	1652 ± 1006	3414 ± 1868	5404 ± 658	8289 ± 3614	3995 ± 637	974 ± 181	671 ± 273	721 ± 220	3914 ± 1332	3558 ± 1505	7647 ± 2334	3291 ± 456													

Πίνακας 3.3.17. Αφθονία (άτομα/10cm²) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στις διαφορετικές δειγματοληπτικές περιόδους για το σταθμό 2 στην Παχιά Άμμο. Στατιστικά δείγματος, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

	2001										2002															
	Μάης		Ιούνης		Αύγ.		Σεπ.		Οκτ.		Νοέμ.		Δεκ.		Γεν.		Φεβ.		Μάρ.		Απρ.		Μάης		Ιούνης	
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.
Νηματούδεις	156 ± 15	304 ± 95	250 ± 32	262 ± 64	321 ± 32	380 ± 90	76 ± 8	207 ± 55	164 ± 30	72 ± 8	171 ± 37	574 ± 119	387 ± 51													
Σκωληκόμορφα	91 ± 32	111 ± 53	106 ± 130	47 ± 9	46 ± 11	66 ± 57	46 ± 14	30 ± 15	66 ± 28	66 ± 22	124 ± 18	108 ± 36	36 ± 11													
Ωριμα κωπήποδα	1548 ± 769	442 ± 102	1865 ± 449	928 ± 402	442 ± 152	458 ± 137	1736 ± 854	79 ± 27	112 ± 56	1506 ± 79	547 ± 251	1006 ± 435	802 ± 239													
Κωπήποδιτες	30 ± 29	354 ± 206	405 ± 92	295 ± 69	51 ± 9	27 ± 12	62 ± 3	14 ± 14	38 ± 15	46 ± 26	14 ± 10	117 ± 58	139 ± 61													
Ναύπλιοι κωπήπόδων	107 ± 38	438 ± 473	495 ± 184	178 ± 39	121 ± 67	105 ± 22	41 ± 4	29 ± 23	142 ± 24	188 ± 43	55 ± 14	1021 ± 628	1268 ± 328													
Σύνολο κωπήπόδων	1578 ± 795	795 ± 296	2271 ± 541	1223 ± 470	493 ± 159	484 ± 149	1798 ± 854	94 ± 39	150 ± 68	1552 ± 75	561 ± 261	1123 ± 494	941 ± 235													
Πολύχαιτοι	169 ± 9	105 ± 33	54 ± 21	158 ± 39	454 ± 207	1059 ± 810	7 ± 1	210 ± 121	77 ± 31	49 ± 15	482 ± 223	655 ± 141	144 ± 34													
Ολιγόχαιτοι	0 ± 1	1 ± 2	0 ± 0	5 ± 4	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	5 ± 9	0 ± 0	3 ± 4	0 ± 1	11 ± 2													
Γαστερότριχα	13 ± 2	114 ± 10	213 ± 89	16 ± 8	89 ± 36	64 ± 40	48 ± 27	2 ± 1	37 ± 20	15 ± 9	18 ± 21	130 ± 59	32 ± 6													
Οστρακώδη	15 ± 9	0 ± 0	2 ± 4	0 ± 0	107 ± 59	128 ± 29	8 ± 2	42 ± 20	64 ± 11	13 ± 11	1 ± 2	67 ± 36	22 ± 6													
Βραδυπόρα	3 ± 4	1 ± 1	3 ± 6	0 ± 0	8 ± 9	6 ± 5	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0	4 ± 1	16 ± 11	0 ± 0													
Τροχόζωα	10 ± 8	18 ± 4	19 ± 14	0 ± 0	3 ± 1	0 ± 0	1 ± 1	1 ± 1	0 ± 0	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0													
Ακάρεα	2 ± 1	0 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 3	1 ± 1	0 ± 0	4 ± 6	2 ± 3	0 ± 0													
Γαστερόποδα	0	0	0	0	4	4	1	1	0	0	1	0	0													
Διάφορα	4 ± 6	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 0													
Σύνολο μεταζώων	3890 ± 1828	2703 ± 1191	5698 ± 1453	3134 ± 1028	2152 ± 79	2831 ± 677	3822 ± 1687	722 ± 66	859 ± 98	3519 ± 242	2226 ± 575	5040 ± 1940	3793 ± 699													

Πίνακας 3.3.18. Αφθονία (άτομα/10cm²) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στις διαφορετικές δειγματοληπτικές περιόδους για το σταθμό 3 στην Παχιά Άμμο. Στατιστικά δείγματος, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

	2001														2002												
	Μάης		Ιούνης		Αύγ.		Σεπ.		Οκτ.		Νοέμ.		Δεκ.		Γεν.		Φεβ.		Μάρ.		Απρ.		Μάης		Ιούνης		
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.
Νηματούδεις	163 ± 54	263 ± 84	640 ± 137	456 ± 138	378 ± 25	450 ± 55	157 ± 21	107 ± 39	123 ± 10	93 ± 17	294 ± 41	288 ± 42	505 ± 58	19 ± 8	15 ± 10	42 ± 24	64 ± 14	35 ± 12	29 ± 7								
Σκωληκόμορφα	30 ± 19	60 ± 53	56 ± 40	68 ± 34	25 ± 1	44 ± 6	29 ± 2	17 ± 14	55 ± 20	453 ± 237	77 ± 29	66 ± 2	363 ± 17	6 ± 2	43 ± 27	25 ± 0	17 ± 1	34 ± 4	265 ± 80								
Ωριμα κωπήποδα	42 ± 10	65 ± 33	1244 ± 354	658 ± 435	69 ± 6	73 ± 42	236 ± 95	13 ± 2	184 ± 28	95 ± 45	68 ± 20	93 ± 23	1258 ± 45	23 ± 13	99 ± 45	478 ± 237	93 ± 30	100 ± 3	628 ± 82								
Κωπηποδίτες	83 ± 55	44 ± 16	1524 ± 460	220 ± 129	16 ± 1	14 ± 4	18 ± 8	26 ± 3	22 ± 4	172 ± 35	207 ± 153	65 ± 22	306 ± 70	0 ± 0	0 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	6 ± 6								
Ναύπλιοι κωπηπόδων	120 ± 82	276 ± 106	3505 ± 1057	465 ± 182	34 ± 23	47 ± 22	48 ± 17	3 ± 2	0 ± 0	2 ± 2	0 ± 0	2 ± 2	3 ± 4	5 ± 2	5 ± 2	54 ± 16	83 ± 16	68 ± 6	25 ± 4								
Σύνολο κωπηπόδων	125 ± 57	109 ± 47	2768 ± 811	878 ± 556	85 ± 6	87 ± 44	253 ± 102	0 ± 0	1 ± 1	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	24 ± 17	2 ± 0	0 ± 0	10 ± 5	9 ± 8	0 ± 0								
Πολύχαιτοι	48 ± 7	81 ± 31	98 ± 22	220 ± 40	147 ± 33	120 ± 29	18 ± 9	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	5 ± 1	1 ± 1	0 ± 0	2 ± 1	1 ± 2	2 ± 3								
Ολιγόχαιτοι	0 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	7 ± 8	0 ± 1	0 ± 1	3 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0								
Γαστερότριχα	9 ± 5	40 ± 9	51 ± 18	96 ± 46	35 ± 5	53 ± 13	7 ± 4	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0								
Οστρακώδη	2 ± 2	10 ± 9	3 ± 1	8 ± 3	98 ± 42	75 ± 48	13 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	64 ± 45	46 ± 17	8 ± 2	18 ± 15	52 ± 23	5 ± 2								
Βραδυπόρα	3 ± 2	5 ± 5	17 ± 15	25 ± 36	3 ± 2	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2 ± 1	2 ± 2	2 ± 1	2 ± 2	3 ± 4								
Τροχόζωα	7 ± 2	23 ± 20	28 ± 15	1 ± 2	0 ± 0	1 ± 1	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2								
Ακάρεια	14 ± 18	3 ± 5	0 ± 1	0 ± 0	1 ± 1	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0								
Γαστερόποδα	0 ± 0	2 ± 3	0 ± 0	0 ± 0	2 ± 1	8 ± 7	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 1	0 ± 0	0 ± 0								
Διάφορα	31 ± 48	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 1	0 ± 0	0 ± 0								
Σύνολο μεταζώων	881 ± 101	1137 ± 376	9954 ± 2821	3114 ± 1440	897 ± 91	1018 ± 249	780 ± 201	311 ± 19	794 ± 93	1686 ± 468	1196 ± 126	820 ± 64	3449 ± 292														

Πίνακας 3.3.19. Αφθονία (άτομα/10cm²) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων στις διαφορετικές δειγματοληπτικές περιόδους για το σταθμό 4 στην Παχιά Άμμο. Στατιστικά δείγματος, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

	2001														2002											
	Μάης		Ιούνης		Αύγ.		Σεπ.		Οκτ.		Νοέμ.		Δεκ.		Γεν.		Φεβ.		Μάρ.		Απρ.		Μάης		Ιούνης	
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.
Νηματούδεις	1305 ± 233	983 ± 315	1182 ± 208	980 ± 80	798 ± 148	1090 ± 204	164 ± 141	348 ± 194	620 ± 125	540 ± 112	633 ± 23	536 ± 207	113 ± 13	22 ± 14	75 ± 41	88 ± 44	56 ± 43	86 ± 49	14 ± 4							
Σκωληκόμορφα	52 ± 41	47 ± 42	69 ± 21	59 ± 28	41 ± 18	73 ± 30	48 ± 31	10 ± 9	17 ± 13	18 ± 10	58 ± 10	29 ± 19	15 ± 13	0 ± 1	2 ± 2	6 ± 3	13 ± 8	15 ± 4	5 ± 7							
Ωριμα κωπήποδα	30 ± 5	16 ± 12	24 ± 12	35 ± 20	88 ± 22	80 ± 38	82 ± 124	2 ± 2	8 ± 10	48 ± 26	108 ± 49	62 ± 18	64 ± 15	2 ± 2	8 ± 10	48 ± 26	108 ± 49	62 ± 18	64 ± 15							
Κωπηποδίτες	15 ± 7	27 ± 17	11 ± 9	38 ± 2	51 ± 35	47 ± 16	20 ± 28	11 ± 9	18 ± 14	24 ± 13	71 ± 17	43 ± 19	21 ± 19	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 3	4 ± 1	7 ± 8							
Ναύπλιοι κωπηπόδων	45 ± 15	21 ± 17	36 ± 9	60 ± 7	61 ± 33	91 ± 61	36 ± 29	2 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0							
Σύνολο κωπηπόδων	45 ± 4	43 ± 28	35 ± 8	73 ± 22	139 ± 23	128 ± 53	103 ± 152	11 ± 9	18 ± 14	24 ± 13	71 ± 17	43 ± 19	21 ± 19	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 3	4 ± 1	7 ± 8							
Πολύχαιτοι	36 ± 5	62 ± 22	63 ± 11	70 ± 10	83 ± 30	76 ± 24	17 ± 19	39 ± 45	63 ± 15	43 ± 18	46 ± 14	48 ± 22	15 ± 9	0 ± 0	2 ± 3	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 0							
Ολιγόχαιτοι	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	5 ± 6	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0							
Γαστερότριχα	25 ± 9	23 ± 33	67 ± 49	19 ± 12	25 ± 26	20 ± 17	18 ± 15	1 ± 1	26 ± 17	19 ± 8	82 ± 54	55 ± 45	17 ± 13	1 ± 1	26 ± 17	19 ± 8	82 ± 54	55 ± 45	17 ± 13							
Οστρακώδη	4 ± 8	2 ± 4	6 ± 5	3 ± 3	5 ± 5	16 ± 14	2 ± 1	1 ± 1	2 ± 2	0 ± 0	3 ± 3	0 ± 0	1 ± 1	1 ± 1	2 ± 2	0 ± 0	3 ± 3	0 ± 0	1 ± 1							
Βραδυπόρα	24 ± 18	24 ± 36	15 ± 13	14 ± 11	12 ± 3	21 ± 5	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0							
Τροχόζωα	9 ± 10	5 ± 5	6 ± 5	3 ± 3	4 ± 5	10 ± 14	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	18 ± 30	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1							
Ακάρεια	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0							
Διάφορα	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0							
Σύνολο μεταζώων	1614 ± 289	1311 ± 503	1538 ± 207	1389 ± 97	1337 ± 225	1673 ± 410	507 ± 521	444 ± 263	845 ± 207	823 ± 106	1105 ± 157	900 ± 242	300 ± 30													

Πίνακας 3.3.20. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής (ANOVA) και μη παραμετρικής (Kruskal - Wallis) ανάλυσης διασποράς για τα εποχικά δεδομένα των κυριότερων ταξινομητικών ομάδων και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey στους σταθμούς 1 και 2 στην Παχιά Άμμο.

Ομάδα	ANOVA με έναν παράγοντα		Δοκιμασία Kruskal - Wallis		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη από ελάχιστη προς μέγιστη τιμή)												
	λόγος F	τιμή p	λόγος H	τιμή p													
Σταθμός 1²																	
Νηματώδεις ¹	4,91	<<0,001**			Δεκ. 01	Αύγ. 01	Απρ. 02	Μαρ. 02	Φεβ. 02	Ιούν. 01	Ιούν. 02	Γεν. 02	Οκτ. 01	Σεπ. 01	Μάρχ. 01	Μάρχ. 02	Νοέμ. 01
Σκωληκόμορφα	3,61	0,003**			Γεν. 02	Αύγ. 01	Φεβ. 02	Δεκ. 01	Μάρχ. 01	Ιούν. 02	Απρ. 02	Νοέμ. 01	Οκτ. 01	Σεπ. 01	Μαρ. 02	Μάρχ. 02	Ιούν. 01
Ωριμα κωπήποδα	16,15	<<0,001**			Φεβ. 02	Γεν. 02	Ιούν. 01	Δεκ. 01	Μάρχ. 01	Αύγ. 01	Απρ. 02	Ιούν. 02	Μαρ. 02	Νοέμ. 01	Μάρχ. 02	Σεπ. 01	Οκτ. 01
Κωπηποδίτες	10,26	<<0,001**			Γεν. 02	Φεβ. 02	Απρ. 02	Ιούν. 02	Δεκ. 01	Νοέμ. 01	Σεπ. 01	Ιούν. 01	Οκτ. 01	Μαρ. 02	Μάρχ. 02	Αύγ. 01	Μάρχ. 01
Ναύπλιοι κωπηπόδων	32,08	<<0,001**			Δεκ. 01	Γεν. 02	Αύγ. 01	Ιούν. 01	Φεβ. 02	Νοέμ. 01	Σεπ. 01	Μαρ. 02	Ιούν. 02	Οκτ. 01	Απρ. 02	Μάρχ. 01	Μάρχ. 02
Σύνολο κωπηπόδων	12,86	<<0,001**			Γεν. 02	Φεβ. 02	Δεκ. 01	Ιούν. 01	Απρ. 02	Μάρχ. 01	Ιούν. 02	Αύγ. 01	Νοέμ. 01	Μαρ. 02	Σεπ. 01	Μάρχ. 02	Οκτ. 01
Γαστερότριχα			28,32	0,005**													
Ολιγόχαιτοι	3,44	0,004**			Μάρχ. 01	Δεκ. 01	Απρ. 02	Γεν. 02	Φεβ. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 02	Ιούν. 01	Νοέμ. 01	Σεπ. 01	Αύγ. 01	Μάρχ. 02	Μαρ. 02
Πολύχαιτοι	23,34	<<0,001**			Δεκ. 01	Γεν. 02	Αύγ. 01	Μαρ. 02	Φεβ. 02	Νοέμ. 01	Σεπ. 01	Ιούν. 01	Μάρχ. 01	Οκτ. 01	Ιούν. 02	Απρ. 02	Μάρχ. 02
Σύνολο μεταζώων	16,05	<<0,001**			Γεν. 02	Φεβ. 02	Δεκ. 01	Ιούν. 01	Αύγ. 01	Ιούν. 02	Μαρ. 02	Απρ. 02	Νοέμ. 01	Μάρχ. 01	Σεπ. 01	Οκτ. 01	Μάρχ. 02
Σταθμός 2²																	
Νηματώδεις	29,41	<<0,001**			Μαρ. 02	Δεκ. 01	Μάρχ. 01	Φεβ. 02	Απρ. 02	Γεν. 02	Αύγ. 01	Σεπ. 01	Ιούν. 01	Οκτ. 01	Νοέμ. 01	Ιούν. 02	Μάρχ. 02
Σκωληκόμορφα			19,08	0,087													
Ωριμα κωπήποδα	19,48	<<0,001**			Γεν. 02	Φεβ. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Νοέμ. 01	Απρ. 02	Ιούν. 02	Σεπ. 01	Μάρχ. 02	Μάρχ. 01	Μαρ. 02	Δεκ. 01	Αύγ. 01
Κωπηποδίτες	13,89	<<0,001**			Γεν. 02	Απρ. 02	Μάρχ. 01	Νοέμ. 01	Φεβ. 02	Μαρ. 02	Οκτ. 01	Δεκ. 01	Μάρχ. 02	Ιούν. 02	Σεπ. 01	Ιούν. 01	Αύγ. 01
Ναύπλιοι κωπηπόδων	13,05	<<0,001**			Γεν. 02	Δεκ. 01	Απρ. 02	Μάρχ. 01	Νοέμ. 01	Οκτ. 01	Φεβ. 02	Σεπ. 01	Μαρ. 02	Ιούν. 01	Αύγ. 01	Μάρχ. 02	Ιούν. 02
Σύνολο κωπηπόδων	18,34	<<0,001**			Γεν. 02	Φεβ. 02	Νοέμ. 01	Οκτ. 01	Απρ. 02	Ιούν. 01	Ιούν. 02	Μάρχ. 02	Σεπ. 01	Μάρχ. 01	Μαρ. 02	Δεκ. 01	Αύγ. 01
Γαστερότριχα ¹	11,57	<<0,001**			Γεν. 02	Απρ. 02	Μάρχ. 01	Μαρ. 02	Σεπ. 01	Ιούν. 02	Φεβ. 02	Δεκ. 01	Νοέμ. 01	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Μάρχ. 02	Αύγ. 01
Ολιγόχαιτοι	3,33	0,005**			Νοέμ. 01	Αύγ. 01	Μαρ. 02	Δεκ. 01	Μάρχ. 01	Μάρχ. 02	Γεν. 02	Ιούν. 01	Φεβ. 02	Οκτ. 01	Απρ. 02	Σεπ. 01	Ιούν. 02
Πολύχαιτοι	27,22	<<0,001**			Δεκ. 01	Μαρ. 02	Αύγ. 01	Φεβ. 02	Ιούν. 01	Ιούν. 02	Σεπ. 01	Μάρχ. 01	Γεν. 02	Οκτ. 01	Απρ. 02	Μάρχ. 02	Νοέμ. 01
Σύνολο μεταζώων	9,41	<<0,001**			Γεν. 02	Φεβ. 02	Απρ. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Σεπ. 01	Δεκ. 01	Μαρ. 02	Μάρχ. 01	Νοέμ. 01	Ιούν. 02	Αύγ. 01	Μάρχ. 02

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\sqrt{x + 0,5}$

2, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

Μήνες με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

* στατιστικά σημαντική διαφορά (p < 0,05)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά (p < 0,01)

Πίνακας 3.3.21. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής (ANOVA) και μη παραμετρικής (Kruskal - Wallis) ανάλυσης διασποράς για τα εποχικά δεδομένα των κυριότερων ταξινομικών ομάδων και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey στους σταθμούς 3 και 4 στην Παχιά Άμμο.

Ομάδα	ANOVA με έναν παράγοντα		Δοκιμασία Kruskal - Wallis		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη από ελάχιστη προς μέγιστη τιμή)												
	λόγος F	τιμή p	λόγος H	τιμή p													
Σταθμός 3²																	
Νηματώδεις	23,65	<<0,001**			Μαρ. 02	Γεν. 02	Φεβ. 02	Δεκ. 01	Μάης 01	Ιούν. 01	Μάης 02	Απρ. 02	Οκτ. 01	Σεπ. 01	Νοέμ. 01	Ιούν. 02	Αύγ. 01
Σκωληκόμορφα			19,63	0,075													
Ωριμα κωπήποδα			32,73	0,001**													
Κωπηποδίτες			35,03	0,001**													
Ναύπλιοι κωπηπόδων	40,87	<<0,001**			Γεν. 02	Οκτ. 01	Νοέμ. 01	Δεκ. 01	Απρ. 02	Μαρ. 02	Μάης 02	Μάης 01	Φεβ. 02	Ιούν. 01	Σεπ. 01	Ιούν. 02	Αύγ. 01
Σύνολο κωπηπόδων	28,41	<<0,001**			Γεν. 02	Νοέμ. 01	Οκτ. 01	Απρ. 02	Φεβ. 02	Μάης 02	Ιούν. 01	Μάης 01	Δεκ. 01	Μαρ. 02	Ιούν. 02	Σεπ. 01	Αύγ. 01
Γαστερότριχα	19,65	<<0,001**			Γεν. 02	Φεβ. 02	Δεκ. 01	Μάης 01	Ιούν. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Αύγ. 01	Νοέμ. 01	Μαρ. 02	Μάης 02	Απρ. 02	Σεπ. 01
Ολιγόχαιτοι	4,05	0,001**			Ιούν. 01	Αύγ. 01	Μάης 02	Απρ. 02	Μαρ. 02	Γεν. 02	Μάης 01	Οκτ. 01	Φεβ. 02	Νοέμ. 01	Δεκ. 01	Ιούν. 02	Σεπ. 01
Πολύχαιτοι			32,45	0,001**													
Σύνολο μεταζώων	28,69	<<0,001**			Γεν. 02	Φεβ. 02	Δεκ. 01	Μάης 01	Μάης 02	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Απρ. 02	Νοέμ. 01	Μαρ. 02	Σεπ. 01	Ιούν. 02	Αύγ. 01
Σταθμός 4¹																	
Νηματώδεις	16,37	<<0,001**			Ιούν. 02	Δεκ. 01	Γεν. 02	Μάης 02	Μαρ. 02	Φεβ. 02	Απρ. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Σεπ. 01	Νοέμ. 01	Αύγ. 01	Μάης 01
Σκωληκόμορφα	1,49	0,189															
Ωριμα κωπήποδα	2,16	0,050															
Κωπηποδίτες	5,02	<<0,001**			Γεν. 02	Φεβ. 02	Ιούν. 02	Μαρ. 02	Αύγ. 01	Απρ. 02	Δεκ. 01	Μάης 01	Μάης 02	Ιούν. 01	Σεπ. 01	Οκτ. 01	Νοέμ. 01
Ναύπλιοι κωπηπόδων	5,49	<<0,001**			Γεν. 02	Φεβ. 02	Ιούν. 01	Δεκ. 01	Αύγ. 01	Μάης 01	Μαρ. 02	Οκτ. 01	Σεπ. 01	Μάης 02	Ιούν. 02	Νοέμ. 01	Απρ. 02
Σύνολο κωπηπόδων			25,97	0,011*													
Γαστερότριχα	1,94	0,077															
Ολιγόχαιτοι	1,73	0,117															
Πολύχαιτοι	3,32	0,005**			Δεκ. 01	Ιούν. 02	Γεν. 02	Μάης 01	Μαρ. 02	Απρ. 02	Μάης 02	Ιούν. 01	Φεβ. 02	Αύγ. 01	Σεπ. 01	Νοέμ. 01	Οκτ. 01
Σύνολο μεταζώων	9,58	<<0,001**			Ιούν. 02	Δεκ. 01	Γεν. 02	Μαρ. 02	Φεβ. 02	Μάης 02	Απρ. 02	Οκτ. 01	Ιούν. 01	Σεπ. 01	Αύγ. 01	Νοέμ. 01	Μάης 01

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\sqrt{x + 0,5}$

2, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

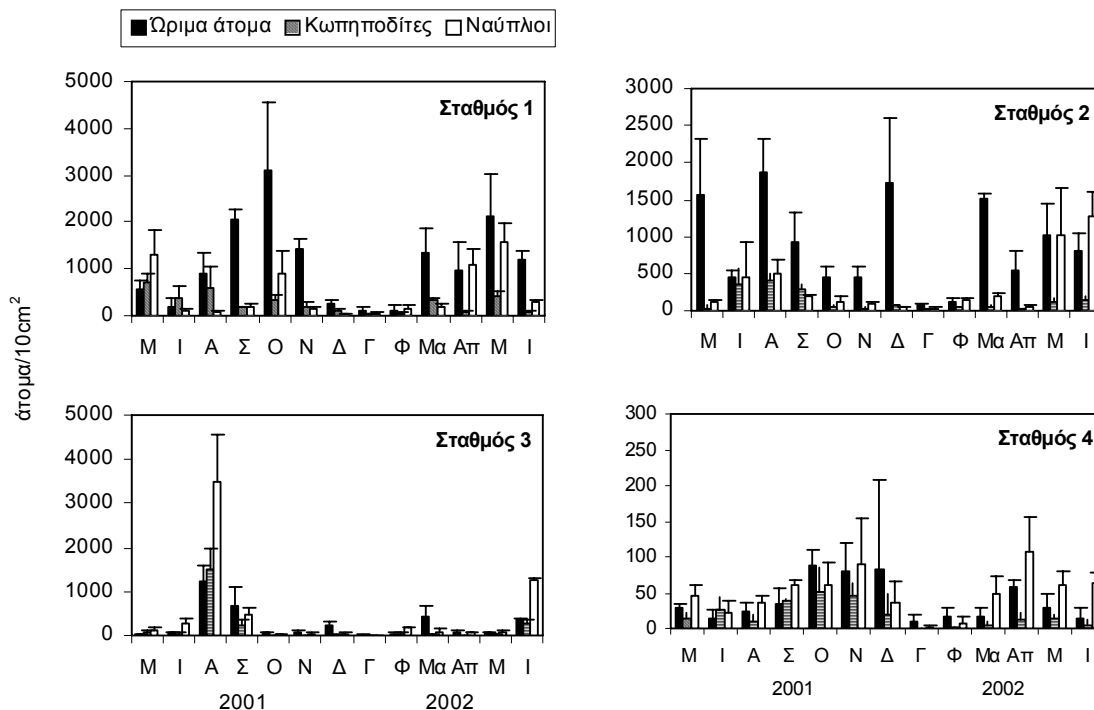
Μήνες με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Κωπήποδα

Στην παραλία της Παχιάς Άμμου, μόνο τα ώριμα άτομα κωπηπόδων της υποπαραλιακής ζώνης (σταθμός 4) δεν παρουσίασαν, οριακά, μηνιαίες διαφορές στατιστικά σημαντικές (Πίνακας 3.3.21, ANOVA, $p = 0,05$). Στο σταθμό 1, τα ώριμα άτομα εμφανίζουν δύο τάσεις αύξησης της αφθονίας τους, στο τέλος του καλοκαιριού και στις αρχές της άνοιξης (μέγιστη τιμή, Οκτώβρης 3086 άτομα/10cm²) ενώ παρουσιάζουν χαμηλές τιμές καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα (ελάχιστη τιμή, Φλεβάρης 121 άτομα/10cm²) (Εικόνα 3.3.9). Τόσο οι κωπηποδίτες όσο και οι ναύπλιοι εμφανίζουν χαμηλές τιμές αφθονίας επίσης τους χειμερινούς μήνες, ενώ οι υψηλότερες τιμές τους καταγράφονται στο τέλος της άνοιξης (κωπηποδίτες, Μάης 2001 695 άτομα/10cm², ναύπλιοι, Μάης 2002 1569 άτομα/10cm²). Στο σταθμό 2 ο πληθυσμός των ώριμων κωπηπόδων μειώνεται σημαντικά το Γενάρη και το Φλεβάρη, χαρακτηριστικό όμως είναι ότι παρουσιάζει μέγιστο κάθε εποχή. Τα ανώριμα στάδια κωπηπόδων εξακολουθούν να εμφανίζουν μέγιστα τους θερμούς μήνες (κωπηποδίτες, ναύπλιοι, Ιούνιο – Αύγουστο 2001, ναύπλιοι Μάιος – Ιούνιος 2002) και ιδιαίτερα χαμηλές τιμές το χειμώνα. Στο σταθμό 3 οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που υποδεικνύει η δοκιμασία Kruskal-Wallis πρέπει να οφείλονται στις ιδιαίτερα υψηλές τιμές που σημειώνονται τον Αύγουστο για όλα τα αναπτυξιακά στάδια και στις σχεδόν μηδενικές τιμές που παρατηρούνται το χειμώνα και ειδικά το Γενάρη. Στο σταθμό της υποπαραλιακής ζώνης το συντηρητικό τεστ του Tukey δεν είναι ικανό να αποκαλύψει τις στατιστικά σημαντικές ομαδοποιήσεις των δειγματοληπτικών περιόδων για τα ώριμα άτομα κωπηπόδων, ωστόσο όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.3.9 και επιβεβαιώνεται από τις πολλαπλές συγκρίσεις με την ίδια δοκιμασία για τους κωπηποδίτες και ναύπλιους (Πίνακας 3.3.21), η αφθονία για όλα τα αναπτυξιακά στάδια των κωπηπόδων είναι χαμηλή τους χειμερινούς μήνες, ενώ παρουσιάζει αυξητική τάση από το φθινόπωρο έως τις αρχές του χειμώνα (Σεπτέμβρης – Δεκέμβρης). Οι ναύπλιοι, παρουσιάζουν και μία δεύτερη πιο ισχυρή αύξηση την άνοιξη όταν η θερμοκρασία εμφανίζει ανοδική τάση.



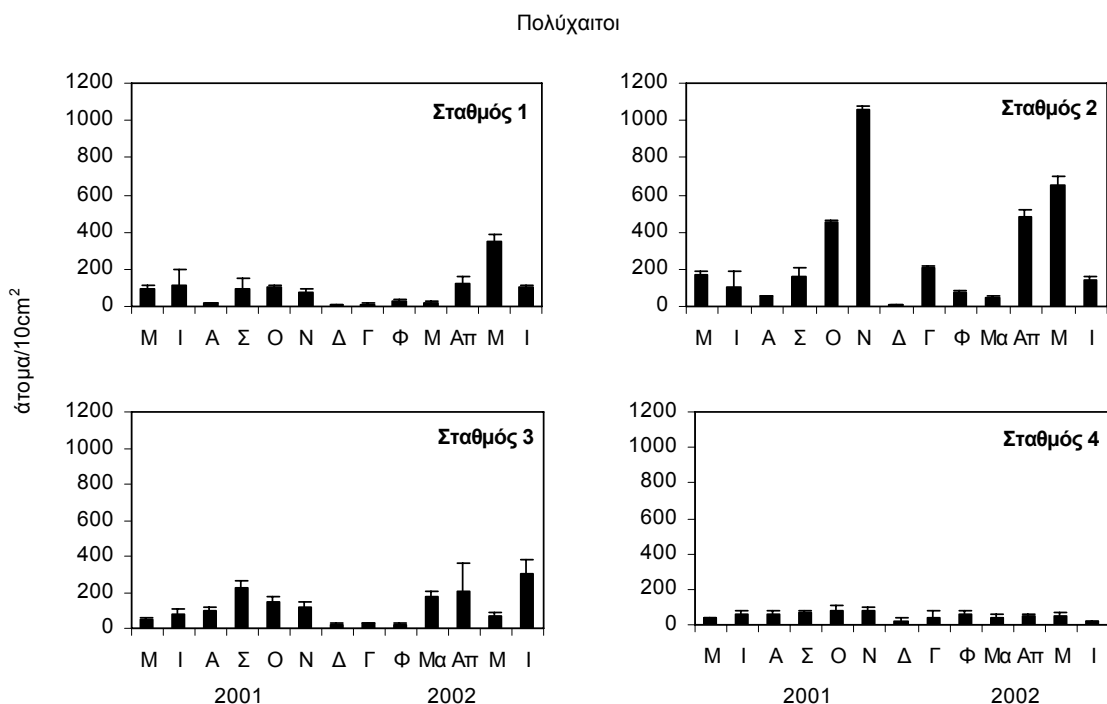
Εικόνα 3.3.9. Μέση τιμή ανά 10cm² (n=3) και τυπική απόκλιση των τριών σταδίων των κωπηπόδων σε κάθε σταθμό στην Παχιά Άμμο για κάθε δειγματοληπτική περίοδο. Σημειώστε τη διαφορετική κλίμακα αφθονίας μεταξύ των σταθμών.

Πολύχαιτοι

Στην Παχιά Άμμο οι ολιγόχαιτοι αποτελούσαν μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό της μειοπανίδας (Πίνακας 3.3.1, 0,1%) και γι' αυτό το λόγο από το φύλο των δακτυλιοσκωλήκων θα συζητηθεί μόνο η ομάδα των πολυχαίτων, η οποία σε συγκεκριμένες δειγματοληπτικές περιόδους αποτελούσε το κυρίαρχο τάξο της μειοπανίδας τουλάχιστον στο σταθμό 2.

Και γι' αυτή την ομάδα η παραμετρική και μη-παραμετρική ανάλυση διασποράς αποκάλυψαν πολύ σημαντικές χρονικές μεταβολές της αφθονίας στη διάρκεια της μελέτης (Πίνακες 3.3.20 – 3.3.21, $p < < 0,01$). Στους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης παρατηρείται αύξηση της αφθονίας των πολυχαίτων τους φθινοπωρινούς και ανοιξιάτικους μήνες ενώ το χειμώνα σημειώνεται μείωση της αφθονίας, η οποία είναι πιο εμφανής στους σταθμούς 1 και 3 (Εικόνα 3.3.10). Τα μέγιστα της αφθονίας όμως, εμφανίζονται σε διαφορετικές εποχές σε κάθε ένα από τους σταθμούς της συγκεκριμένης ζώνης (άνοιξη, φθινόπωρο, καλοκαίρι αντίστοιχα). Στην υποπαραλιακή περιοχή παρατηρείται επίσης μία αύξηση της αφθονίας καθώς προχωρούμε από το καλοκαίρι προς το φθινόπωρο (μέγιστη τιμή, Οκτώβρης 83

άτομα/10cm²) ενώ χαμηλές τιμές εμφανίζονται σποραδικά το Μάη 2001, το Δεκέμβρη και τον Ιούνιο 2002 (ελάχιστη τιμή, Ιούνιος 2002 15 άτομα/10cm²).

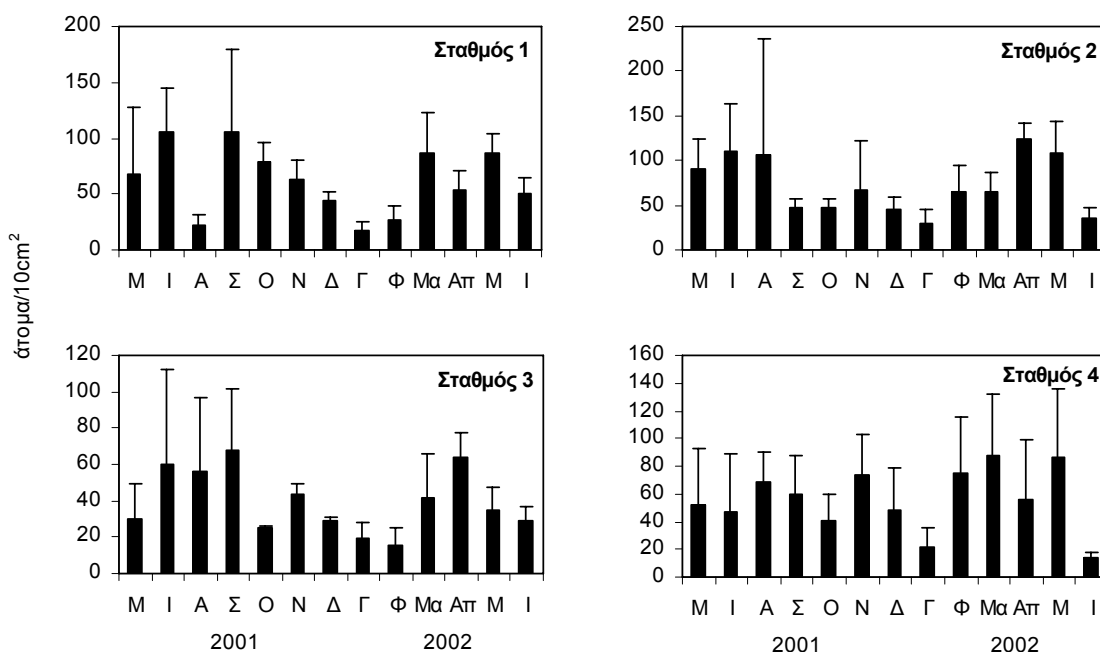


Εικόνα 3.3.10. Μέση τιμή ανά 10cm² (n=3) και τυπική απόκλιση των πολυχαιτών σε κάθε σταθμό στην Παχιά Άμμο για κάθε δειγματοληπτική περίοδο.

Σκωληκόμορφα

Η ομάδα των σκωληκόμορφων ήταν η σημαντικότερη από τις υπόλοιπες ‘μικρές’ μειοβενθικές ομάδες που βρέθηκαν στην παραλία της Παχιάς Άμμου, η οποία εμφάνισε στατιστικά σημαντικές εποχικές μεταβολές μόνο στο σταθμό 1 (Πίνακας 3.3.20, ANOVA, $p < 0,01$). Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.3.11, τα σκωληκόμορφα του σταθμού 1 υπόκεινται σε σημαντική μείωση του πληθυσμού τους από τις αρχές του φθινοπώρου ως το χειμώνα (Σεπτέμβρης – Γενάρης), οπότε και εμφανίζουν τη μικρότερη αφθονία (17 άτομα/10cm²), ενώ την άνοιξη που ακολουθεί αυξάνουν σε αριθμό. Με εξαίρεση το μήνα Αύγουστο, όπου εμφανίζουν σημαντικά μικρή αφθονία, τα σκωληκόμορφα αφθονούν περισσότερο την άνοιξη και το καλοκαίρι.

Σκωληκόμορφα



Εικόνα 3.3.11. Μέση τιμή ανά 10cm² (n=3) και τυπική απόκλιση των σκωληκόμορφων σε κάθε σταθμό στην Παχιά Άμμο για κάθε δειγματοληπτική περίοδο.

3.3.3 Χωρικές μεταβολές της αφθονίας

Όπως συμβαίνει με τα περισσότερα φυσικά φαινόμενα στην οικολογία, έτσι και οι μειοβενθικοί πληθυσμοί εμφανίζονται ετερογενείς στο χώρο, γεγονός που παρατηρείται σε όλες τις κλίμακες μεγέθους – από μικρόμετρα μέχρι μεγάλες ωκεάνιες εκτάσεις. Τα αίτια της ετερογενούς αυτής κατανομής δεν είναι πάντοτε γνωστά καθώς ποικίλοι βιολογικοί και φυσικοί παράγοντες μπορεί να είναι υπεύθυνοι για τα παρατηρούμενα πρότυπα, συνήθως όμως, αποδίδεται σε φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος (κοκκομετρική σύσταση, οξύγνο, αλατότητα) (ανασκοπήσεις από Hicks & Coull 1983, Heip et al. 1985), στη διαθεσιμότητα και συσσώρευση της τροφής (Lee et al. 1977), στη δραστηριότητα και αποσύνθεση μεγαλύτερων ζώων (Olafsson 1992, Hall et al. 1994). Σε εκτεθειμένα περιβάλλοντα όπως είναι οι αμμώδεις παραλίες όπου οι φυσικές συνθήκες είναι σκληρές και η χωρική ετερογένεια του περιβάλλοντος μεγάλη, τα πρότυπα κατανομής των φυσικών πληθυσμών είναι αντιστοίχως ετερογενή (McLachlan 1983, Brown & McLachlan 1990). Η χωρική ανομοιομορφία σε αυτά τα περιβάλλοντα εμφανίζεται τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα μέσα στο ίζημα, με βασικούς καθοριστικούς παράγοντες της παρατηρούμενης κατανομής να θεωρούνται η ξήρανση που υφίσταται

το ίζημα και η ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου στο μεσοδιαστηματικό νερό (McLachlan 1980b, Brown & McLachlan 1990).

3.3.3.1 Οριζόντια κατανομή

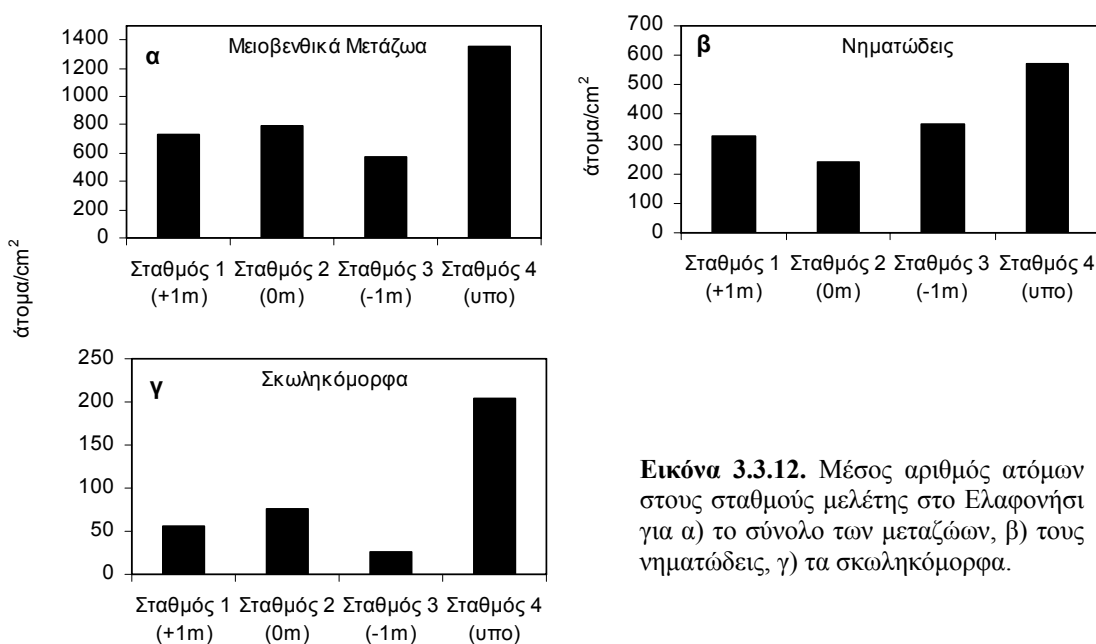
Η μέση αφθονία του συνόλου των μειοβενθικών μεταζών καθώς και των περισσότερων κύριων ταξινομικών ομάδων (Πίνακας 3.3.22) βρέθηκε να μεταβάλλεται στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο ζωνών και στις δύο παραλίες (Πίνακας 3.3.23, ιεραρχική ANOVA, $p < 0,01$) ενώ σημαντικές διακυμάνσεις διαπιστώθηκαν και μεταξύ των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης όταν εφαρμόστηκε ANOVA με έναν παράγοντα στα δεδομένα κάθε δειγματοληπτικής περιόδου χωριστά. (Πίνακες 3.3.24 – 3.3.29, ANOVA, $p < 0,04$). Αυτό κρίθηκε απαραίτητο να γίνει καθώς όταν αρχικά πραγματοποιήθηκε ANOVA με δύο παράγοντες (παράγοντας A, σταθμοί, παράγοντας B, χρόνος) τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδωσαν σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων ($p < 0,01$) και επομένως θα έπρεπε οι εκ των υστέρων έλεγχοι για τη διαπίστωση χωρικών μεταβολών να εφαρμοστούν ανεξάρτητα σε κάθε επίπεδο του παράγοντα χρόνος.

Πίνακας 3.3.22. Μέση αφθονία (άτομα/cm²) των κυριότερων ταξινομικών ομάδων σε κάθε σταθμό στο Ελαφονήσι και στην Παχιά Άμμο (σε παρένθεση το εύρος τιμών).

	Ελαφονήσι				Παχιά Άμμος			
	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Νηματώδεις	326 (86 - 1013)	238 (108 - 542)	369 (106 - 723)	570 (181 - 1049)	232 (86 - 364)	256 (72 - 574)	301 (93 - 640)	715 (113 - 1305)
Σκωληκόμορφα	55 (10 - 411)	77 (19 - 188)	26 (8 - 46)	204 (50 - 547)	62 (17 - 106)	73 (30 - 124)	40 (15 - 68)	56 (14 - 88)
Σύνολο κωπηπόδων	162 (15 - 788)	251 (33 - 1170)	34 (9 - 65)	198 (38 - 588)	1364 (159 - 3406)	1005 (94 - 2271)	440 (23 - 2768)	58 (11 - 139)
Ναύπλιοι κωπηπόδων	37 (1 - 96)	35 (4 - 135)	5 (2 - 8)	154 (17 - 421)	465 (28 - 1569)	322 (29 - 1268)	477 (13 - 3505)	49 (2 - 108)
Πολύχαιτοι	3 (0 - 15)	15 (7 - 30)	7 (0 - 19)	44 (2 - 123)	88 (6 - 348)	279 (7 - 1059)	118 (18 - 306)	51 (15 - 83)
Ολιγόχαιτοι	72 (0 - 279)	46 (2 - 166)	5 (0 - 16)	8 (0 - 99)	5 (0 - 37)	2 (0 - 11)	1 (0 - 7)	1 (0 - 5)
Γαστερότριχα	61 (0 - 241)	124 (8 - 347)	114 (0 - 581)	161 (14 - 716)	67 (4 - 231)	61 (2 - 213)	41 (3 - 96)	31 (1 - 82)
Σύνολο μεταζών	728 (345 - 1319)	796 (432 - 1924)	571 (246 - 1136)	1358 (385 - 2844)	2299 (508 - 5065)	2043 (620 - 3696)	1468 (285 - 7166)	978 (269 - 1546)

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.3.12 η μέση αφθονία των μειοβενθικών μεταζών και των νηματωδών στο Ελαφονήσι είναι κατά κανόνα μεγαλύτερη στο σταθμό της υποπαραλιακής ζώνης (Πίνακας 3.3.23, ANOVA, $p < 0,001$) ενώ μικρότερες τιμές εμφανίζονται συνήθως στους σταθμούς 3 και 2 για κάθε ομάδα αντίστοιχα (Πίνακας 3.3.24, ANOVA, $p < 0,04$). Στα ίδια αποτελέσματα οδηγούμαστε και για την ομάδα

των σκληρόμορφων (Εικόνα 3.3.12γ, Πίνακες 3.3.23, 3.3.24) καθώς και για τους ναύπλιους των κωπήποδων (Εικόνα 3.3.13α, Πίνακες 3.3.23, 3.3.25), ομάδες που παρουσιάζουν ελάχιστη αφθονία στο σταθμό 3 και μέγιστη στην υποπαραλιακή ζώνη, όχι όμως και για τα κωπήποδα (ώριμα άτομα + κωπηποδίτες), αφού οι συγκρίσεις της αφθονίας των διαφορετικών ζωνών και σταθμών έδειξαν τα κωπήποδα της ακτογραμμής (σταθμός 2) να είναι σημαντικά πιο άφθονα, ιδιαίτερα τους πρώτους καλοκαιρινούς μήνες (Πίνακες 3.3.23, 3.3.25, ANOVA, $p < 0,006$).



Εικόνα 3.3.12. Μέσος αριθμός ατόμων στους σταθμούς μελέτης στο Ελαφονήσι για α) το σύνολο των μεταζώων, β) τους νηματώδεις, γ) τα σκληρόμορφα.

Διαφοροποίηση της υποπαραλιακής ζώνης υποδεικνύεται και με βάση την αφθονία των πολυχαιτών (Πίνακας 3.3.23, ANOVA, $p < 0,001$), καθώς όπως φαίνεται από τη μέση αφθονία ανά σταθμό της συγκεκριμένης ομάδας (Εικόνα 3.3.13β) οι πολύχαιτοι είναι περισσότερο άφθονοι κυρίως στο σταθμό 4, ενώ χαμηλές τιμές αφθονίας παρουσιάζουν στο σταθμό που δέχεται τη μικρότερη επίδραση από τη θάλασσα (σταθμός 1, 3 άτομα/10cm²) (Πίνακας 3.3.26, ANOVA, $p < 0,01$). Αντιθέτως, όπως φαίνεται στην ίδια εικόνα, οι ολιγόχαιτοι αφθονούν στους σταθμούς 1 και 2, διαπίστωση που θα μπορούσε να θεωρηθεί αναμενόμενη αφού το συγκεκριμένο τάξο εμφανίζεται περισσότερο στις ζώνες εκείνες τις παραλίας που επηρεάζονται λιγότερο από τη θάλασσα.

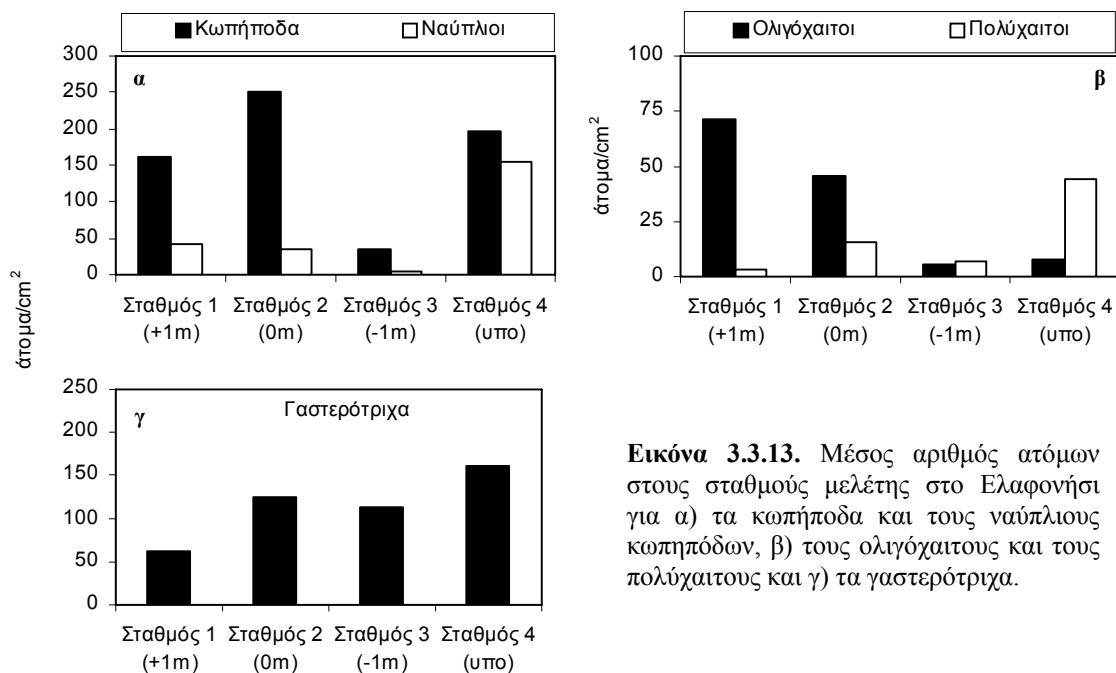
Πίνακας 3.3.23. Συνοπτικά αποτελέσματα της σύγκρισης των κυριότερων ταξινομικών ομάδων με χρήση ιεραρχικής ανάλυσης διασποράς (nested ANOVA) με τρεις παράγοντες στις δύο παραλίες. Οι παράγοντες στην ανάλυση είναι 'Ζώνες' (προκαθορισμένος), 'Σταθμοί' (προκαθορισμένος και ενσωματωμένος στον παράγοντα Ζώνες), 'Δειγματοληπτικές περιόδους' (τυχαίος και ορθογώνιος σε όλους τους υπόλοιπους παράγοντες).

Ελαφονήσι	Πηγή μεταβλητότητας					
	Ζώνες		Σταθμοί		Δειγματοληπτικές περιόδους	
	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p
Νηματώδεις ¹	42,197	<<0,001**	6,069	0,003**	8,917	<<0,001**
Σκωληκόμορφα ¹	85,704	<<0,001**	13,290	<<0,001**	3,473	<<0,001**
Σύνολο κωπηπόδων ¹	14,527	<<0,001**	29,155	<<0,001**	1,887	0,041*
Ναύπλιοι κωπηπόδων ¹	137,152	<<0,001**	26,287	<<0,001**	6,646	<<0,001**
Πολύχαιτοι ¹	81,031	<<0,001**	33,035	<<0,001**	2,446	0,006**
Ολιγόχαιτοι	14,271	<<0,001**	19,444	<<0,001**	4,191	<<0,001**
Γαστερότριχα ¹	3,861	0,051	4,602	0,012*	16,855	<<0,001**
Σύνολο μεταζώων	54,307	<<0,001**	2,224	0,012*	3,650	<<0,001**
Παχιά Άμμος						
Νηματώδεις	150,210	<<0,001**	1,212	0,301	5,979	<<0,001**
Σκωληκόμορφα ¹	0,245	0,621	8,405	<<0,001**	3,978	<<0,001**
Σύνολο κωπηπόδων ¹	287,695	<<0,001**	44,273	<<0,001**	11,417	<<0,001**
Ναύπλιοι κωπηπόδων ¹	74,907	<<0,001**	2,186	0,116	9,394	<<0,001**
Πολύχαιτοι	11,605	0,001**	13,378	<<0,001**	3,612	<<0,001**
Ολιγόχαιτοι	3,543	0,062	3,361	0,038*	1,564	0,109
Γαστερότριχα ¹	6,979	0,009**	0,357	0,701	8,027	<<0,001**
Σύνολο μεταζώων ¹	29,416	<<0,001**	16,720	<<0,001**	10,993	<<0,001**

1, μετασχηματισμός δεδομένων log (x+1)

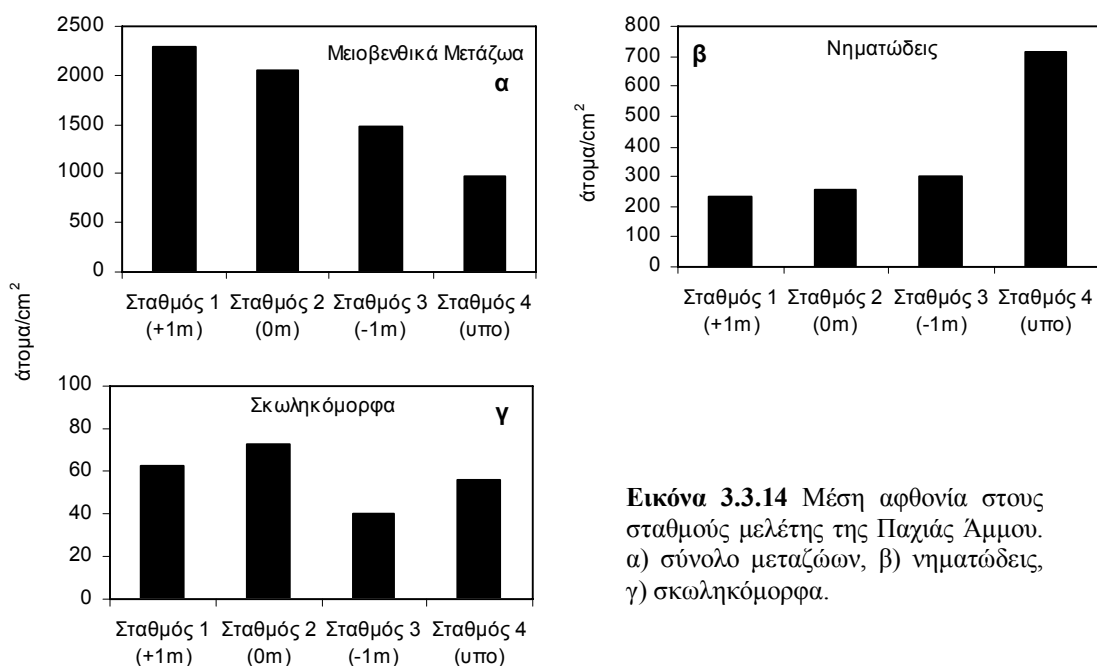
* στατιστικά σημαντική διαφορά (p < 0,05)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά (p < 0,01)



Εικόνα 3.3.13. Μέσος αριθμός ατόμων στους σταθμούς μελέτης στο Ελαφονήσι για α) τα κωπήποδα και τους ναύπλιους κωπηπόδων, β) τους ολιγόχαιτους και τους πολύχαιτους και γ) τα γαστερότριχα.

Η μέση αφθονία των γαστερότριχων αν και δίνει την εντύπωση πως ήταν υψηλότερη στο σταθμό 4 (Εικόνα 3.3.13γ) δε φάνηκε να διαφοροποιείται μεταξύ των δύο ζωνών (Πίνακας 3.3.23) καθώς επίσης και μεταξύ των σταθμών για τις περισσότερες δειγματοληπτικές περιόδους (Πίνακας 3.3.26, ANOVA, $p>0,09$).



Εικόνα 3.3.14 Μέση αφθονία στους σταθμούς μελέτης της Παχιάς Άμμου. α) σύνολο μεταζώων, β) νηματώδεις, γ) σκωληκόμορφα.

Και στην παραλία της Παχιάς Άμμου οι νηματώδεις εμφανίζονταν με σημαντικά αυξημένες αφθονίες στην υποπαραλιακή ζώνη (σταθμός 4, 715 άτομα/10cm²) δεν ισχύει όμως το ίδιο για τα μειοβενθικά μετάζωα των οποίων η αφθονία μειώνεται σημαντικά καθώς μετακινούμαστε προς την υποπαραλιακή ζώνη (Εικόνα 3.3.14, Πίνακες 3.3.23, 3.3.27). Η μέση αφθονία της ομάδας των σκωληκόμορφων παρουσιάζει διακυμάνσεις μεταξύ των σταθμών, ωστόσο η ιεραρχική ANOVA καθώς και η ANOVA με έναν παράγοντα που εφαρμόστηκαν στα δεδομένα αφθονίας της ομάδας δεν υπέδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ζωνών και μεταξύ των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης για τις περισσότερες δειγματοληπτικές περιόδους (Πίνακες 3.3.23, 3.3.27). Τους μήνες όμως που σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές υψηλότερες αφθονίες παρουσιάστηκαν κυρίως στο σταθμό 2.

Τα διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια των κωπηπόδων διέφεραν σημαντικά μεταξύ των δύο ζωνών με υψηλότερες τιμές να καταγράφονται πάντα στη μεσοπαραλιακή ζώνη (Εικόνα 3.3.15α, Πίνακας 3.3.23, $p<0,001$). Στις περισσότερες δειγματοληπτικές περιόδους, τα κωπήποδα (ώριμα άτομα + κωπηποδίτες) και οι

ναύπλιοι ήταν περισσότερο άφθονα στο σταθμό 1 (Πίνακας 3.3.28, ANOVA, $p < 0,01$), ενώ οι αφθονίες τους ήταν ιδιαίτερα χαμηλές στο σταθμό 4.

Πίνακας 3.3.24. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής (ANOVA) και μη παραμετρικής (Kruskal - Wallis) ανάλυσης διασποράς και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης για τα δεδομένα του συνόλου των μειοβενθικών μεταζώων, των νηματώδων και των σκωληκόμορφων για κάθε δειγματοληπτική περίοδο στο Ελαφονήσι.

Σύνολο μεταζώων	ANOVA με έναν παράγοντα		Δοκιμασία Kruskal - Wallis		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey		
	λόγος F	τιμή p	λόγος H	τιμή p	(κατάταξη σταθμών	ελάχιστη προς	μέγιστη τιμή αφθονίας)
Μάιος 01 ¹	6,376	0,033*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Ιούνιος 01	0,311	0,744					
Αύγουστος 01	27,797	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Σεπτέμβρης 01	2,702	0,146					
Οκτώβρης 01			9,391	0,025*			
Νοέμβρης 01	52,984	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Δεκέμβρης 01	21,987	0,002**			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Γενάρης 02	8,719	0,017*			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Φλεβάρης 02	17,908	0,003**			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Μάρτης 02	11,470	0,009**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Απρίλης 02 ¹	1,272	0,346					
Μάης 02 ¹	19,588	0,002**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Ιούνιος 02 ¹	5,971	0,037*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Νηματώδεις							
Μάιος 01	2,804	0,138					
Ιούνιος 01	1,962	0,221					
Αύγουστος 01	14,712	0,005**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Σεπτέμβρης 01 ¹	4,388	0,067					
Οκτώβρης 01	0,793	0,495					
Νοέμβρης 01	3,581	0,095					
Δεκέμβρης 01	14,115	0,005**			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Γενάρης 02	15,238	0,004**			Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3
Φλεβάρης 02	33,857	<< 0,001**			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Μάρτης 02	5,651	0,042*			Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3
Απρίλης 02 ¹	8,354	0,018*			Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1
Μάης 02 ¹	16,827	0,003**			Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1
Ιούνιος 02			3,200	0,201			
Σκωληκόμορφα							
Μάιος 01	1,395	0,318					
Ιούνιος 01			4,271	0,118			
Αύγουστος 01			7,260	0,026*			
Σεπτέμβρης 01	1,270	0,347					
Οκτώβρης 01	3,076	0,120					
Νοέμβρης 01 ¹	26,343	0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Δεκέμβρης 01 ¹	6,066	0,036*			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Γενάρης 02 ¹	0,026	0,974					
Φλεβάρης 02 ¹	10,964	0,009**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Μάρτης 02 ¹	17,004	0,003**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Απρίλης 02 ¹	6,178	0,035*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Μάης 02 ¹	18,446	0,003**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Ιούνιος 02 ¹	0,123	0,887					

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Σταθμοί με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Πίνακας 3.3.25. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής (ANOVA) και μη παραμετρικής (Kruskal - Wallis) ανάλυσης διασποράς και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης για τα κωπήποδα και τους ναύπλιους κωπηπόδων για κάθε δειγματοληπτική περίοδο στο Ελαφονήσι.

Κωπήποδα	ANOVA με έναν παράγοντα		Δοκιμασία Kruskal - Wallis		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey		
	λόγος F	τιμή p	λόγος H	τιμή p	(κατάταξη σταθμών ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)		
Μάιος 01 ¹	241,478	<< 0,001**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Ιούνιος 01	35,465	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Αύγουστος 01 ¹	30,691	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Σεπτέμβρης 01 ¹	2,899	0,132					
Οκτώβρης 01	86,476	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Νοέμβρης 01	855,490	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Δεκέμβρης 01 ¹	16,439	0,004**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Γενάρης 02 ¹	54,271	0,002**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Φλεβάρης 02 ¹	15,914	0,004**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Μάρτης 02	42,910	<< 0,001**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Απρίλης 02	1,313	0,336					
Μάης 02	13,172	0,006**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Ιούνης 02			5,955	0,051			
Ναύπλιοι κωπηπόδων							
Μάιος 01 ¹	9,633	0,013*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Ιούνιος 01	1,848	0,237					
Αύγουστος 01	37,566	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Σεπτέμβρης 01			7,024	0,071			
Οκτώβρης 01 ¹	13,540	0,006**			Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1
Νοέμβρης 01	12,061	0,008**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Δεκέμβρης 01 ¹	2,152	0,197					
Γενάρης 02 ¹	3,101	0,119					
Φλεβάρης 02 ¹	7,134	0,026*			Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1
Μάρτης 02 ¹	2,715	0,145			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Απρίλης 02 ¹	38,354	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Μάης 02 ¹	8,845	0,016*			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Ιούνης 02 ¹	29,899	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Σταθμοί με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Οι πολύχαιτοι στην Παχιά Άμμο διαφέρουν επίσης σημαντικά μεταξύ των δύο ζωνών (Πίνακας 3.3.23, ANOVA, $p = 0,001$), τη φορά αυτή όμως είναι πιο άφθονοι στη μεσοπαραλιακή ζώνη, όπου και παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου με μέγιστες τιμές να καταγράφονται κυρίως στο σταθμό 2 και ελάχιστες σχεδόν αποκλειστικά στο σταθμό 1 (Εικόνα 3.3.15.β, Πίνακας 3.3.29, ANOVA, $p < 0,05$).

Η αφθονία των γαστερότριχων φαίνεται να μειώνεται καθώς απομακρυνόμαστε από τη μεσοπαραλιακή ζώνη (Εικόνα 3.3.15γ, Πίνακας 3.3.23, ANOVA, $p = 0,009$), οι σταθμοί όμως εντός της συγκεκριμένης ζώνης διαφέρουν σημαντικά (Πίνακας 3.3.29, ANOVA, $p < 0,05$) μόνο μερικούς μήνες το χρόνο, κατά τους οποίους τα γαστερότριχα εμφανίζονται πιο άφθονα στους σταθμούς 1 και 2.

Πίνακας 3.3.26. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής (ANOVA) και μη παραμετρικής (Kruskal - Wallis) ανάλυσης διασποράς και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης για τα γαστερότριχα, τους ολιγόχαιτους και τους πολύχαιτους για κάθε δειγματοληπτική περίοδο στο Ελαφονήσι.

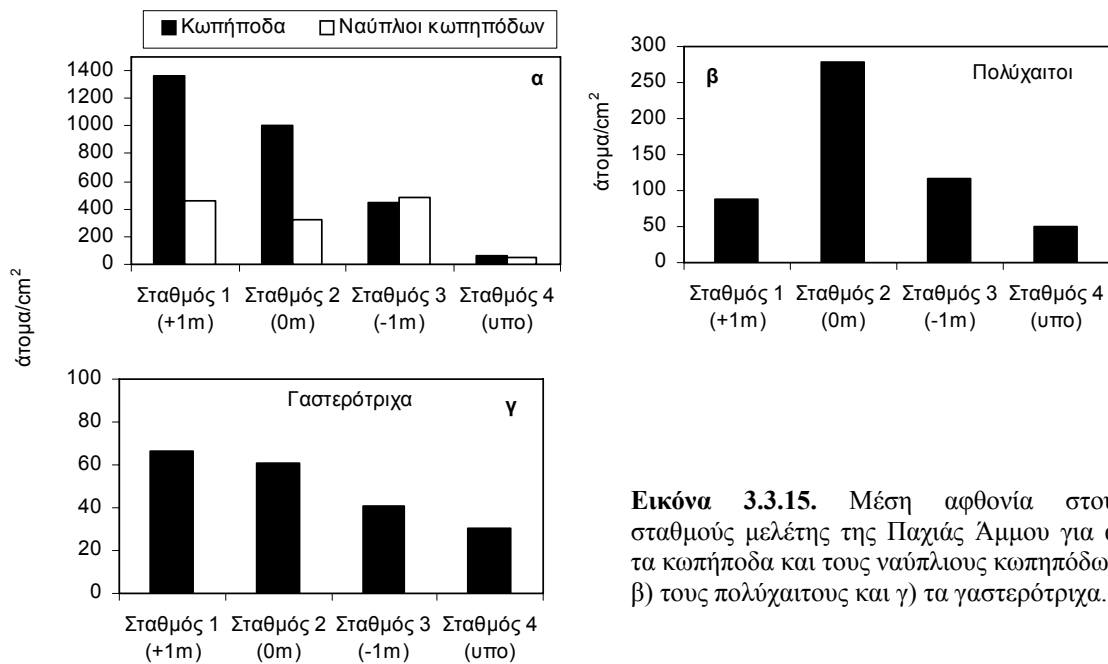
Γαστερότριχα	ANOVA με έναν παράγοντα		Δοκιμασία Kruskal - Wallis		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey		
	λόγος F	τιμή p	λόγος H	τιμή p	(κατάταξη σταθμών ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)		
Μάιος 01	1,647	0,269					
Ιούνιος 01 ¹	8,478	0,018*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Αύγουστος 01	1,623	0,273					
Σεπτέμβρης 01 ¹	3,781	0,087					
Οκτώβρης 01 ¹	1,518	0,293					
Νοέμβρης 01	0,042	0,960					
Δεκέμβρης 01	2,777	0,140					
Γενάρης 02 ¹	0,023	0,977					
Φλεβάρης 02	9,017	0,016*			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Μάρτης 02	3,749	0,088					
Απρίλης 02 ¹	1,208	0,362					
Μάης 02			5,422	0,067			
Ιούνιος 02	6,251	0,034*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Ολιγόχαιτοι							
Μάιος 01	1,811	0,242					
Ιούνιος 01	2,085	0,205					
Αύγουστος 01 ¹	1,273	0,346					
Σεπτέμβρης 01 ¹	8,791	0,02*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Οκτώβρης 01 ¹	23,122	0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Νοέμβρης 01	6,173	0,018*			Σταθμός 4	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Δεκέμβρης 01	6,166	0,035*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Γενάρης 02	0,583	0,587					
Φλεβάρης 02			7,200	0,027*			
Μάρτης 02 ¹	48,160	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Απρίλης 02	1,642	0,270					
Μάης 02 ¹	260,513	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Ιούνιος 02 ¹	92,602	<< 0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Πολύχαιτοι							
Μάιος 01 ¹	0,364	0,709					
Ιούνιος 01 ¹	30,155	<< 0,001**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Αύγουστος 01 ¹	12,269	0,008**			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Σεπτέμβρης 01 ¹	12,255	0,008**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Οκτώβρης 01	1,932	0,225					
Νοέμβρης 01 ¹	21,048	0,002**			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Δεκέμβρης 01 ¹	13,626	0,006**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Γενάρης 02	4,990	0,053					
Φλεβάρης 02	3,560	0,096					
Μάρτης 02 ¹	10,597	0,011*			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Απρίλης 02	10,583	0,011*			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Μάης 02 ¹	29,051	<< 0,001**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Ιούνιος 02 ¹	16,894	0,003**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Σταθμοί με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%



Εικόνα 3.3.15. Μέση αφθονία στους σταθμούς μελέτης της Παχιάς Άμμου για α) τα κωπήποδα και τους ναύπλιους κωπήπόδων, β) τους πολύχαιτους και γ) τα γαστερότριχα.

3.3.3.2 Κατακόρυφη κατανομή στη στήλη του ιζήματος

Η κατανομή του συνόλου των μειοβενθικών μεταζώων, των νηματώδων και της ομάδας ‘σκωληκόμορφα’ στο Ελαφονήσι παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών κλασμάτων του ιζήματος σε όλους τους σταθμούς μελέτης και στις περισσότερες δειγματοληπτικές περιόδους (Πίνακες 3.3.30 – 3.3.32). Σε γενικές γραμμές, οι τρεις ομάδες τον περισσότερο χρόνο μελέτης ήταν αφθονότερες στο επιφανειακό στρώμα ιζήματος (0-5 cm) με εποχικές τάσεις μείωσης προς τα βαθύτερα στρώματα, παρατήρηση η οποία ήταν ιδιαίτερα εμφανής για τους νηματώδεις και τα μειοβενθικά μετάζωα στους σταθμούς 3 και 4 (Εικόνες 3.3.16 – 3.3.18). Ωστόσο, υπήρχαν χρονικές περιόδους διαφορετικές για κάθε ομάδα και αρκετές φορές για κάθε σταθμό κατά τις οποίες οι συγκεκριμένες ομάδες παρουσίασαν ομοιομορφία στο κάθετο προφίλ κατανομής τους.

Μεγαλύτερη ομοιομορφία κατανομής στη στήλη του ιζήματος παρουσίασαν οι νηματώδεις στην ακτογραμμή (σταθμός 2) όπου από το τέλος του καλοκαιριού μέχρι το τέλος του χειμώνα δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της αφθονίας των διαφορετικών κλασμάτων του ιζήματος (ANOVA, $p > 0,05$) με εξαίρεση το μήνα Δεκέμβρη όταν οι νηματώδεις ήταν περισσότερο άφθονοι στα πρώτα 10 εκατοστά του ιζήματος (Πίνακας 3.3.31, ANOVA, $p < 0,01$).

Πίνακας 3.3.27. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής (ANOVA) και μη παραμετρικής (Kruskal - Wallis) ανάλυσης διασποράς και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης για τα δεδομένα του συνόλου των μειοβενθικών μεταζώων, των νηματωδών και των σκωληκόμορφων για κάθε δειγματοληπτική περίοδο στην Παχιά Άμμο.

Σύνολο μεταζώων	ANOVA με έναν παράγοντα		Δοκιμασία Kruskal - Wallis		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey		
	λόγος F	τιμή p	λόγος H	τιμή p	(κατάταξη σταθμών	ελάχιστη προς	μέγιστη τιμή αφθονίας)
Μάης 01	10,015	0,012			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Ιούνιος 01	1,980	0,219					
Αύγουστος 01	10,974	0,009**			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Σεπτέμβρης 01	3,045	0,122					
Οκτώβρης 01 ¹	32,892	0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Νοέμβρης 01	9,065	0,015*			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Δεκέμβρης 01 ¹	21,534	0,002**			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Γενάρης 02			5,600	0,608			
Φλεβάρης 02	2,171	0,195					
Μάρτης 02	6,013	0,037*			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Απρίλης 02	6,398	0,033*			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Μάης 02 ¹	34,921	<<0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Ιούνιος 02 ¹	6,586	0,031*			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Νηματώδεις							
Μάης 01	6,696	0,03*			Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1
Ιούνιος 01	0,805	0,490					
Αύγουστος 01	28,369	0,001**			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Σεπτέμβρης 01 ¹	3,483	0,099					
Οκτώβρης 01	9,185	0,015*			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Νοέμβρης 01	1,592	0,279					
Δεκέμβρης 01	43,914	<<0,001**			Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3
Γενάρης 02	3,695	0,090					
Φλεβάρης 02	0,376	0,702					
Μάρτης 02	12,158	0,008**			Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1
Απρίλης 02 ¹	14,843	0,005**			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Μάης 02 ¹	11,751	0,008**			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Ιούνιος 02 ¹	15,875	0,004*			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Σκωληκόμορφα							
Μάης 01	1,671	0,265					
Ιούνιος 01	1,009	0,419					
Αύγουστος 01 ¹	0,402	0,686					
Σεπτέμβρης 01	1,155	0,376					
Οκτώβρης 01	13,750	0,006**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Νοέμβρης 01	0,384	0,697					
Δεκέμβρης 01 ¹	4,364	0,068					
Γενάρης 02	1,257	0,350					
Φλεβάρης 02	6,137	0,035*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Μάρτης 02	1,967	0,220					
Απρίλης 02	16,274	0,004**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Μάης 02	7,024	0,027*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Ιούνιος 02	3,106	0,119					

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Σταθμοί με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Πίνακας 3.3.28. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής ανάλυσης διασποράς (ANOVA) και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης για τα κωπήποδα και τους ναύπλιους κωπηπόδων για κάθε δειγματοληπτική περίοδο στην Παχιά Άμμο.

Κωπήποδα	ANOVA με έναν παράγοντα		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey		
	λόγος F	τιμή p	κατάταξη σταθμών από ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας		
Μάρης 01 ¹	30,880	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Ιούνιος 01 ¹	5,850	0,039*	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Αύγουστος 01 ¹	2,690	0,147			
Σεπτέμβριος 01 ¹	3,860	0,084			
Οκτώβριος 01 ¹	80,360	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Νοέμβριος 01	42,551	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Δεκέμβριος 01 ¹	21,895	0,002**	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Γενάρης 02	5,950	0,038*	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Φλεβάρης 02	0,740	0,516			
Μάρτης 02 ¹	12,617	0,007**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Απρίλης 02 ¹	20,724	0,002**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Μάρης 02 ¹	69,357	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Ιούνιος 02	9,270	0,015*	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Ναύπλιοι κωπηπόδων					
Μάρης 01 ¹	21,249	0,002**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Ιούνιος 01 ¹	1,976	0,219			
Αύγουστος 01 ¹	83,470	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Σεπτέμβριος 01 ¹	5,236	0,048*	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Οκτώβριος 01 ¹	26,761	0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Νοέμβριος 01	5,208	0,049*	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Δεκέμβριος 01	2,448	0,167			
Γενάρης 02 ¹	1,790	0,246			
Φλεβάρης 02	0,722	0,524			
Μάρτης 02	2,870	0,134			
Απρίλης 02 ¹	98,443	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1
Μάρης 02 ¹	25,562	0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Ιούνιος 02 ¹	48,846	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3

I, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Σταθμοί με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Πίνακας 3.3.29. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής (ANOVA) και μη παραμετρικής (Kruskal - Wallis) ανάλυσης διασποράς και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης για τα γαστερότρηχα, τους ολιγόχαιτους και τους πολύχαιτους για κάθε δειγματοληπτική περίοδο στην Παχιά Άμμο.

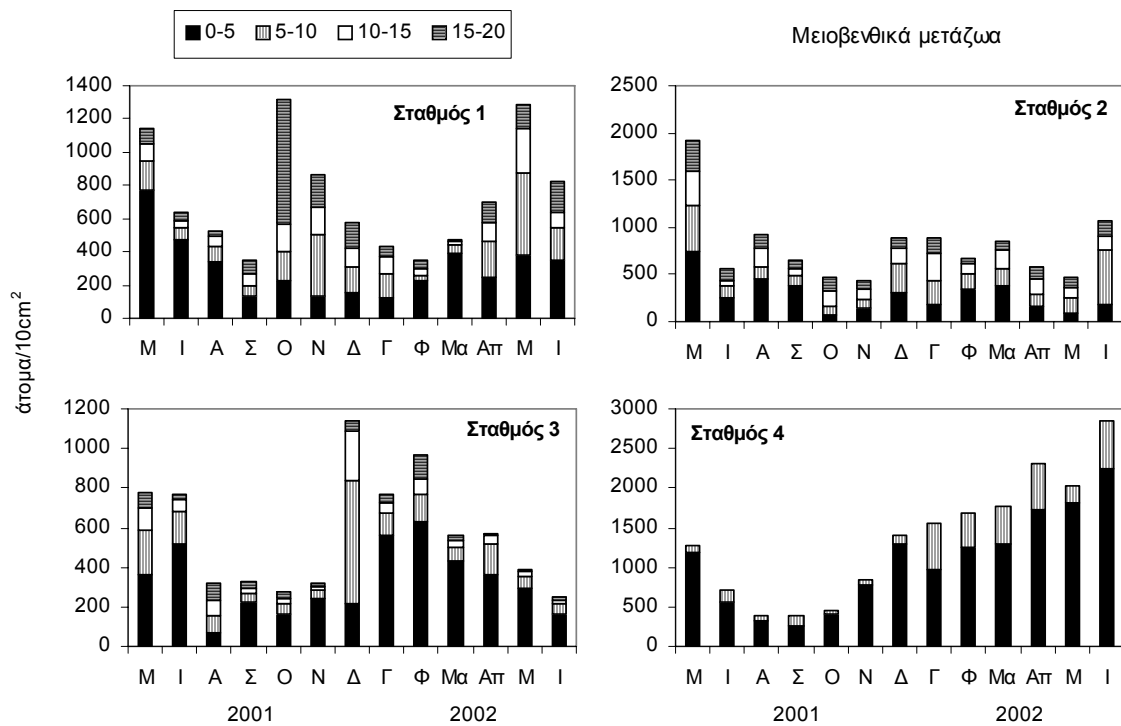
Γαστερότρηχα	ANOVA με έναν παράγοντα		Δοκιμασία Kruskal - Wallis		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey		
	λόγος F	τιμή p	λόγος H	τιμή p	(κατάταξη σταθμών ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)		
Μάης 01			4,145	0,125			
Ιούνιος 01	34,075	0,005*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Αύγουστος 0	5,094	0,051					
Σεπτέμβρης 01 ¹	5,980	0,037*			Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1
Οκτώβρης 01	3,546	0,096					
Νοέμβρης 01	5,955	0,038*			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Δεκέμβρης 01	4,277	0,070					
Γενάρης 02 ¹	2,565	0,157					
Φλεβάρης 02 ¹	12,534	0,007**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Μάρτης 02	1,809	0,243					
Απρίλης 02			5,467	0,065			
Μάης 02	2,870	0,133					
Ιούνης 02	1,730	0,255					
Ολιγόχαιτοι							
Μάης 01	0,500	0,630					
Ιούνιος 01	0,538	0,609					
Αύγουστος 01	1,000	0,422					
Σεπτέμβρης 01	0,424	0,673					
Οκτώβρης 01	0,792	0,495					
Νοέμβρης 01	1,750	0,252					
Δεκέμβρης 01	13,000	0,007*			Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3
Γενάρης 02	0,412	0,680					
Φλεβάρης 02 ¹	0,346	0,721					
Μάρτης 02 ¹	17,834	0,003**			Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1
Απρίλης 02	2,245	0,187					
Μάης 02	70,929	<<0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Ιούνης 02	4,417	0,066					
Πολύχαιτοι							
Μάης 01	80,377	<<0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 1	
Αύγουστος 01	16,317	0,004**			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Σεπτέμβρης 01	5,574	0,043*			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Οκτώβρης 01 ¹	15,290	0,004**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Νοέμβρης 01 ¹	26,125	0,001**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Δεκέμβρης 01 ¹	6,517	0,031*			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Γενάρης 02 ¹	23,744	0,001**			Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Φλεβάρης 02	7,095	0,026*			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Μάρτης 02	37,504	<<0,001**			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Απρίλης 02 ¹	2,347	0,177					
Μάης 02 ¹	69,376	<<0,001**			Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Ιούνης 02	16,711	0,004**			Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

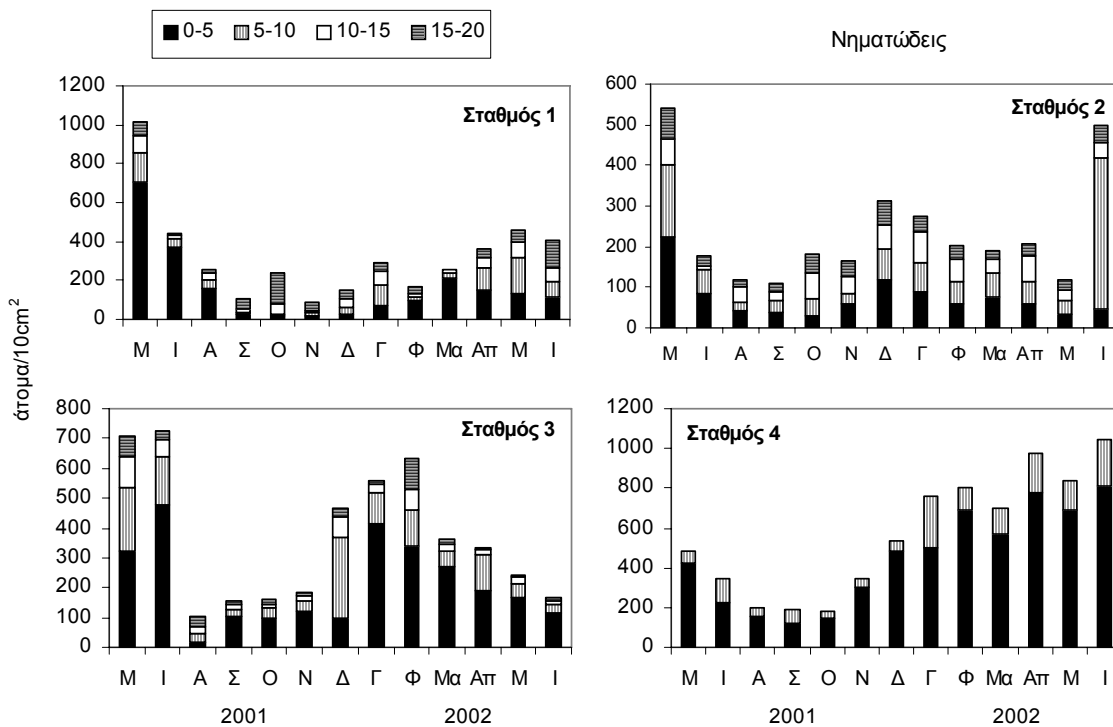
* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Σταθμοί με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%



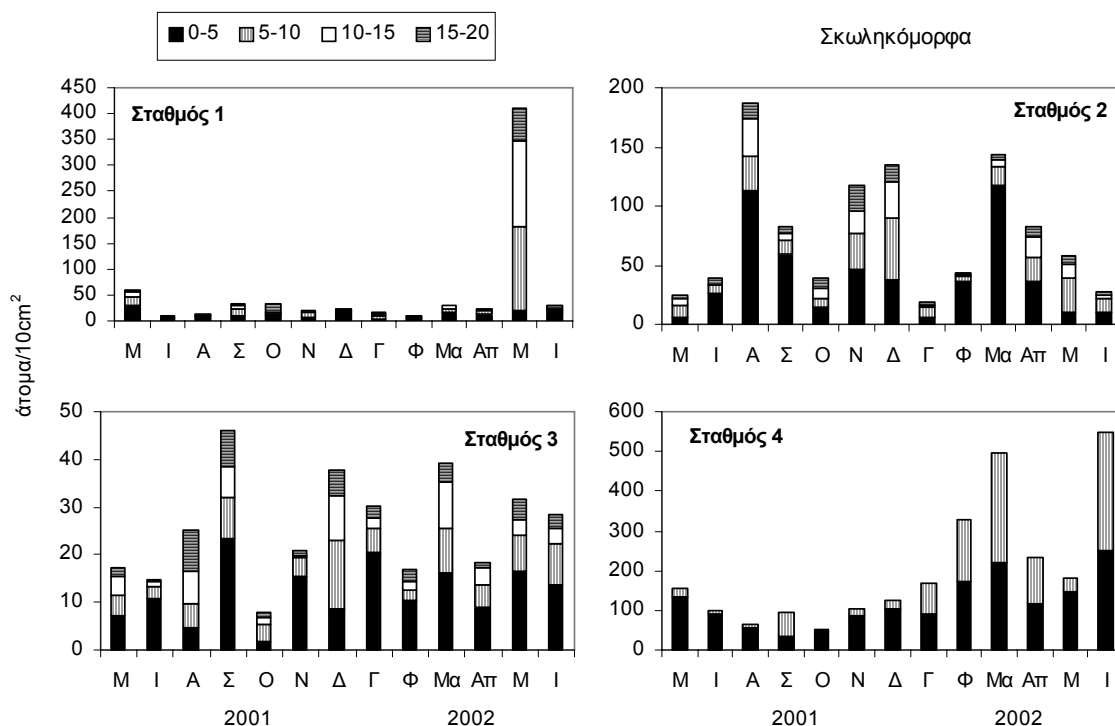
Εικόνα 3.3.16. Μέση αφθονία του συνόλου των μετάζων στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία του Ελαφονησίου.



Εικόνα 3.3.17. Μέση αφθονία των νηματωδών στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία του Ελαφονησίου.

Τα μειοβενθικά μετάζα κατανέμονται περισσότερο ομοιόμορφα στο σταθμό 1 στις περισσότερες δειγματοληπτικές περιόδους, όπως επίσης ομοιόμορφη ήταν στον

ίδιο σταθμό και η κατανομή της ομάδας ‘σκωληκόμορφα’ το καλοκαίρι και το φθινόπωρο (Πίνακες 3.3.30, 3.3.32, ANOVA, $p>0,05$). Επιπλέον, τα σκωληκόμορφα δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο κλασμάτων της υποπαραλιακής ζώνης κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι (Πίνακας 3.3.34).

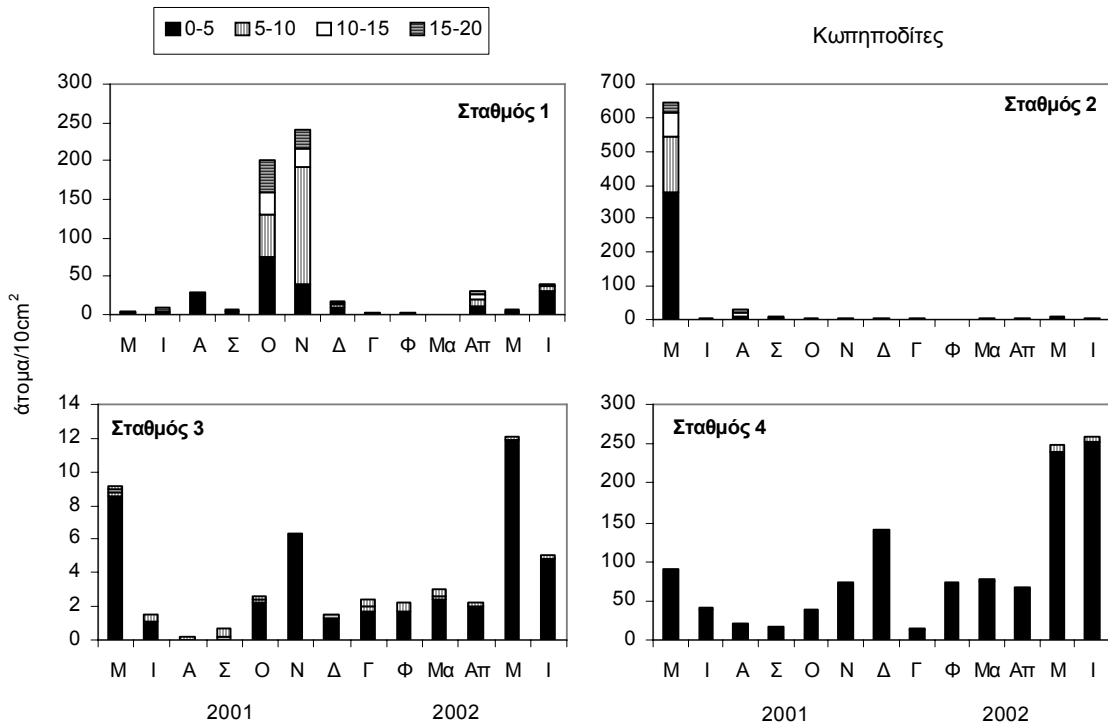


Εικόνα 3.3.18. Μέση αφθονία των ‘σκωληκόμορφων’ στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία του Ελαφονησίου.

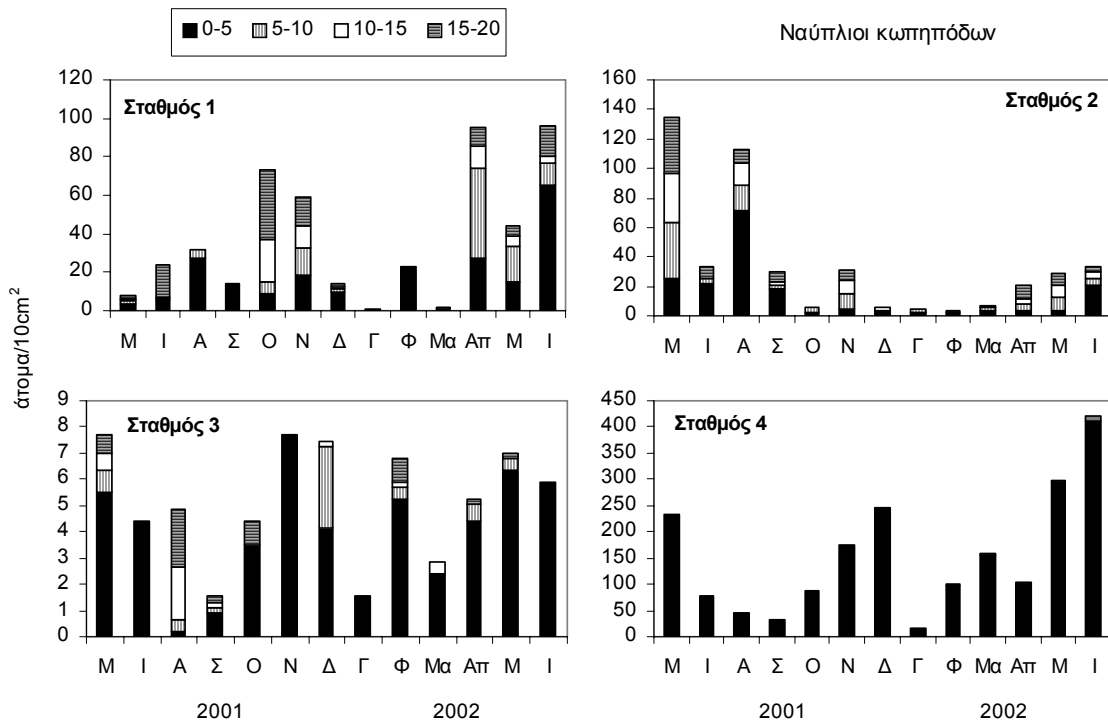
Στις περισσότερες δειγματοληπτικές περιόδους τα δύο πρώτα αναπτυξιακά στάδια των κωπηπόδων (ναύπλιοι και κωπηποδίτες) κατανέμονται ομοιόμορφα στη στήλη του ιζήματος στους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης (Εικόνες 3.3.19 – 3.3.20), ενώ οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που σημειώθηκαν μόνο σε κάποιες δειγματοληψίες (Πίνακας 3.3.33) οφείλονται κυρίως στη μεγαλύτερη αφθονία που εμφανίζει το πρώτο και ενίοτε το δεύτερο στρώμα ιζήματος σε σχέση με τα βαθύτερα στρώματα. Ωστόσο, τον Απρίλη στο σταθμό 2 μεγαλύτερη αφθονία σημειώθηκε στα βαθύτερα στρώματα. Στην υποπαραλιακή ζώνη όμως, τόσο οι ναύπλιοι όσο και οι κωπηποδίτες συγκεντρώνονταν σχεδόν αποκλειστικά στο πρώτο κλάσμα ιζήματος καθ’ όλη τη διάρκεια της μελέτης (Πίνακας 3.3.34, ANOVA, $p<0,05$).

Κι ενώ το κάθετο προφίλ της αφθονίας των ώριμων ατόμων κωπηπόδων συμφωνεί με αυτό των πρώτων αναπτυξιακών σταδίων για την υποπαραλιακή ζώνη, με ποσοστό πάντοτε μεγαλύτερο από 85% να συγκεντρώνεται στα πέντε πρώτα

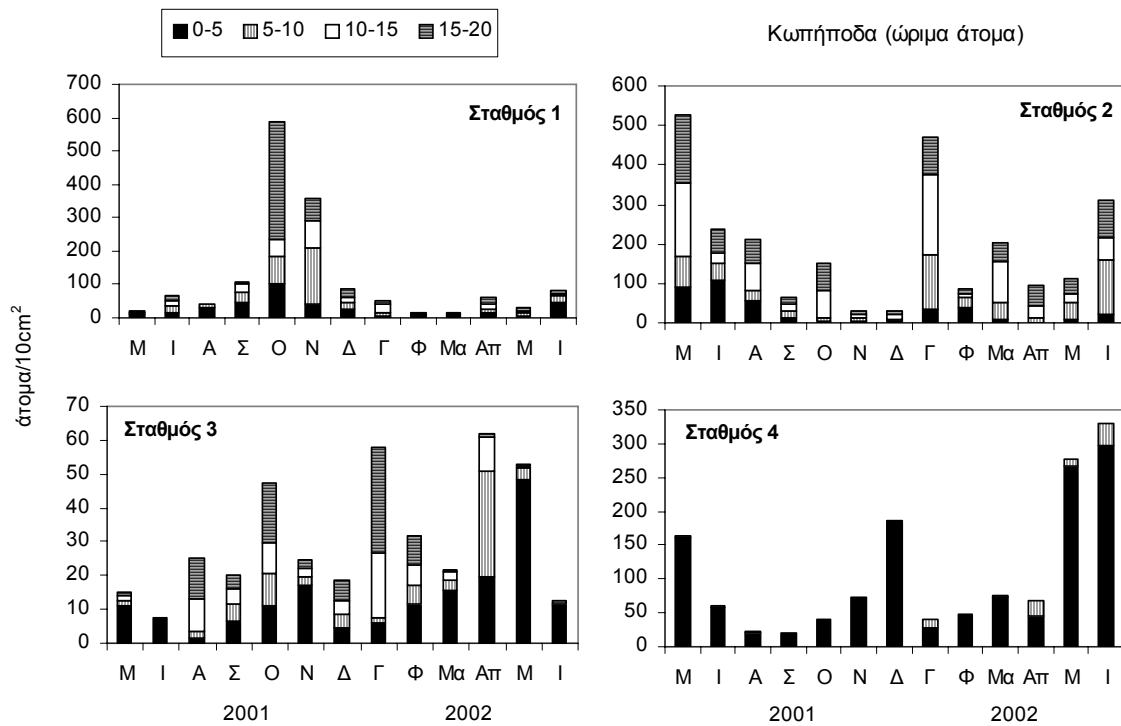
εκατοστά του ιζήματος, στη μεσοπαραλιακή ζώνη τα κωπήποδα φαίνεται να κατανέμονται στο ιζήμα ποικιλοτρόπως αναλόγως το σταθμό και τη δειγματοληπτική περίοδο.



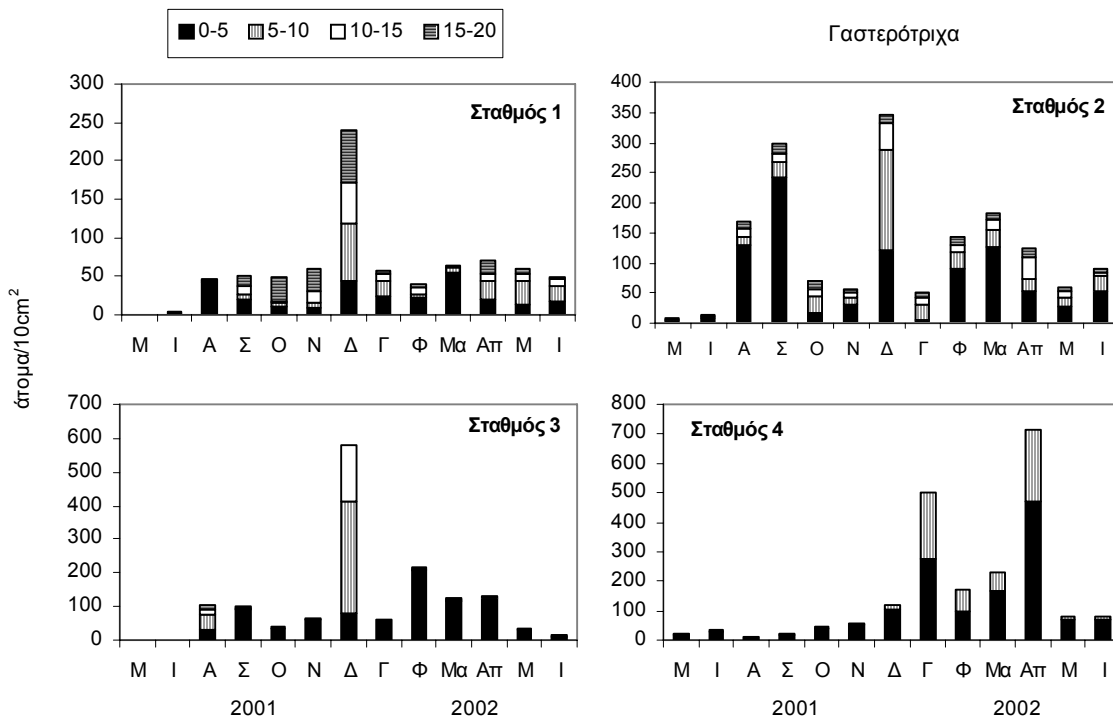
Εικόνα 3.3.19. Μέση αφθονία των κωπήποδιτών στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία του Ελαφονησίου.



Εικόνα 3.3.20. Μέση αφθονία των ναυπλίων στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία του Ελαφονησίου.



Εικόνα 3.3.21. Μέση αφθονία των ώριμων ατόμων κωπήποδων στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία του Ελαφονησίου.



Εικόνα 3.3.22. Μέση αφθονία των γαστερότριχων στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία του Ελαφονησίου.

Έτσι, στους σταθμούς 1 και 3 και στους μήνες που διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των στρωμάτων, μεγαλύτερη αφθονία καταγράφηκε τις

περισσότερες φορές στο πρώτο κλάσμα ιζήματος χωρίς όμως να παρατηρείται πάντα μία ταυτόχρονη τάση μείωσης με το βάθος, ενώ στο σταθμό 2 η αφθονία ήταν αυξημένη κυρίως στο ενδιάμεσο της στήλης του ιζήματος. (Εικόνα 3.3.21, Πίνακας 3.3.33).

Από τις υπόλοιπες ομάδες ενδιαφέρον παρουσίασε η κάθετη κατανομή των γαστερότριχων στη μεσοπαραλιακή ζώνη (Εικόνα 3.3.22), τα οποία αν και συνήθως είναι περισσότερο άφθονα στο πρώτο κλάσμα του ιζήματος, ωστόσο κάποιους μήνες η κατανομή τους εκτείνεται με σημαντικές αφθονίες και βαθύτερα στο ίζημα (π.χ. Πίνακας 3.3.32, σταθμός 1, Οκτώβρης – Νοέμβρης).

Πίνακας 3.3.30. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των διαφορετικών κλασμάτων του ιζήματος για τα μειοβενθικά μετάζωα για τις δειγματοληπτικές περιόδους στο Ελαφονήσι που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Σύνολο μεταζώων	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey					
	λόγος F	τιμή p	(κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)					
Σταθμός 1								
Μάιος 01	133,486	<<0,001**	15-20	10-15	5-10	0 – 5		
Αύγουστος 01	31,335	<<0,001**	15-20	10-15	5-10	0 – 5		
Σεπτέμβρης 01	64,301	<<0,001**	15-20	10-15	5-10	0 – 5		
Οκτώβρης 01	1,896	0,231						
Νοέμβρης 01	12,757	0,005**	0 – 5	10 – 15	15 – 20	5 – 10		
Φλεβάρης 02	122,010	<<0,001**	5 – 10	10 – 15	15 – 20	0 – 5		
Μάρτης 02 ¹	310,709	<<0,001**	15-20	10-15	5-10	0 – 5		
Σταθμός 2								
Ιούνιος 01	78,601	<<0,001**	25-30	20 – 25	10 – 15	15 – 20	5 – 10	0 – 5
Αύγουστος 01	7,775	0,017*	5 – 10	15 – 20	10 – 15	0 – 5		
Οκτώβρης 01	3,710	0,037*	25-30	20 – 25	0 – 5	5 – 10	15 – 20	10 – 15
Δεκέμβρης 01	5,015	0,045*	15 – 20	10 – 15	0 – 5	5 – 10		
Φλεβάρης 02	39,457	<<0,001**	15 – 20	10 – 15	5 – 10	0 – 5		
Μάρτης 02	74,713	<<0,001**	15 – 20	5 – 10	10 – 15	0 – 5		
Μάης 02	34,775	<<0,001**	10 – 15	0 – 5	15 – 20	5 – 10		
Σταθμός 3								
Μάιος 01	10,744	0,008**	15 – 20	10 – 15	5 – 10	0 – 5		
Ιούνιος 01 ¹	71,889	<<0,001**	15 – 20	10 – 15	5 – 10	0 – 5		
Σεπτέμβρης 01 ¹	57,615	<<0,001**	15 – 20	10 – 15	5 – 10	0 – 5		
Οκτώβρης 01	52,931	<<0,001**	10 – 15	15 – 20	5 – 10	0 – 5		
Νοέμβρης 01 ²	10,488	0,008**	15 – 20	10 – 15	5 – 10	0 – 5		
Δεκέμβρης 01 ²	10,488	0,008**	15 – 20	10 – 15	5 – 10	0 – 5		
Γενάρης 02 ¹	44,559	<<0,001**	15 – 20	10 – 15	5 – 10	0 – 5		
Φλεβάρης 02	51,323	<<0,001**	10 – 15	15 – 20	5 – 10	0 – 5		
Μάρτης 02 ¹	83,336	<<0,001**	15 – 20	10 – 15	5 – 10	0 – 5		
Απρίλης 02 ¹	39,991	<<0,001**	15 – 20	10 – 15	5 – 10	0 – 5		
Μάης 02 ¹	96,923	<<0,001**	15 – 20	10 – 15	5 – 10	0 – 5		
Ιούνιος 02	85,398	<<0,001**	15 – 20	10 – 15	5 – 10	0 – 5		

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$ 2, μετασχηματισμός δεδομένων $\sqrt{x + 0.5}$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Κλάσματα με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Πίνακας 3.3.31. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των διαφορετικών κλασμάτων του ιζήματος για τους νηματώδεις για τις δειγματοληπτικές περιόδους στο Ελαφονήσι που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Νηματώδεις	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)					
	λόγος F	τιμή p						
Μάιος 01	180,416	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Ιούνιος 01 ¹	23,791	0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Αύγουστος 01	38,591	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Σεπτέμβρης 01	72,670	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Γενάρης 02 ²	72,670	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Φλεβάρης 02	39,007	<<0,001**	5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5		
Μάρτης 02 ¹	409,372	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Απρίλης 02	8,919	0,012*	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Σταθμός 2								
Ιούνιος 01 ¹	43,598	<<0,001**	10 — 15	25-30	20 — 25	15 — 20	5 — 10	0 — 5
Δεκέμβρης 01	21,676	0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Μάρτης 02	49,416	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Απρίλης 02	4,725	0,018*	20 — 25	15 — 20	25-30	5 — 10	0 — 5	10 — 15
Ιούνης 02 ²	7,387	0,019*	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5		
Σταθμός 3								
Μάιος 01	8,819	0,013*	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Ιούνιος 01 ¹	63,811	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Σεπτέμβρης 01 ¹	23,234	0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Οκτώβρης 01	30,977	<<0,001**	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5		
Νοέμβρης 01	181,291	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Δεκέμβρης 01 ¹	33,409	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10		
Γενάρης 02 ¹	131,044	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Φλεβάρης 02	24,318	0,001**	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5		
Μάρτης 02 ¹	86,618	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Απρίλης 02 ¹	59,495	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Μάης 02 ¹	36,742	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Ιούνης 02 ¹	84,079	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

2, μετασχηματισμός δεδομένων $\sqrt{x + 0,5}$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Κλάσματα με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Πίνακας 3.3.32. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των διαφορετικών κλασμάτων του ιζήματος για τα σκωληκόμορφα και τα γαστερότριχα για τις δειγματοληπτικές περιόδους στο Ελαφονήσι που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Σκωληκόμορφα	μπλοκ ANOVA		Δοκιμασία Friedman		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey						
	λόγος F	τιμή p	χ^2	τιμή p	(κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)						
Σταθμός 1					10 — 15	15 — 20	0 — 5	5 — 10			
Νοέμβρης 01	12,566	0,005**			10 — 15	15 — 20	0 — 5	5 — 10			
Δεκέμβρης 01 ¹	13,817	0,004**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5			
Φλεβάρης 02	17,553	0,002**			5 — 10	15 — 20	10 — 15	0 — 5			
Μάρτης 02	9,391	0,011*			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5			
Απρίλης 02	7,249	0,020*			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5			
Μάης 02 ¹	7,292	0,020*			0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15			
Σταθμός 2											
Αύγουστος 01 ¹	9,985	0,01**			15 — 20	5 — 10	10 — 15	0 — 5			
Σεπτέμβρης 01 ¹	11,624	0,007**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5			
Οκτώβρης 01 ¹	10,070	0,003**			20 — 25	25-30	15 — 20	5 — 10	0 — 5	10 — 15	
Νοέμβρης 01	10,142	0,009**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5			
Δεκέμβρης 01	6,393	0,027*			15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10			
Φλεβάρης 02 ¹	26,035	0,001**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5			
Μάρτης 02 ¹	15,115	0,003**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5			
Μάης 02	13,291	0,005**			15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10			
Σταθμός 3											
Ιούνιος 01	19,351	0,002**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5			
Σεπτέμβρης 01	13,973	0,004**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5			
Οκτώβρης 01	17,412	0,002**			15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10			
Νοέμβρης 01	29,037	0,001**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5			
Γενάρης 02 ¹	6,540	0,026*			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5			
Μάρτης 02	8,037	0,016*			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5			
Μάης 02 ¹	7,229	0,02*			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5			
Γαστερότριχα											
Σταθμός 1											
Αύγουστος 01 ¹	16,029	0,003**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5			
Οκτώβρης 01 ¹	4,833	0,048*			10 — 15	5 — 10	0 — 5	15 — 20			
Νοέμβρης 01	7,594	0,018*			5 — 10	0 — 5	10 — 15	15 — 20			
Φλεβάρης 02	19,958	0,002*			5 — 10	15 — 20	10 — 15	0 — 5			
Μάρτης 02 ¹	26,741	0,001**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5			
Σταθμός 2											
Ιούνιος 01	4,094	0,028*			25 — 30	20 — 25	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5	
Αύγουστος 01 ¹	7,326	0,02*			10 — 15	5 — 10	15 — 20	0 — 5			
Σεπτέμβρης 01 ¹	13,933	0,004**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5			
Δεκέμβρης 01 ¹	7,682	0,018*			15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10			
Φλεβάρης 02 ¹	6,310	0,028*			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5			
Μάρτης 02 ¹	59,805	<<0,001**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5			
Απρίλης 02	11,418	0,001**			20 — 25	15 — 20	25 — 30	5 — 10	10 — 15	0 — 5	
Μάης 02	13,701	0,004**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5			
Ιούνιος 02 ¹	9,484	0,011*			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5			

Πίνακας 3.3.32. (Συνέχεια)

Γαστερότριχα	μπλοκ ANOVA		Δοκιμασία Friedman		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey			
	λόγος F	τιμή p	χ^2	τιμή p	(κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)			
Σταθμός 3					15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5
Σεπτέμβρης 01 ¹	41,893	<<0,001**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5
Οκτώβρης 01 ¹	16,269	0,003**			10 — 15	5 — 10	15 — 20	0 — 5
Νοέμβρης 01 ¹	48,534	<<0,001**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5
Γενάρης 02 ¹	14,223	0,004**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5
Μάρτης 02 ¹	29,228	0,001**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5
Απρίλης 02 ¹	45,469	<<0,001**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5
Μάης 02	31,817	<<0,001**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5
Ιούνιος 02	14,277	0,004**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5

1, μετασχηματισμός δεδομένων log (x+1)

* στατιστικά σημαντική διαφορά (p < 0,05)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά (p < 0,01)

Κλάσματα με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Πίνακας 3.3.33. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των διαφορετικών κλασμάτων του ιζήματος για τα διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια των κοπηπόδων για τις δειγματοληπτικές περιόδους στο Ελαφονήσι που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Κωπήποδα	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey					
	λόγος F	τιμή p	(κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)					
Σταθμός 1			15 — 20	5 — 10	10 — 15	0 — 5		
Μάιος 01	6,209	0,029*	15 — 20	5 — 10	10 — 15	0 — 5		
Νοέμβρης 01	15,310	0,003**	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10		
Φλεβάρης 02	16,925	0,002**	5 — 10	15 — 20	10 — 15	0 — 5		
Μάρτης 02 ¹	16,014	0,003**	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5		
Ιούνιος 02	5,177	0,042*	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5		
Σταθμός 2			25 — 30	10 — 15	20 — 25	5 — 10	15 — 20	0 — 5
Ιούνιος 01 ¹	51,639	<<0,001**	25 — 30	10 — 15	20 — 25	5 — 10	15 — 20	0 — 5
Οκτώβρης 01 ¹	21,280	<<0,001**	0 — 5	25 — 30	20 — 25	5 — 10	15 — 20	10 — 15
Δεκέμβρης 01	17,824	0,002**	0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15		
Φλεβάρης 02	21,176	0,001**	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5		
Μάρτης 02 ¹	56,661	<<0,001**	0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15		
Απρίλης 02 ¹	22,020	<<0,001**	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20	20 — 25	25 — 30
Μάης 02	55,987	<<0,001**	0 — 5	10 — 15	15 — 20	5 — 10		
Σταθμός 3			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Μάιος 01	86,708	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Ιούνιος 01	34,030	<<0,001**	5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5		
Αύγουστος 01 ¹	20,668	0,001**	5 — 10	0 — 5	10 — 15	15 — 20		
Νοέμβρης 01 ¹	19,964	0,002**	10 — 15	5 — 10	15 — 20	0 — 5		
Γενάρης 02	9,059	0,012*	5 — 10	0 — 5	10 — 15	15 — 20		
Μάρτης 02 ¹	14,296	0,004**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Απρίλης 02 ¹	18,242	0,002**	15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10		
Μάης 02 ¹	51,383	<<0,001**	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5		
Ιούνιος 02	114,095	<<0,001**	10 — 15	5 — 10	15 — 20	0 — 5		

Πίνακας 3.3.33. (Συνέχεια)

Κωπηποδίτες	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey				
	λόγος F	τιμή p	(κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)				
Σταθμός 1							
Αύγουστος 01 ¹	20,475	0,001**	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5	
Νοέμβρης 01	108,079	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10	
Δεκέμβρης 01	23,248	0,001**	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5	
Ιούνης 02 ¹	6,296	0,028*	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5	
Σταθμός 2							
Ιούνιος 01	3,986	0,03*	25 — 30	10 — 15	5 — 10	15 — 20	20 — 25 0 — 5
Γενάρης 02	5,376	0,012	10 — 15	15 — 20	20 — 25	25 — 30	5 — 10 0 — 5
Απρίλης 02	3,463	0,045*	0 — 5	5 — 10	10 — 15	20 — 25	15 — 20 25 — 30
Μάης 02	6,250	0,028*	0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15	
Σταθμός 3							
Μάιος 01 ¹	48,910	<<0,001**	5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5	
Οκτώβρης 01	17,600	0,002**	10 — 15	5 — 10	15 — 20	0 — 5	
Νοέμβρης 01	4,806	0,049*	5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5	
Μάης 02	20,147	0,002**	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5	
Ιούνης 02	50,393	<<0,001**	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5	
Ναύπλιοι κωπηπόδων							
Σταθμός 1							
Δεκέμβρης 01	5,266	0,041*	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5	
Φλεβάρης 02 ¹	110,278	<<0,001**	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5	
Απρίλης 02 ¹	19,142	0,002**	15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10	
Σταθμός 2							
Ιούνιος 01 ¹	35,682	<<0,001**	10 — 15	25 — 30	5 — 10	20 — 25	15 — 20 0 — 5
Αύγουστος 01	7,469	0,019*	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5	
Σεπτέμβρης 01 ¹	5,200	0,042*	5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5	
Απρίλης 02	3,894	0,032*	5 — 10	10 — 15	0 — 5	15 — 20	20 — 25 25 — 30
Σταθμός 3							
Οκτώβρης 01	17,200	0,002**	5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5	
Φλεβάρης 02	9,577	0,011*	10 — 15	5 — 10	15 — 20	0 — 5	
Απρίλης 02	46,261	<<0,001**	10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5	
Μάης 02 ¹	11,096	0,007**	5 — 10	15 — 20	10 — 15	0 — 5	
Ιούνιος 01	18,692	0,002**	5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5	

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Κλάσματα με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Πίνακας 3.3.34. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA μεταξύ των δύο πρώτων κλασμάτων του ιζήματος στο σταθμό 4 στο Ελαφονήσι για τις κύριες ταξινομικές ομάδες και για το σύνολο των μειοβενθικών μεταζώων.

	Νηματώδης		Σκωληκόμορφα		Κωπήποδα		Κωπηποδιτές		Ναύπλιοι κωπηπόδων		Πολύχαιτοι		Γαστερότριχα		Σύνολο μεταζώων	
	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p
Μάιος 01	42,456	0,023*	155,571	0,006**	40,715	0,024*	1614,668	0,001**	197,572	0,005**	489,819	0,002**	2,916	0,230	112,655	0,009**
Ιούνιος 01	1,446	0,352	1,640	0,329	46,116	0,021*	30,489	0,031*	65,777	0,015*	21,266	0,044*	4,084	0,181	8,352	0,102
Αύγουστος 01	58,963	0,017*	14,845	0,061	1053,292	0,001**	123,630	0,008*	29,480	0,032*	72,250	0,014*	3,539	0,201	107,333	0,009**
Σεπτέμβριος 01	26,298	0,036*	0,404	0,590	20,907	0,045*	30,269	0,031*	5776,000	<<0,001**	4,306	0,174	26,618	0,036*	20724,838	7,564
Οκτώβριος 01	18,662	0,050	66,103	0,015*	117,689	0,008*	349,193	0,003**	666,439	0,001**	3,857	0,188	12,622	0,071	61,706	0,016*
Νοέμβριος 01	1457,814	0,001**	8,380	0,101	1160,714	0,001**	15089,286	<<0,001**	235,452	0,0048**	23,405	0,04*	46,491	0,021*	93525,081	<<0,001**
Δεκέμβριος 01	2568,926	<<0,001**	92,494	0,011*	65,584	0,015*	1343,208	0,001**	39116,658	<<0,001**	17,551	0,053	17,934	0,051	790,073	0,001**
Γενάρης 02	27,108	0,035*	0,040	0,861	15,077	0,060	2,333	0,266	160,216	0,006**	31,000	0,031*	0,931	0,436	11,525	0,077
Φλεβάρης 02	24,949	0,038*	220,854	0,004**	7,626	0,110	5,944	0,135	19,762	0,047*	7,390	0,113	0,155	0,732	4,891	0,158
Μάρτης 02	85,777	0,011*	0,190	0,705	13,877	0,065	56,201	0,017*	21,807	0,043*	27,040	0,035*	4,320	0,173	31,758	0,03*
Απρίλης 02	371,138	0,003**	0,069	0,818	3,177	0,217	77,138	0,013*	32,433	0,029*	20427,765	<<0,001**	4,320	0,173	70,492	0,014*
Μάης 02	9,552	0,091	149,319	0,007**	15,978	0,057	47,944	0,02*	424,863	0,002**	36,497	0,026*	9,031	0,095	28,562	0,033*
Ιούνης 02	11,425	0,077	0,807	0,464	95,093	0,01*	98,725	0,01**	32,218	0,03*	121,747	0,008**	15,088	0,060	24,551	0,038*

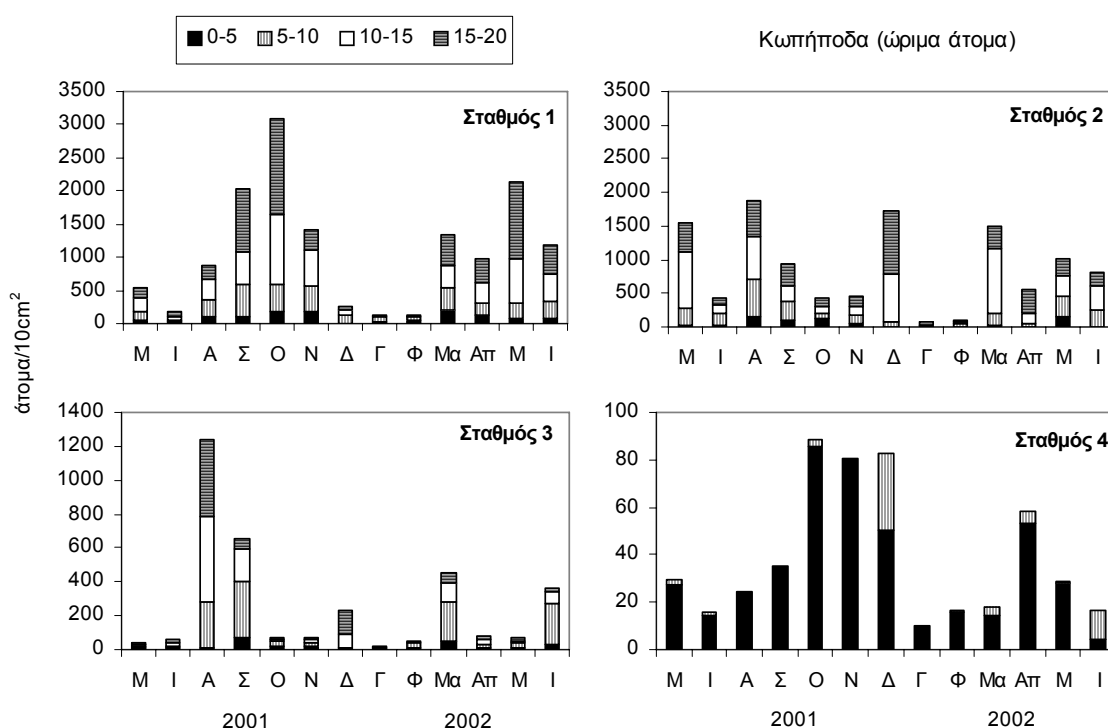
Πίνακας 3.3.35. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA μεταξύ των δύο πρώτων κλασμάτων του ιζήματος στο σταθμό 4 στην Παχιά Άμμο για τις κύριες ταξινομικές ομάδες και για το σύνολο των μειοβενθικών μεταζώων.

	Νηματώδης		Σκωληκόμορφα		Κωπήποδα		Κωπηποδιτές		Ναύπλιοι κωπηπόδων		Πολύχαιτοι		Γαστερότριχα		Σύνολο μεταζώων	
	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p	λόγος F	τιμή p
Μάιος 01	16,888	0,054	2,687	0,243	17,190	0,054	155,527	0,006**	17,673	0,052	17,582	0,052	4,212	0,177	18,090	0,051
Ιούνιος 01	48,296	0,02*	5,256	0,149	837,626	0,001**	78,232	0,013*	2,206	0,276	9,994	0,087	2,931	0,229	5,808	0,138
Αύγουστος 01	114,359	0,009**	1,676	0,325	13,081	0,069	3,692	0,195	26,165	0,036	62,869	0,016*	16,602	0,055	129,234	0,008**
Σεπτέμβριος 01	9,485	0,091	35,223	0,027*	9,143	0,094	1225,000	0,001**	232,692	0,004**	5,274	0,148	0,246	0,669	25,787	0,037*
Οκτώβριος 01	21,861	0,043*	8,310	0,102	62,806	0,016*	41,681	0,023*	69,801	0,014*	19,769	0,047*	0,346	0,616	26,343	0,036*
Νοέμβριος 01	46,515	0,021*	121,264	0,008**	141,241	0,007**	151,419	0,007**	216,471	0,005**	37,876	0,025*	2,600	0,248	159,563	0,006**
Δεκέμβριος 01	0,328	0,625	3,079	0,221	1,835	0,308	7,000	0,118	1,448	0,352	0,000	1,000	2,190	0,277	4,868	0,158
Γενάρης 02	8,757	0,098	18,601	0,05*	9,056	0,095	1,000	0,423	3,857	0,188	1,180	0,391	3,571	0,199	7,189	0,115
Φλεβάρης 02	37,845	0,025*	8,449	0,101	30,682	0,031*	4,000	0,184	2,829	0,235	27,000	0,035*	112,000	0,009**	25,095	0,038*
Μάρτης 02	31,282	0,031*	6,691	0,123	55,837	0,017*	36,000	0,027*	1010,921	0,001**	5,571	0,142	2,203	0,276	642,600	0,002**
Απρίλης 02	0,586	0,524	2,650	0,245	136,832	0,007**	54,760	0,018*	207,300	0,005**	12,233	0,073	6,937	0,119	3,606	0,198
Μάης 02	2,045	0,289	1,567	0,337	64,818	0,015*	37,290	0,026*	1283,014	0,001**	1,599	0,333	59,570	0,016*	5,385	0,146
Ιούνης 02	2,938	0,229	0,005	0,952	2,730	0,240	1,000	0,423	2,201	0,276	7,175	0,116	109,933	0,009**	0,272	0,654

* στατιστικά σημαντική διαφορά (p < 0,05)

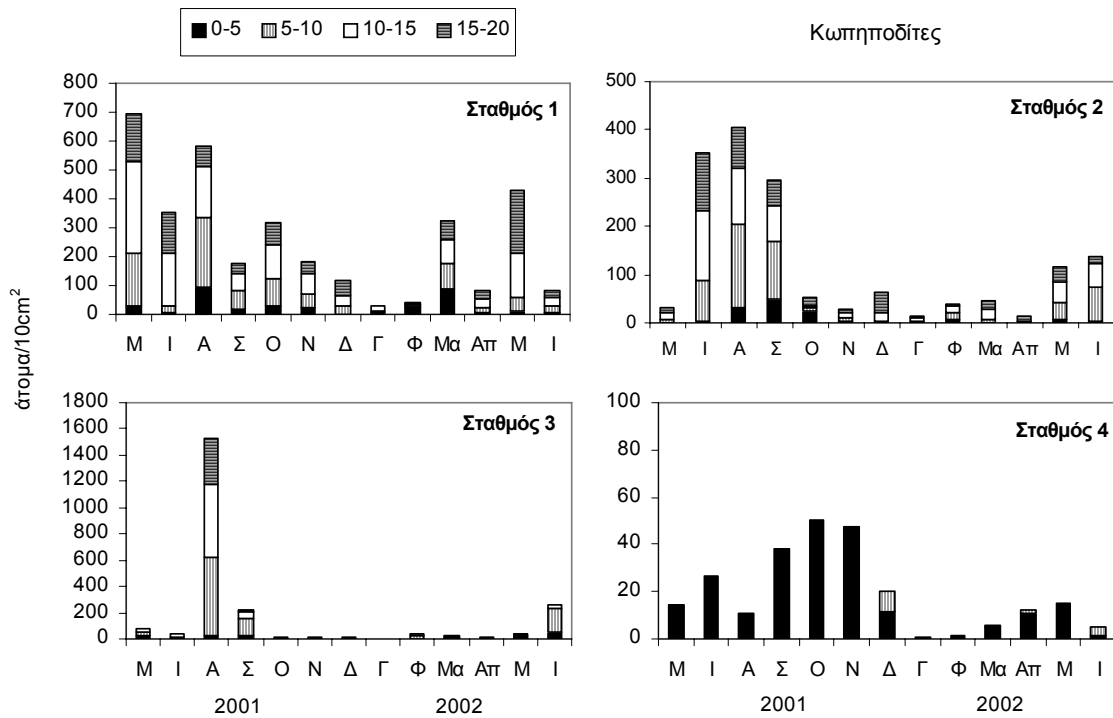
** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά (p < 0,01)

Στην Παχιά Άμμο, τα κωπήποδα σε όλα τα αναπτυξιακά τους στάδια φαίνεται να αποφεύγουν το επιφανειακό στρώμα ιζήματος στη μεσοπαραλιακή ζώνη δείχνοντας προτίμηση στα βαθύτερα στρώματα (Εικόνες 3.3.23 – 3.3.25, Πίνακας 3.3.36), αν και κατά τη διάρκεια κάποιων φθινοπωρινών μηνών (σταθμός 1, Νοέμβρης, σταθμός 2, Οκτώβρης) οι ναύπλιοι και οι κωπηποδίτες προτιμούν εξίσου με κάποια βαθύτερα στρώματα τα πέντε πρώτα εκατοστά του ιζήματος. Αντίθετα, τα κωπήποδα στην υποπαραλιακή ζώνη το φθινόπωρο και την άνοιξη τείνουν να συγκεντρώνονται στο πρώτο κλάσμα ιζήματος (Πίνακας 3.3.35, Εικόνες 3.3.23 – 3.3.25).

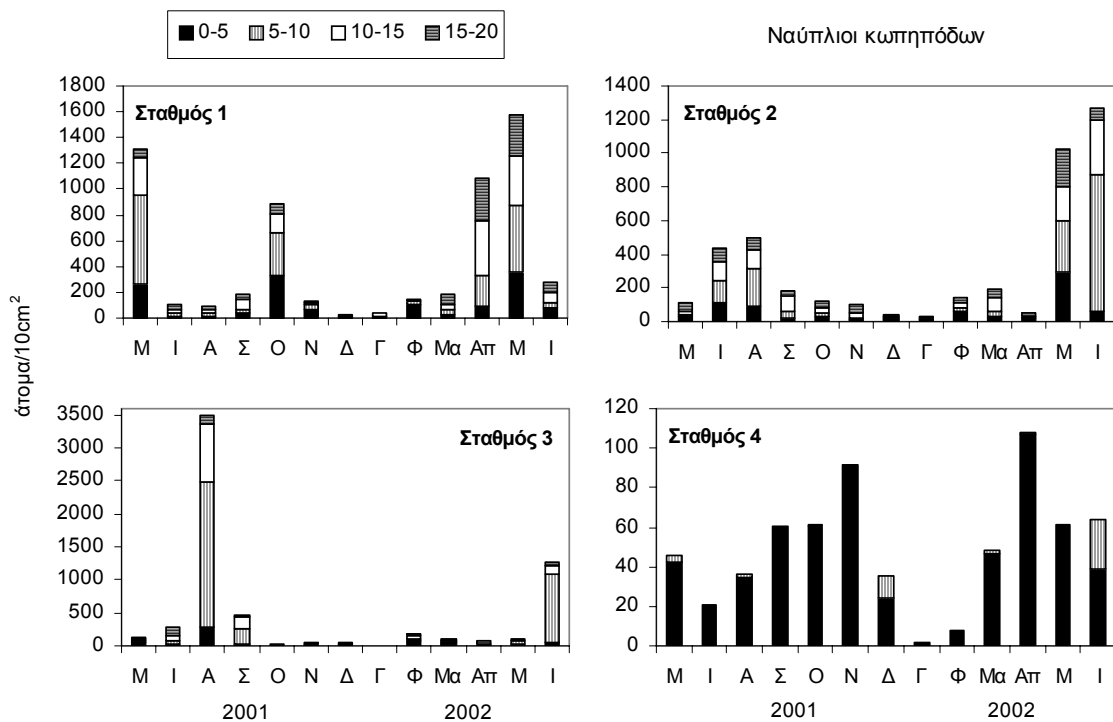


Εικόνα 3.3.23. Μέση αφθονία των κωπηπόδων στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία της Παχιάς Άμμου.

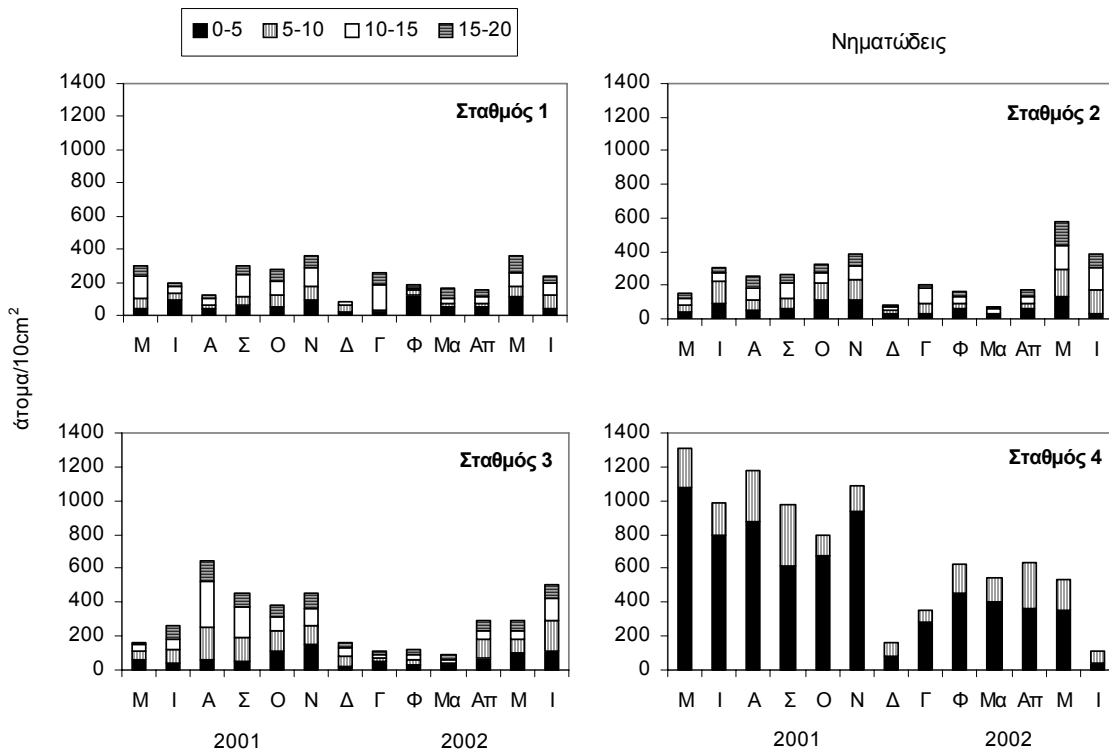
Οι νηματώδεις φαίνεται να κατανέμονται ομοιόμορφα μέσα στο ιζήμα στις περισσότερες δειγματοληπτικές περιόδους, με μία τάση συγκέντρωσής τους στο επιφανειακό στρώμα στην υποπαραλιακή ζώνη (Πίνακας 3.3.35) και στα πρώτα εκατοστά του ιζήματος την άνοιξη στη μεσοπαραλιακή ζώνη (Πίνακας 3.3.37, Εικόνα 3.3.26). Τα σκληρόμορφα στην ίδια παραλία κατανέμονται επίσης ομοιόμορφα στον πυρήνα ιζήματος (Εικόνα 3.3.27), ενώ τους μήνες εκείνους που παρατηρείται ετερογένεια στην κάθετη κατανομή ουσιαστικά υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των πρώτων εκατοστών του ιζήματος και του βαθύτερου στρώματος του πυρήνα (Πίνακες 3.3.35, 3.3.37).



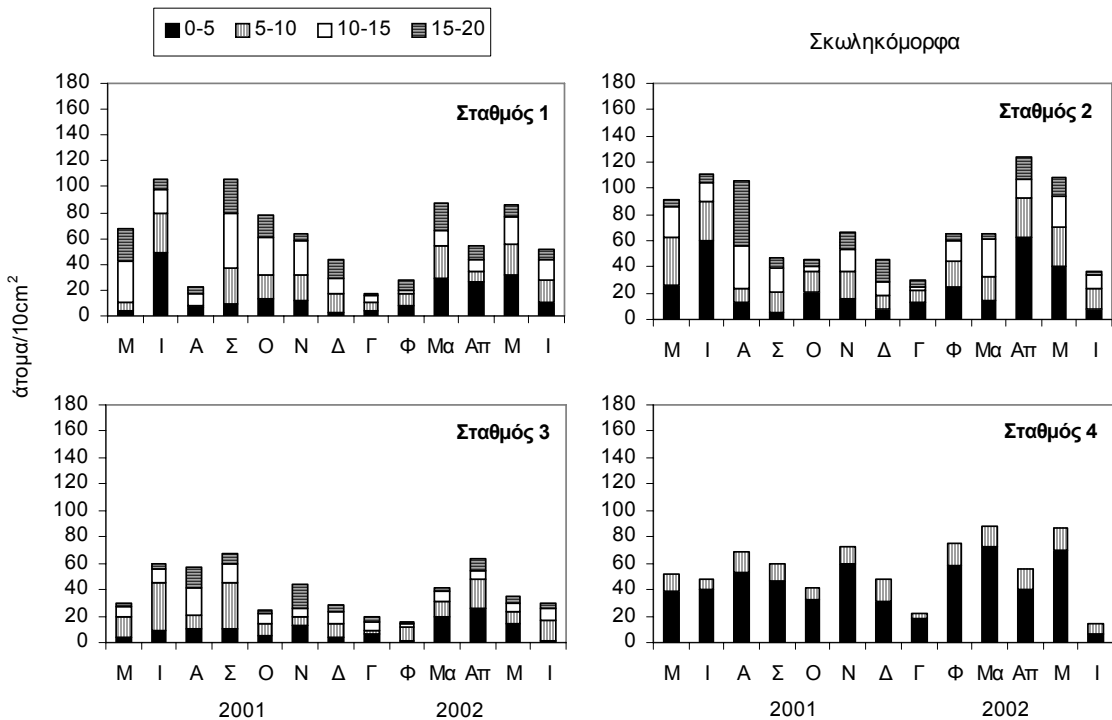
Εικόνα 3.3.24. Μέση αφθονία των κωπηποδιτών στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία της Παχιάς Άμμου.



Εικόνα 3.3.25. Μέση αφθονία των ναύπλιων στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία της Παχιάς Άμμου.



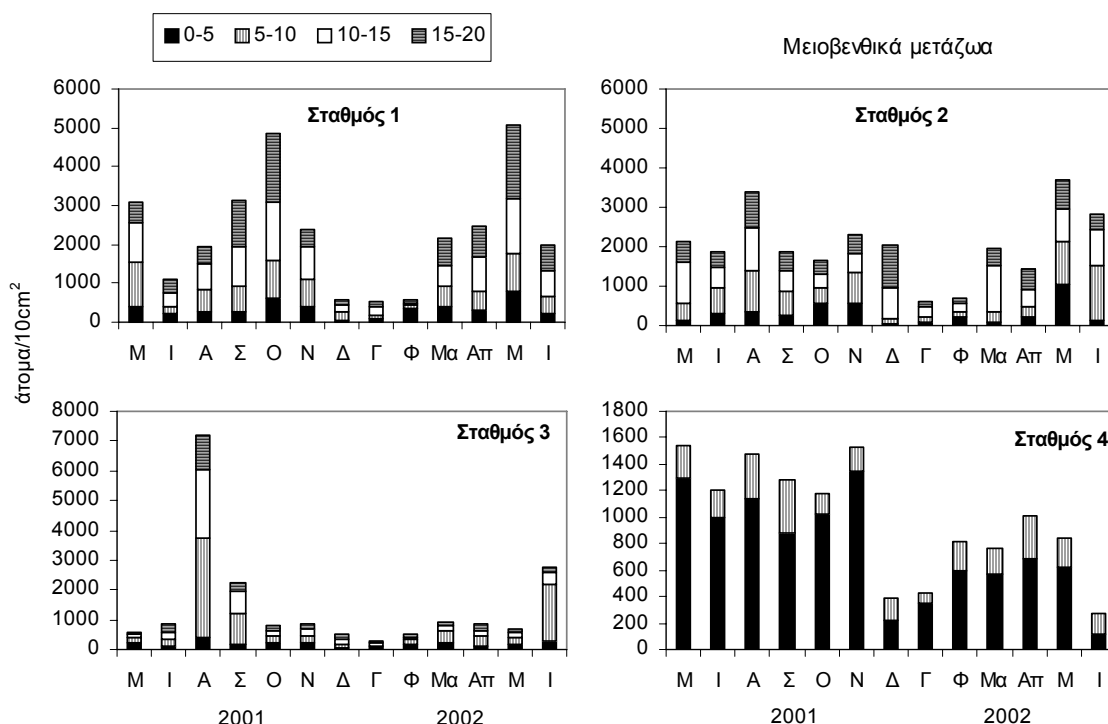
Εικόνα 3.3.26. Μέση αφθονία των νηματωδών στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία της Παχιάς Άμμου.



Εικόνα 3.3.27. Μέση αφθονία των σκωληκόμορφων στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία της Παχιάς Άμμου.

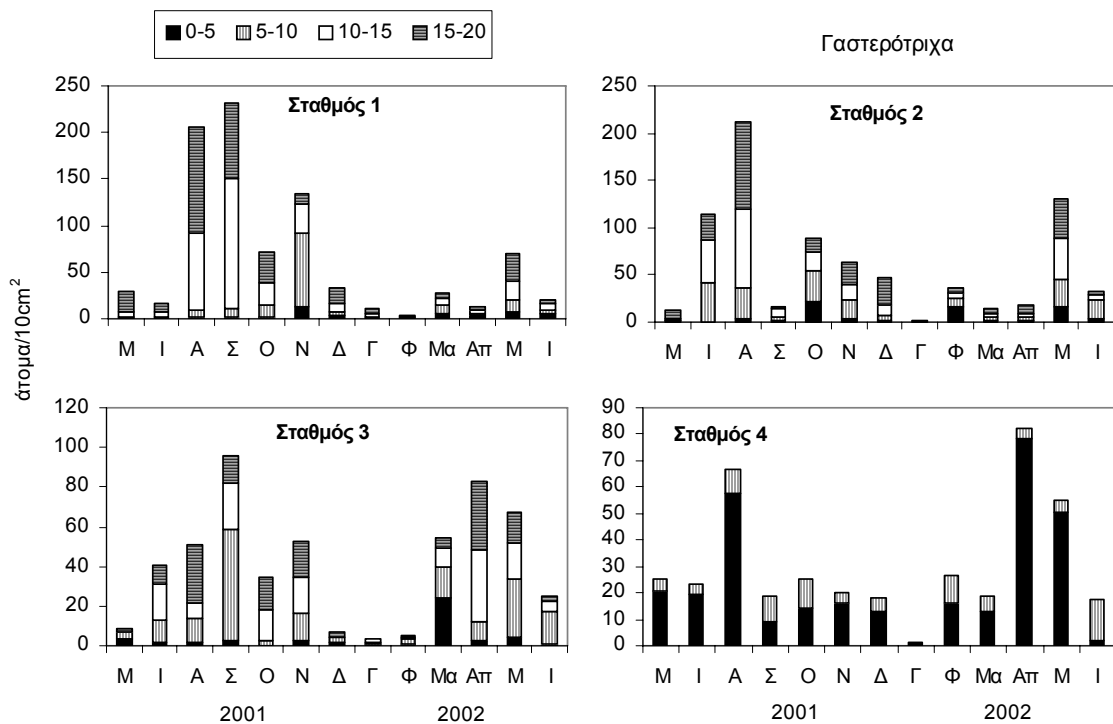
Από τα μέσα του καλοκαιριού και καθ' όλη τη διάρκεια του φθινοπώρου καθώς και στο τέλος του χειμώνα το σύνολο των μειοβενθικών μεταζώων της

υποπαραλιακής ζώνης συγκεντρώνεται στα πρώτα εκατοστά του ιζήματος, όπως και οι ομάδες που το αποτελούν (Εικόνα 3.3.28, Πίνακας 3.3.35). Στη μεσοπαραλιακή ζώνη όμως, η κατανομή της μειοπανίδας στη στήλη του ιζήματος φαίνεται να καθορίζεται σχεδόν αποκλειστικά από την κατανομή των κωπηπόδων, με μικρότερη αφθονία στο επιφανειακό κλάσμα ιζήματος και προτίμηση στα ενδιάμεσα στρώματα (Εικόνα 3.3.28, Πίνακας 3.3.38). Το Νοέμβρη ωστόσο, στο σταθμό 2 όπου η συμμετοχή των κωπηπόδων στο σύνολο της μειοπανίδας έχει μειωθεί, τα μειοβενθικά μετάζωα είναι περισσότερο άφθονα στην επιφάνεια του ιζήματος.

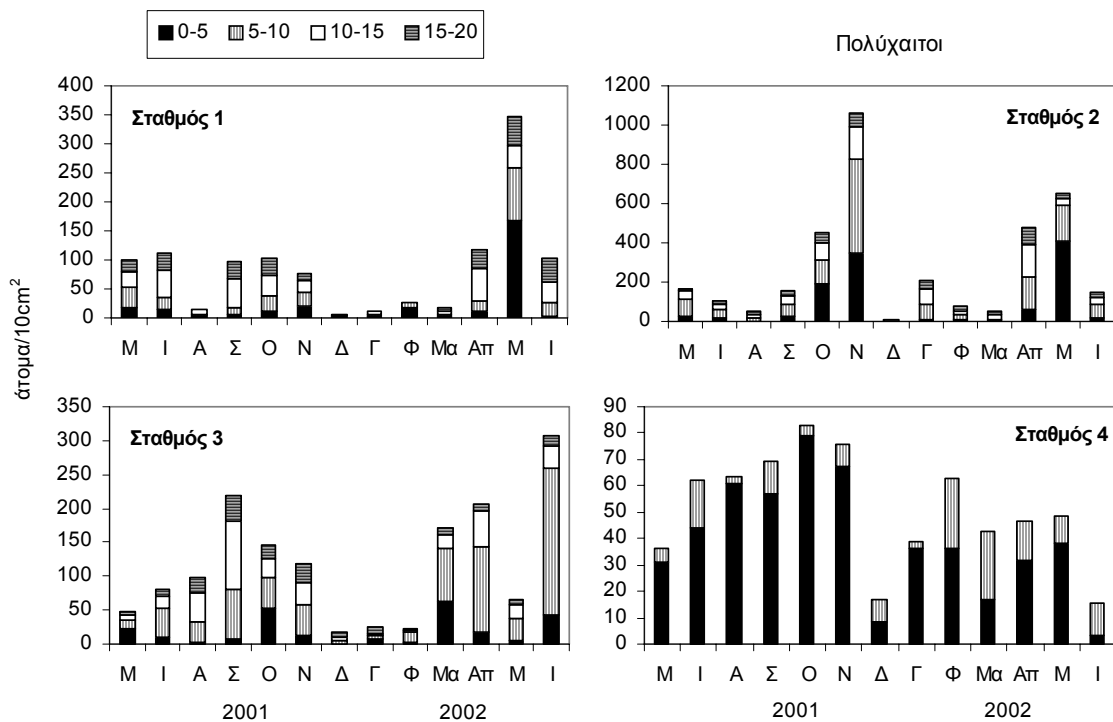


Εικόνα 3.3.28. Μέση αφθονία του συνόλου των μεταζώων στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία της Παχιάς Άμμου.

Τα γαστερότριχα κατανέμονται ανομοιόμορφα κάποιους μήνες στη μεσοπαραλιακή ζώνη και ιδιαίτερα στους σταθμούς 2 και 3, όπου εμφανίζουν σημαντική διαφορά στις τιμές αφθονίας μεταξύ των αφθονότερων υποεπιφανειακών στρωμάτων (5-20 cm) και του πρώτου κλάσματος (Πίνακας 3.3.38, Εικόνα 3.3.29), ενώ τα ενδιάμεσα στρώματα φαίνεται να προτιμούν αρκετούς μήνες το χρόνο και οι πολύχαιτοι στην ίδια ζώνη (Πίνακας 3.3.39, Εικόνα 3.3.30).



Εικόνα 3.3.29. Μέση αφθονία των γαστερότριχων στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία της Παχιάς Άμμου.



Εικόνα 3.3.30. Μέση αφθονία των πολυχαιτών στα διαφορετικά κλάσματα του ιζήματος για κάθε δειγματοληπτική περίοδο σε κάθε σταθμό μελέτης στην παραλία της Παχιάς Άμμου.

Πίνακας 3.3.36. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των διαφορετικών κλασμάτων του ιζήματος για τα διαφορετικά στάδια κωπηλόδων για τις δειγματοληπτικές περιόδους στην Παχιά Άμμο που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Κωπήποδα	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)							
	Λόγος F	τιμή p								
Σταθμός 1			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Σεπτέμβρης 01	65,030	<<0,001**	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Οκτώβρης 01 ¹	20,605	0,001**	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Δεκέμβρης 01	10,554	0,008**	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10				
Γενάρης 02 ¹	6,851	0,023*	10 — 15	15 — 20	0 — 5	5 — 10				
Απρίλης 02	6,518	0,026*	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Μάης 02 ¹	11,922	0,006**	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Ιούνιος 02	16,376	0,003**	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Σταθμός 2			0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15				
Μάιος 01 ¹	16,584	0,003**	0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15				
Ιούνιος 01	4,370	0,027*	0 — 5	15 — 20	10 — 15	20 — 25	5 — 10	25 — 30		
Αύγουστος 01	4,809	0,049*	0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15				
Οκτώβρης 01	4,119	0,027*	5 — 10	10 — 15	20 — 25	0 — 5	15 — 20	25 — 30		
Δεκέμβρης 01 ¹	76,892	<<0,001**	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Γενάρης 02 ¹	11,959	0,001**	0 — 5	5 — 10	25 — 30	10 — 15	15 — 20	20 — 25		
Μάρτης 02 ¹	21,161	0,001**	0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15				
Απρίλης 02 ¹	6,571	0,03*	0 — 5	5 — 10	10 — 15	25 — 30	15 — 20	20 — 25		
Ιούνιος 02 ¹	16,178	0,003**	0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15				
Σταθμός 3			0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15				
Αύγουστος 01 ¹	189,918	<<0,001**	0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15				
Σεπτέμβρης 01	4,836	0,048*	15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10				
Δεκέμβρης 01 ¹	67,428	<<0,001**	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Φλεβάρης 02 ¹	18,633	0,002**	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10				
Μάρτης 02 ¹	4,815	0,049*	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10				
Μάης 02	11,226	0,007**	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10				
Ιούνιος 02	25,395	0,001**	15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10				
Κωπηποδίδες										
Σταθμός 1			0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15				
Μάιος 01 ¹	10,587	0,008**	0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15				
Ιούνιος 01 ¹	8,303	0,015*	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Σεπτέμβρης 01	6,715	0,024*	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10				
Δεκέμβρης 01 ¹	32,549	<<0,001**	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Μάης 02 ¹	74,721	<<0,001**	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Σταθμός 2			0 — 5	5 — 10	25 — 30	20 — 25	10 — 15	15 — 20		
Ιούνιος 01 ¹	15,440	<<0,001**	0 — 5	5 — 10	25 — 30	20 — 25	10 — 15	15 — 20		
Αύγουστος 01	16,963	0,002**	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10				
Οκτώβρης 01	39,313	<<0,001**	20 — 25	10 — 15	5 — 10	25 — 30	15 — 20	0 — 5		
Δεκέμβρης 01 ¹	29,651	0,001**	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20				
Απρίλης 02	7,168	0,004**	0 — 5	5 — 10	10 — 15	25 — 30	15 — 20	20 — 25		
Μάης 02	5,322	0,04*	0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15				
Ιούνιος 02	5,300	0,04*	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10				
Σταθμός 3			0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10				
Αύγουστος 01	25,483	0,001**	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10				
Σεπτέμβρης 01	6,736	0,024*	15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10				
Νοέμβρης 01	13,000	0,005**	0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15				
Φλεβάρης 02 ¹	14,933	0,003**	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10				
Μάης 02	10,714	0,008**	0 — 5	10 — 15	15 — 20	5 — 10				
Ιούνιος 02 ¹	25,768	0,001**	15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10				

Πίνακας 3.3.36. (Συνέχεια)

Ναύπλιοι κωπηπόδων	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey					
	λόγος F	τιμή p	(κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)					
Σταθμός 1								
Μάιος 01	13,629	0,004**	15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10		
Νοέμβρης 01	7,536	0,019*	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Δεκέμβρης 01 ¹	13,875	0,004**	10 — 15	15 — 20	0 — 5	5 — 10		
Γενάρης 02 ¹	6,011	0,031*	5 — 10	15 — 20	0 — 5	10 — 15		
Απρίλης 02 ¹	5,687	0,035*	0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15		
Σταθμός 2								
Αύγουστος 01	8,236	0,015*	15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10		
Σεπτέμβρης 01	4,860	0,048*	15 — 20	0 — 5	5 — 10	10 — 15		
Οκτώβρης 01 ¹	3,369	0,048*	5 — 10	20 — 25	10 — 15	15 — 20	0 — 5	25 — 30
Γενάρης 02	3,750	0,036*	15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10	20 — 25	25 — 30
Μάρτης 02	6,787	0,023*	0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15		
Ιούνης 02	30,352	0,001**	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10		
Σταθμός 3								
Ιούνιος 01	9,514	0,011*	0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Αύγουστος 01 ¹	61,140	<<0,001**	15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10		
Σεπτέμβρης 01 ¹	42,384	<<0,001**	0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10		
Οκτώβρης 01 ¹	6,227	0,028*	5 — 10	15 — 20	0 — 5	10 — 15		
Δεκέμβρης 01 ¹	5,160	0,042*	15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10		
Γενάρης 02	45,951	<<0,001**	5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5		
Ιούνης 02	163,015	<<0,001**	15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10		

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Κλάσματα με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Πίνακας 3.3.37. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των διαφορετικών κλασμάτων του ιζήματος για τους νηματώδεις και τα σκωληκόμορφα για τις δειγματοληπτικές περιόδους στην Παχιά Άμμο που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Νηματώδεις	μπλοκ ANOVA		Δοκιμασία Friedman		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey						
	Σταθμός 1	λόγος F	τιμή p	χ^2	τιμή p	(κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)					
Μάιος 01 ¹	19,388	0,002**				0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15		
Αύγουστος 01	5,518	0,037*				5 — 10	15 — 20	0 — 5	10 — 15		
Γενάρης 02			3,400	0,333							
Φλεβάρης 02	39,007	<<0,001**				5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5		
Μάρτης 02 ¹	409,372	<<0,001**				15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Απρίλης 02	8,919	0,012*				15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Σταθμός 2											
Ιούνιος 01	6,823	0,007**				15 — 20	20 — 25	10 — 15	25 — 30	0 — 5	5 — 10
Οκτώβρης 01	5,934	0,008**				15 — 20	10 — 15	20 — 25	25 — 30	5 — 10	0 — 5
Γενάρης 02	4,876	0,016*				20 — 25	25 — 30	15 — 20	0 — 5	5 — 10	10 — 15
Φλεβάρης 02	39,007	<<0,001**				5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5		
Μάρτης 02 ¹	409,372	<<0,001**				15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Σταθμός 3											
Αύγουστος 01	10,239	0,009**				0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15		
Σεπτέμβρης 01	6,948	0,022*				0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15		
Οκτώβρης 01	5,679	0,035*				15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10		
Νοέμβρης 01			1,800	0,614							
Γενάρης 02			3,400	0,333							
Φλεβάρης 02	39,007	<<0,001**				5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5		
Μάρτης 02 ¹	409,372	<<0,001**				15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Απρίλης 02	8,919	0,012*				15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Σκωληκόμορφα											
Σταθμός 1											
Ιούνιος 01	6,309	0,028*				15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Αύγουστος 01	4,967	0,046*				5 — 10	15 — 20	0 — 5	10 — 15		
Απρίλης 02	9,975	0,01**				5 — 10	10 — 15	15 — 20	0 — 5		
Μάης 02	8,769	0,013*				15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Σταθμός 2											
Ιούνιος 01	6,742	0,007**				20 — 25	25 — 30	15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5
Οκτώβρης 01 ¹	5,834	0,009**				10 — 15	20 — 25	15 — 20	25 — 30	5 — 10	0 — 5
Φλεβάρης 02	4,980	0,046*				15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Μάρτης 02 ¹	13,985	0,004**				15 — 20	0 — 5	5 — 10	10 — 15		
Απρίλης 02	11,953	0,001**				25 — 30	10 — 15	15 — 20	20 — 25	5 — 10	0 — 5
Ιούνιος 02			5,000	0,333							
Σταθμός 3											
Σεπτέμβρης 01	5,441	0,038*				15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10		
Νοέμβρης 01			5,400	0,140							
Δεκέμβρης 01	8,948	0,012*				0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10		
Φλεβάρης 02 ¹	8,261	0,015*				15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10		
Απρίλης 02			7,400	0,060							
Μάης 02	11,611	0,007**				10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5		

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Κλάσματα με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Πίνακας 3.3.38. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των διαφορετικών κλασμάτων του ιζήματος για τα μειοβενθικά μετάζωα και τα γαστερότριχα για τις δειγματοληπτικές περιόδους στην Παχιά Άμμο που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Σταθμός 1	μπλοκ ANOVA		Δοκιμασία Friedman		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)					
	λόγος F	τιμή p	χ^2	τιμή p						
Μάιος 01 ¹	12,965	0,005**			0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10		
Σεπτέμβρης 01	41,504	<<0,001**			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Οκτώβρης 01	7,343	0,02*			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Νοέμβρης 01	2,227	0,186								
Δεκέμβρης 01	15,511	0,003**			0 — 5	10 — 15	15 — 20	5 — 10		
Φλεβάρης 02 ¹	15,107	0,003**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5		
Μάης 02	20,913	0,001**			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Ιούνης 02	17,075	0,002**			0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15		
Σταθμός 2										
Μάιος 01			7,000	0,071						
Ιούνιος 01	3,680	0,043*			0 — 5	15 — 20	10 — 15	20 — 25	5 — 10	25 — 30
Αύγουστος 01	5,655	0,035*			0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15		
Νοέμβρης 01 ²	64,301	<<0,001**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5		
Δεκέμβρης 01 ¹	58,551	<<0,001**			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Μάρτης 02	23,359	0,001**			0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15		
Απρίλης 02	3,583	0,041*			0 — 5	5 — 10	10 — 15	25 — 30	15 — 20	20 — 25
Ιούνης 02	13,639	0,004**			0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10		
Σταθμός 3										
Αύγουστος 01 ¹	123,221	<<0,001**			0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10		
Σεπτέμβρης 01	9,643	0,01*			0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10		
Δεκέμβρης 01	12,697	0,005**			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Μάης 02	24,141	0,001**			15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10		
Ιούνης 02	258,913	<<0,001**			15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10		
Γαστερότριχα										
Σταθμός 1										
Ιούνιος 01 ¹	5,869	0,032*			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Αύγουστος 01 ¹	13,783	0,004**			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Οκτώβρης 01 ¹	8,108	0,016*			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Νοέμβρης 01	16,732	0,003**			15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10		
Δεκέμβρης 01	5,525	0,037*			5 — 10	0 — 5	10 — 15	15 — 20		
Σταθμός 2										
Μάιος 01	5,688	0,035*			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Ιούνιος 01	16,635	<<0,001**			0 — 5	25 — 30	20 — 25	15 — 20	5 — 10	10 — 15
Αύγουστος 01	9,065	0,012*			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Νοέμβρης 01	5,244	0,041*			0 — 5	10 — 15	5 — 10	15 — 20		
Δεκέμβρης 01 ¹	11,770	0,006*			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Ιούνης 02	5,878	0,032*			15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10		
Σταθμός 3										
Ιούνιος 01	7,008	0,022*			0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15		
Αύγουστος 01	18,126	0,002**			0 — 5	10 — 15	5 — 10	15 — 20		
Σεπτέμβρης 01 ¹	14,380	0,004**			0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10		
Οκτώβρης 01	8,121	0,016*			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20		
Απρίλης 02	27,018	0,001**			0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15		
Μάης 02	10,525	0,008**			0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10		
Ιούνης 02	18,504	0,002**			0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10		

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

2, μετασχηματισμός δεδομένων $\sqrt{x+0,5}$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Κλάσματα με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Πίνακας 3.3.39. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey μεταξύ των διαφορετικών κλασμάτων του ιζήματος για τους πολύχαιτους για τις δειγματοληπτικές περιόδους στην Παχιά Άμμο που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πολύχαιτοι	μπλοκ ANOVA		Δοκιμασία Friedman		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey			
	λόγος F	τιμή p	χ^2	τιμή p	(κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας)			
Σταθμός 1					0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15
Σεπτέμβρης 01 ¹	18,496	0,002**						
Φλεβάρης 02 ¹	14,647	0,004**			10 — 15	15 — 20	5 — 10	0 — 5
Ιούνης 02 ¹	140,595	<<0,001**			0 — 5	5 — 10	10 — 15	15 — 20
Σταθμός 2								
Μάιος 01	23,213	0,001**			15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10
Ιούνιος 01	3,837	0,039*			20 — 25	25 — 30	0 — 5	15 — 20
Μάρτης 02	9,088	0,012*			0 — 5	5 — 10	15 — 20	10 — 15
Απρίλης 02 ¹	6,170	0,034*			25 — 30	20 — 25	0 — 5	15 — 20
Μάης 02	97,041	<<0,001**			15 — 20	10 — 15	5 — 10	0 — 5
Σταθμός 3								
Μάιος 01 ¹	3,384	0,095			15 — 20	0 — 5	10 — 15	5 — 10
Αύγουστος 01 ¹	19,367	0,002			0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15
Σεπτέμβρης 01	29,465	0,001**			0 — 5	15 — 20	5 — 10	10 — 15
Νοέμβρης 01	6,541	0,025*			0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10
Φλεβάρης 02 ¹	9,749	0,01*			10 — 15	15 — 20	0 — 5	5 — 10
Μάρτης 02 ¹	14,005	0,004**			15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10
Μάης 02 ¹	8,918	0,012*			0 — 5	15 — 20	10 — 15	5 — 10
Ιούνης 02 ¹	22,094	0,001**			15 — 20	10 — 15	0 — 5	5 — 10

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Κλάσματα με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

3.4 Οι συναθροίσεις των βενθικών κωπηπόδων

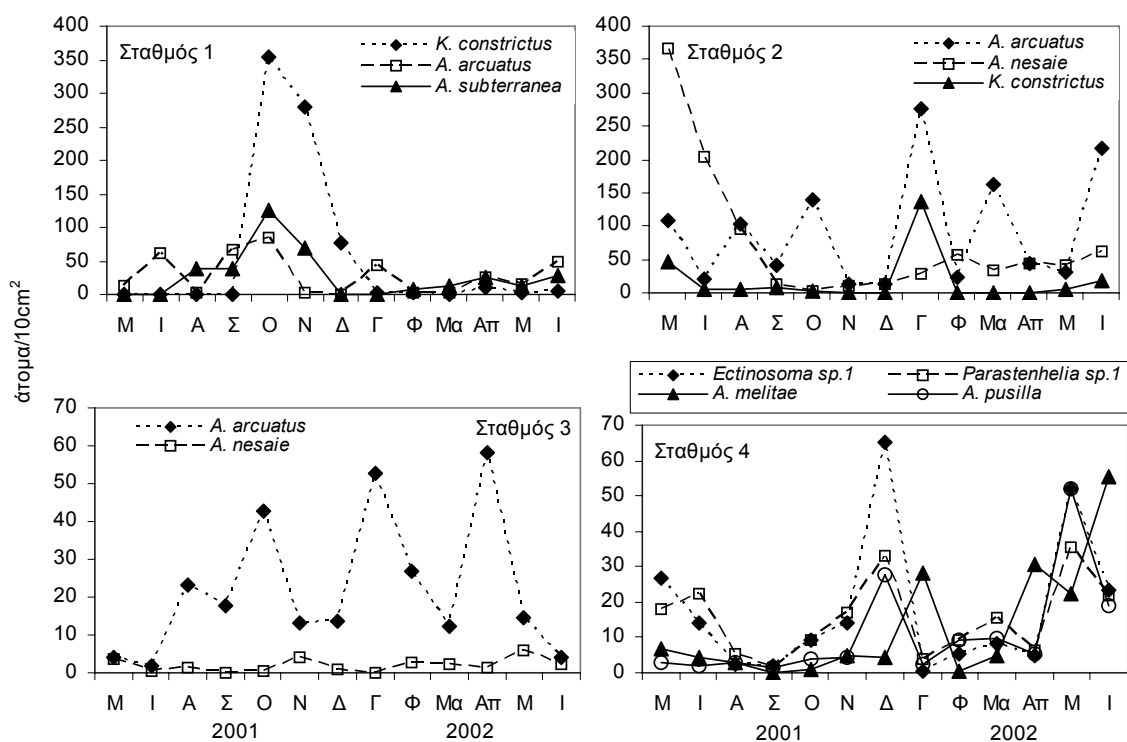
Μέσα στο σύνολο των αρπακτικοειδών κωπηπόδων παρατηρούνται ομάδες οικογενειών και σε πολλές περιπτώσεις ομάδες γενών ή ακόμη και ειδών που εμφανίζονται αποκλειστικά σε συγκεκριμένους τύπους ενδιαιτημάτων. Εκτός από αυτή τη σύνδεση των ειδών κωπηπόδων με συγκεκριμένα υποστρώματα η πανίδα των βενθικών κωπηπόδων χωρίζεται συχνά σε οριζόντιες και κατακόρυφες ζώνες. Ο McLachlan (1980b) υποστηρίζει ότι οι ζωνώσεις της πανίδα των αμμοδών παραλιών, καθορίζονται κυρίως από το εύρος του μεσοδιαστηματικού χώρου και από την περιεκτικότητα του σε νερό και οξυγόνο. Αρκετοί ερευνητές όμως έχουν δώσει παραδείγματα οριζόντιων και κάθετων ζωνώσεων της πανίδας των αρπακτικοειδών κωπηπόδων (Harris 1972a, b, Mielke 1976, Bodin 1977, McLachlan et al. 1977, McLachlan 1978, Moore 1979a) που παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες μεταξύ τους, όμως σε κάθε μία από αυτές τις περιπτώσεις τα πρότυπα ζωνώσεων εξηγούνται από διαφορετικούς παράγοντες.

3.4.1 Δομή και εποχικά πρότυπα κατανομής

Κατά τη διάρκεια της μελέτης των δύο παραλιών βρέθηκαν περισσότερα από 162.000 ώριμα άτομα κωπηπόδων τα οποία κατανέμονται σε 23 οικογένειες, 60 γένη και 98 είδη. Σε αυτά περιλαμβάνονται 18 πληθυσμοί οι οποίοι δεν κατατάχθηκαν σε κάποια από τα γνωστά είδη κωπηπόδων και πιστεύεται πως αποτελούν νέα είδη. Από το σύνολο των ειδών που προσδιορίστηκαν, περισσότερο άφθονα ήταν μεσοδιαστηματικές μορφές αρπακτικοειδών κωπηπόδων των οικογενειών *Leptorontiiidae* και *Paramesochridae* που κυριαρχούσαν στη μεσοπαραλιακή ζώνη και αποτέλεσαν το 25% της συνολικής αφθονίας των κωπηπόδων.

Στον πρώτο σταθμό της μεσοπαραλιακής ζώνης του Ελαφονησίου βρέθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου 15 είδη με τρία από αυτά, τα *Kliopsyllus constrictus pacificus*, *Apodopsyllus arcuatus* και *Arenorontia subterranea*, να κυριαρχούν απόλυτα με συνολικό ποσοστό αφθονίας που ξεπερνά το 95% (Πίνακας 3.4.1). Το πρώτο είδος, που κάποιους μήνες δε βρέθηκε στο συγκεκριμένο σταθμό, εμφάνισε εποχικές διακυμάνσεις με μέγιστο αφθονίας το Φθινόπωρο (Εικόνα 3.4.1, Πίνακας 3.4.3, ιεραρχική ANOVA, $p < 0,01$), ενώ εποχικότητα στην κατανομή της αφθονίας τους παρουσίασαν και τα δύο άλλα είδη με ιδιαίτερα χαμηλές τιμές το χειμώνα για το *A. arcuatus* και το καλοκαίρι για το *A. subterranea* (Πίνακας 3.4.3, Εικόνα 3.4.1).

Στον επόμενο σταθμό, το είδος *Arenorontia subterranea* αντικαθίσταται σε κυριαρχία από το συγγενή *Arenorontia nesaie*, και παρόλο που ο αριθμός ειδών αυξάνει σε 25 η κυριαρχία των τριών ειδών με πολύ μεγάλο ποσοστό (>95%) παραμένει (Πίνακας 3.4.1). Το περισσότερο άφθονο *A. arcuatus* δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές της αφθονίας του μεταξύ των εποχών (Πίνακας 3.4.3, ιεραρχική ANOVA, $p > 0,05$), και παρόλο που στατιστικά σημαντικές διαφορές σημειώνονται μεταξύ των μηνών (ANOVA, $p < 0,001$), ωστόσο οι εκ των υστέρων έλεγχοι δεν μπορούν να αποκαλύψουν κάποιο πρότυπο μεταβολής της αφθονίας του συγκεκριμένου είδους. Φαίνεται όμως από το διάγραμμα της Εικόνας 3.4.1 πως η αφθονία του συγκεκριμένου είδους εναλλάσσεται σχεδόν μηνιαία μεταξύ μέγιστων και ελάχιστων τιμών, γεγονός που θα μπορούσε να σχετίζεται με τον κύκλο ζωής του είδους.



Εικόνα 3.4.1. Εποχικές μεταβολές της αφθονίας των πιο άφθονων ειδών σε κάθε σταθμό στο Ελαφονήσι.

Στο σταθμό 3, ο αριθμός των ειδών αυξάνει σε 34, η αφθονία των κωπηπόδων όμως μειώνεται, ενώ η κυριαρχία του *A. arcuatus* αυξάνει (>70%) με πολλαπλά μέγιστα αφθονίας μετά το τέλος του καλοκαιριού, όταν σημειώνονται πολύ χαμηλές τιμές αφθονίας (Εικόνα 3.4.1, Πίνακας 3.4.3).

Στην υποπαραλιακή ζώνη (σταθμός 4) η αφθονία των κωπηπόδων κατανέμεται μεταξύ περισσότερων ειδών (54), με τέσσερα από αυτά (*Ectinosoma sp.1*, *Parasthenelia sp.1*, *Aposopsyllus melitae*, *Ameira pusilla*) να εξηγούν ποσοστό μεγαλύτερο από 50% (Πίνακας 3.4.2). Στην Εικόνα 3.4.1 η αφθονία των τεσσάρων ειδών φαίνεται να μεταβάλλεται εποχικά, ωστόσο η ιεραρχική ANOVA (Πίνακας 3.4.3) έδειξε πως μόνο τα *Aposopsyllus melitae* και *Ameira pusilla* εμφανίζουν εποχικότητα με στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες αφθονίες την άνοιξη και το καλοκαίρι για το πρώτο και το χειμώνα και την άνοιξη για το δεύτερο.

Πίνακας 3.4.1. Πυκνότητα (άτομα/10cm²) των πιο άφθονων ειδών των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης στις διαφορετικές δειγματοληπτικές περιόδους στο Ελαφονήσι. Στατιστικά δείγματα, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

Σταθμός 1	2001								2002								Σύνολο	Ποσοστό %	Αθροιστικό %
	Μάης	Ιούνης	Αύγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοέμ.	Δεκ.	Γεν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάης	Ιούνης						
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	1 ± 0	0 ±	0 ±	0 ± 0	354 ± 12	279 ± 8	77 ± 22		2 ± 1	4 ± 4	0 ± 0	11 ± 8	1 ± 1	4 ± 4,1	733	48,29	48,29		
<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	14 ± 4	61 ± 48	3 ± 3	66 ± 37	85 ± 3	3 ± 1	0 ± 0		44 ± 19	2 ± 1	2 ± 0	26 ± 18	15 ± 12	48 ± 12	369	24,33	72,63		
<i>Arenopontia subterranea</i>	0 ±	1 ± 1	39 ± 13	38 ± 20	125 ± 5	70 ± 8	1 ± 0		0 ±	7 ± 2	12 ± 10	25 ± 2	12 ± 8	28 ± 9	358	23,56	96,18		
<i>Arenopontia nesaie</i>	2 ± 2	4 ± 3	0 ± 1	0 ± 4	23 ± 1	5 ± 4	6 ± 1		3 ± 1	0 ± 1	0 ±	1 ±	0 ±	0 ±	46	3,00	99,19		
Σταθμός 2																			
<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	108 ± 18	21 ± 4	104 ± 20	42 ± 22	139 ± 28	13 ± 3	14 ± 2		277 ± 5	23 ± 6	164 ± 18	44 ± 13	32 ± 12	216 ± 23	1197	47,46	47,46		
<i>Arenopontia nesaie</i>	367 ± 39	205 ± 8	95 ± 4	12 ± 5	1 ± 0	10 ± 6	13 ± 4		29 ± 3	57 ± 14	34 ± 3	44 ± 5	41 ± 6	62 ± 16	972	38,53	85,99		
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	47 ± 21	5 ± 2	6 ± 3	7 ± 1	2 ± 1	0 ± 0	0 ± 0		138 ± 30	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	6 ± 3	18 ± 4	232	9,18	95,18		
<i>Arenopontia subterranea</i>	3 ± 2	2 ± 1	5 ± 4	5 ± 1	1 ± 1	3 ± 2	0 ±		1 ± 0	2 ± 0	2 ± 1	3 ± 0	29 ± 7	9 ± 2	64	2,52	97,70		
Σταθμός 3																			
<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	4 ± 1	2 ± 1	23 ± 8	18 ± 17	43 ± 18	13 ± 14	14 ± 10		53 ± 13	27 ± 12	12 ± 5	58 ± 34	15 ± 6	4 ± 0	285	71,64	71,64		
<i>Arenopontia nesaie</i>	4 ± 3	1 ± 1	2 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 6	1 ± 1		0 ±	3 ± 1	2 ± 2	2 ± 0	6 ± 1	2 ± 2	26	6,58	78,22		
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	0 ± 0	0 ±	0 ±	1 ± 1	0 ± 0	3 ± 6	2 ± 2		0 ±	1 ± 1	4 ± 2	0 ± 0	9 ± 7	3 ± 1	24	6,09	84,31		
<i>Hastigerella sp.1</i>	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ± 0	0 ± 0	0 ±		0 ± 0	0 ±	0 ±	0 ±	9 ± 2	0 ±	10	2,56	86,86		
<i>Ameira pusilla</i>	2 ± 1	0 ±	0 ±	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0	0 ±		0 ± 1	0 ±	0 ±	1 ± 2	4 ± 2	1 ± 1	9	2,34	89,20		
<i>Psyllocamptus minutus</i>	1 ± 1	0 ± 0	0 ±	0 ±	0 ±	0 ± 0	0 ± 0		4 ± 1	0 ±	2 ± 1	0 ±	1 ± 1	0 ± 0	9	2,23	91,43		
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	0 ± 0	0 ±	0 ± 0	0 ± 0	0 ±	2 ± 3	2 ± 1		0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ±	0 ±	0 ± 0	6	1,49	92,92		
<i>Harpacticus flexus</i>	2 ± 1	0 ± 0	0 ±	0 ±	0 ± 0	0 ±	0 ±		0 ±	1 ± 1	1 ± 1	0 ±	2 ± 1	0 ± 0	6	1,48	94,40		
<i>Ectinosoma sp.1</i>	1 ± 1	0 ±	0 ±	0 ±	0 ± 0	0 ±	0 ±		0 ± 0	0 ±	0 ±	0 ± 0	4 ± 1	0 ± 0	5	1,33	95,73		

Πίνακας 3.4.2. Πυκνότητα (άτομα/10cm²) των πιο άφθονων ειδών του σταθμού 4 της υποπαραλιακής ζώνης στις διαφορετικές δειγματοληπτικές περιόδους στο Ελαφονήσι. Στατιστικά δείγματα, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

Σταθμός 4	2001								2002								Σύνολο	Ποσοστό %	Αθροιστικό %										
	Μάης		Ιούνης		Αύγ.		Σεπ.		Οκτ.		Νοέμ.		Δεκ.		Γεν.					Φεβ.		Μάρ.		Απρ.		Μάης		Ιούνης	
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.				μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.
<i>Ectinosoma sp.1</i>	27 ± 4	14 ± 3	3 ± 1	2 ± 1	9 ± 5	14 ± 3	65 ± 2	0 ± 0	6 ± 3	8 ± 2	5 ± 2	52 ± 3	23 ± 1	229	16,29	16,29													
<i>Parastenhelia sp.1</i>	18 ± 3	23 ± 6	6 ± 3	2 ± 1	9 ± 3	17 ± 5	33 ± 1	4 ± 2	9 ± 2	15 ± 5	6 ± 2	35 ± 6	22 ± 0	199	14,16	30,44													
<i>Apodopsyllus melitae</i>	7 ± 1	5 ± 3	3 ± 3	0 ±	1 ± 1	5 ± 4	4 ± 1	28 ± 44	1 ± 1	5 ± 3	30 ± 7	23 ± 3	56 ± 3	167	11,85	42,30													
<i>Ameira pusilla</i>	3 ± 1	2 ± 1	3 ± 3	2 ± 1	4 ± 1	4 ± 1	28 ± 4	2 ± 3	9 ± 3	10 ± 4	6 ± 2	52 ± 2	19 ± 2	144	10,23	52,53													
<i>Robertgurneya sp.1</i>	11 ± 2	2 ± 1	0 ±	1 ± 1	3 ± 1	8 ± 1	14 ± 1	1 ± 1	2 ± 1	5 ± 1	3 ± 2	24 ± 2	31 ± 3	105	7,47	60,00													
<i>Cyclopina sp.1</i>	0 ±	5 ± 3	3 ± 2	2 ± 0	6 ± 1	10 ± 3	0 ±	2 ± 1	3 ± 2	0 ± 0	1 ± 1	13 ± 2	12 ± 0	57	4,05	64,05													
<i>Arenopontia nesaie</i>	5 ± 2	0 ±	0 ±	2 ± 2	0 ± 0	2 ± 1	4 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0	2 ± 1	7 ± 1	32 ± 8	57	4,03	68,08													
<i>Scottopsyllus langi continentalis</i>	0 ±	1 ± 1	0 ± 0	0 ±	1 ± 0	0 ±	0 ±	1 ± 1	3 ± 1	5 ± 4	0 ± 0	11 ± 1	32 ± 2	55	3,88	71,96													
<i>Ameira parvula</i>	0 ±	1 ± 1	1 ± 1	2 ± 2	1 ± 1	0 ± 0	2 ± 1	0 ±	0 ±	9 ± 2	3 ± 1	16 ± 1	7 ± 0	41	2,93	74,89													
<i>Arenotopa sp.</i>	2 ± 1	0 ± 0	1 ± 1	1 ± 1	0 ±	5 ± 5	0 ±	0 ±	2 ± 1	0 ±	1 ± 1	1 ± 0	28 ± 5	41	2,91	77,80													
<i>Psyllocamptus minutus</i>	3 ± 1	0 ±	0 ± 0	0 ± 0	0 ±	1 ± 1	4 ± 2	0 ±	0 ± 0	3 ± 1	2 ± 1	3 ± 0	20 ± 2	38	2,68	80,48													
<i>Bulbamphiascus imus</i>	23 ± 4	0 ±	1 ± 1	0 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 1	1 ± 1	0 ± 0	1 ± 0	3 ± 0	4 ± 1	33	2,35	82,83													
<i>Kliopsyllus holsaticus</i>	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ± 1	1 ± 1	2 ± 1	2 ± 2	11 ± 2	13 ± 2	30	2,15	84,97													
<i>Filexilia sp.</i>	25 ± 10	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	1 ± 0	0 ±	26	1,87	86,84													
<i>Hastigerella leptoderma</i>	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	1 ± 0	18 ± 1	0 ± 0	1 ± 2	2 ± 1	0 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	25	1,80	88,64													
<i>Amphiascus anguistipes</i>	17 ± 2	1 ± 0	0 ±	0 ± 0	0 ±	0 ±	0 ±	0 ± 0	0 ±	0 ±	0 ±	1 ± 0	0 ±	20	1,45	90,09													
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	2 ± 1	0 ±	0 ±	0 ± 1	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	1 ± 1	2 ± 2	1 ± 0	4 ± 1	9 ± 1	19	1,35	91,43													
<i>Sentiropsis minuta</i>	7 ± 1	1 ± 0	0 ±	0 ±	0 ± 0	0 ±	0 ±	0 ±	0 ±	0 ± 0	0 ±	10 ± 2	0 ±	19	1,33	92,77													

Πίνακας 3.4.3. Συνοπτικά αποτελέσματα της εποχικής σύγκρισης των αφθονότερων ειδών κωπηπόδων στο Ελαφονήσι με χρήση ιεραρχικής ανάλυσης διασποράς (nested ANOVA) με δύο παράγοντες και δοκιμασίας Kruskal-Wallis. Οι παράγοντες στην ανάλυση είναι 'Εποχές' (προκαθορισμένος), 'Δειγματοληπτικές περίοδοι' (προκαθορισμένος και ενσωματωμένος στον παράγοντα Εποχές).

Είδος	Ιεραρχική ANOVA		Δοκιμασία Kruskal-Wallis		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey				
	λόγος F	τιμή p	λόγος H	τιμή p	Κατάταξη εποχών, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας				
Σταθμός 1	<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i> ¹	73,49	<<0,001**			Καλοκαίρι	Άνοιξη	Χειμώνας	Φθινόπωρο
	<i>Apodopsyllus arcuatus</i> ¹	7,10	0,001**			Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
	<i>Arenopontia subterranea</i>			16,662	<<0,001**				
Σταθμός 2	<i>Apodopsyllus arcuatus</i> ¹	2,75	0,063						
	<i>Arenopontia nesaie</i>			25,658	<<0,001**				
	<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i> ¹	5,45	0,005**			Άνοιξη	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Σταθμός 3	<i>Apodopsyllus arcuatus</i> ¹	11,65	<<0,001**			Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Άνοιξη	Χειμώνας
	<i>Arenopontia nesaie</i> ¹	2,27	0,104						
Σταθμός 4	<i>Ectinosoma sp.1</i> ¹	2,78	0,061						
	<i>Parastenhelia sp.1</i>			2,781	0,4266				
	<i>Apodopsyllus melitae</i> ¹	5,73	0,004**			Φθινόπωρο	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Άνοιξη
	<i>Ameira pusilla</i> ¹	5,60	0,004**			Φθινόπωρο	Καλοκαίρι	Χειμώνας	Άνοιξη

1, μετασχηματισμός δεδομένων log (x+1)

* στατιστικά σημαντική διαφορά (p < 0,05), ** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά (p < 0,01)

Πίνακας 3.4.4. Συνοπτικά αποτελέσματα της εποχικής σύγκρισης των αφθονότερων ειδών κωπηπόδων στην Παχιά Άμμο με χρήση ιεραρχικής ανάλυσης διασποράς (nested ANOVA) με δύο παράγοντες. Οι παράγοντες στην ανάλυση είναι 'Εποχές' (προκαθορισμένος), 'Δειγματοληπτικές περίοδοι' (προκαθορισμένος και ενσωματωμένος στον παράγοντα Εποχές).

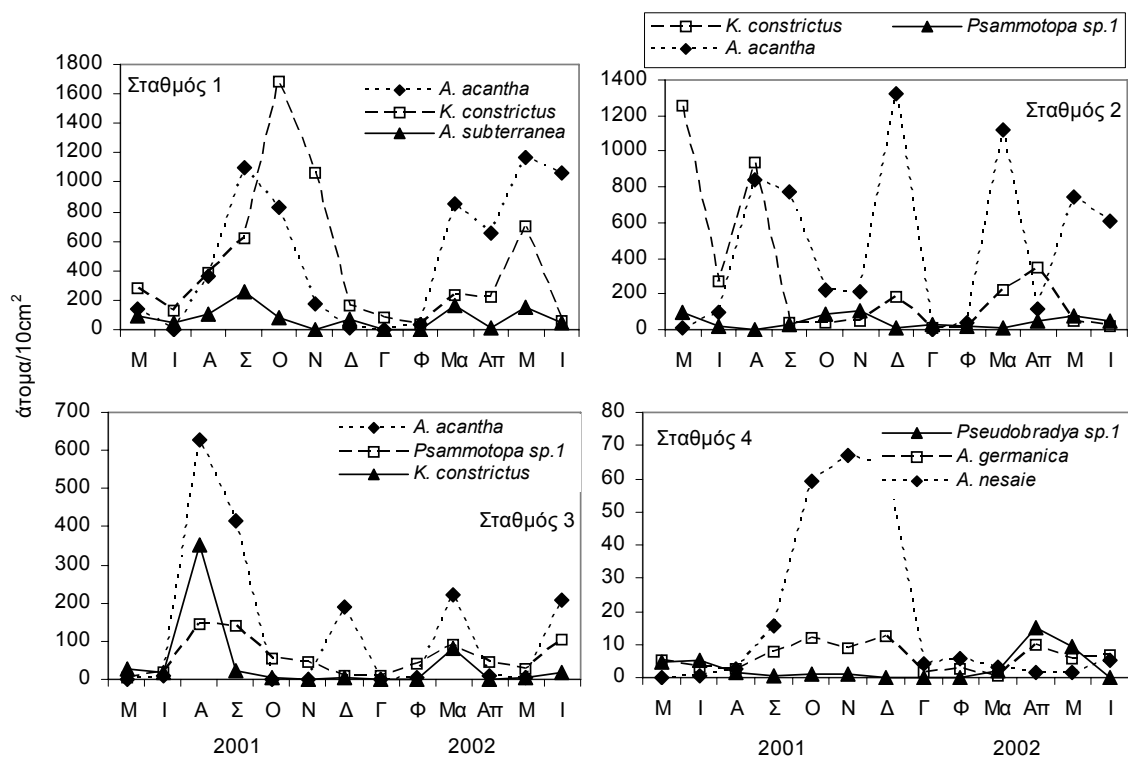
Είδος	Ιεραρχική ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey				
	λόγος F	τιμή p	Κατάταξη εποχών, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή αφθονίας				
Σταθμός 1	<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i> ²	25,72	<<0,001**	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Άνοιξη	Φθινόπωρο
	<i>Arenopontia acantha</i> ¹	36,54	<<0,001**	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Άνοιξη
	<i>Arenopontia subterranea</i> ¹	9,16	<<0,001**	Χειμώνας	Άνοιξη	Φθινόπωρο	Καλοκαίρι
Σταθμός 2	<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i> ¹	15,36	<<0,001**	Χειμώνας	Φθινόπωρο	Άνοιξη	Καλοκαίρι
	<i>Arenopontia acantha</i> ¹	7,65	<<0,001**	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Άνοιξη	Φθινόπωρο
	<i>Psammotopa sp.1</i> ¹	5,00	0,007**	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Άνοιξη	Φθινόπωρο
Σταθμός 3	<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i> ¹	10,07	<<0,001**	Χειμώνας	Άνοιξη	Φθινόπωρο	Καλοκαίρι
	<i>Arenopontia acantha</i> ¹	1,55	0,225				
	<i>Psammotopa sp.1</i> ¹	3,42	0,032*	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Άνοιξη	Φθινόπωρο
Σταθμός 4	<i>Arenopontia nesaie</i>	19,06	<<0,001**	Καλοκαίρι	Άνοιξη	Χειμώνας	Φθινόπωρο
	<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i> ¹	2,69	0,067				
	<i>Pseudobradya sp.1</i> ¹	24,12	<<0,001**	Χειμώνας	Φθινόπωρο	Καλοκαίρι	Άνοιξη

1, μετασχηματισμός δεδομένων log (x+1), 2, μετασχηματισμός δεδομένων $\sqrt{x + 0,5}$

* στατιστικά σημαντική διαφορά (p < 0,05), ** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά (p < 0,01)

Σε όλους τους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης στην Παχιά Άμμο, το μεγαλύτερο ποσοστό αφθονίας των κωπηπόδων (>90%) οφείλεται σε μερικά μόνο μεσοδιαστηματικά είδη όπως ακριβώς συμβαίνει και στο Ελαφονήσι (Πίνακας 3.4.5). Τρία από τα 31 είδη που καταγράφηκαν στο σταθμό 1 συμμετέχουν με ποσοστό μεγαλύτερο από 90% στην αφθονία των κωπηπόδων. Δύο από αυτά είναι τα γνωστά

από το Ελαφονήσι *Kliopsyllus constrictus pacificus* και *Arenopontia subterranea* ενώ το πλέον άφθονο είδος του σταθμού ανήκει επίσης στο γένος *Arenopontia* (*Arenopontia acantha*). Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.4.2 και επιβεβαιώνεται από την ιεραρχική ANOVA που εφαρμόστηκε στα δεδομένα της αφθονίας των ειδών (Πίνακας 3.4.4), στα τρία είδη παρατηρείται εποχικότητα με πολύ χαμηλές τιμές το χειμώνα και μερικά μέγιστα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους για το αφθονότερο *Arenopontia acantha*. Τα είδη *Arenopontia acantha* και *Kliopsyllus constrictus pacificus* είναι επίσης τα κυρίαρχα είδη στο σύνολο των 25 ειδών κωπηπόδων του σταθμού 2 με ποσοστό 83%, ενώ το τρίτο σε σειρά αφθονίας νέο είδος *Psammotopa sp.1* ξεπερνά μόλις το 5% (Πίνακας 3.4.5). Και σε αυτό το σταθμό το είδος *Arenopontia acantha* εμφανίζει εποχικότητα με σημαντικές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του χρόνου, όπως επίσης και τα δύο άλλα κυρίαρχα είδη, με αφθονότερους πληθυσμούς την άνοιξη και το φθινόπωρο (Εικόνα 3.4.2, Πίνακας 3.4.4, ιεραρχική ANOVA, $p < 0,01$).



Εικόνα 3.4.2. Εποχικές μεταβολές της αφθονίας των πιο άφθονων ειδών σε κάθε σταθμό στην Παχιά Άμμο.

Πίνακας 3.4.5. Πυκνότητα (άτομα/10cm²) των πιο άφθονων ειδών των σταθμών μελέτης στις διαφορετικές δειγματοληπτικές περιόδους στην Παχιά Άμμο. Στατιστικά δείγματα, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

Σταθμός	2001								2002								Σύνολο	Ποσοστό %	Αθροιστικό %									
	Μάης		Ιούνης		Αύγ.		Σεπ.		Οκτ.		Νοέμ.		Δεκ.		Γεν.					Φεβ.		Μάρ.		Απρ.		Μάης		Ιούνης
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.
<i>Arenopontia acantha</i>	137 ± 1	3 ± 1	358 ± 11	1104 ± 19	835 ± 8	170 ± 4	11 ± 4	1 ± 1	40 ± 17	854 ± 17	659 ± 23	1164 ± 8	1068 ± 2	6405	44,77	44,77												
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	279 ± 20	128 ± 60	390 ± 19	617 ± 14	1681 ± 13	1061 ± 2	161 ± 7	82 ± 24	39 ± 21	239 ± 17	220 ± 18	698 ± 11	61 ± 2	5655	39,53	84,30												
<i>Arenopontia subterranea</i>	94 ± 4	47 ± 11	103 ± 13	262 ± 4	76 ± 3	4 ± 0	65 ± 4	0 ± 2	6 ± 2	168 ± 1	8 ± 2	150 ± 1	48 ± 1	1031	7,20	91,51												
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	5 ± 2	1 ± 0	26 ± 2	60 ± 3	153 ± 3	96 ± 4	31 ± 3	18 ± 4	4 ± 3	69 ± 1	32 ± 1	80 ± 2	13 ± 1	587	4,11	95,61												
<i>Psammotopa sp.1</i>	11 ± 1	1 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	341 ± 14	74 ± 3	0 ± 0	16 ± 7	28 ± 8	0 ± 4	59 ± 1	47 ± 0	2 ± 0	578	4,04	99,65												
Σταθμός 2																												
<i>Arenopontia acantha</i>	10 ± 2	100 ± 17	840	7	771 ± 4	225 ± 17	212 ± 23	1324 ± 13	3 ± 3	41 ± 19	1118 ± 8	111 ± 11	744 ± 4	612 ± 9	6112	53,28	53,28											
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	1252 ± 13	268 ± 0	935	33	42 ± 1	35 ± 5	50 ± 1	185 ± 7	9 ± 4	8 ± 6	223 ± 11	347 ± 11	48 ± 2	24 ± 1	3426	29,87	83,15											
<i>Psammotopa sp.1</i>	95 ± 6	18 ± 3	3	0	29 ± 4	89 ± 17	109 ± 8	6 ± 1	33 ± 5	21 ± 9	6 ± 0	50 ± 5	78 ± 4	50 ± 2	587	5,11	88,27											
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	38 ± 2	17 ± 1	51	4	26 ± 0	27 ± 5	20 ± 1	115 ± 2	18 ± 6	36 ± 15	75 ± 0	33 ± 3	30 ± 2	5 ± 1	490	4,28	92,54											
<i>Noodtiella sp.1</i>	143 ± 5	8 ± 1	0	9 ± 1	65 ± 3	61 ± 4	0 ± 0	12 ± 3	3 ± 2	0 ± 0	4 ± 1	104 ± 2	63 ± 2	470	4,10	96,64												
<i>Arenopontia subterranea</i>	5 ± 1	29 ± 4	33	2	51 ± 2	2 ± 0	7 ± 4	106 ± 2	0 ± 0	1 ± 0	84 ± 3	2 ± 1	2 ± 0	48 ± 3	370	3,23	99,87											
Σταθμός 3																												
<i>Arenopontia acantha</i>	0 ± 0	8 ± 3	627 ± 10	415 ± 11	1 ± 0	0 ± 1	188 ± 1	1 ± 1	3 ± 1	223 ± 21	7 ± 11	7 ± 5	208 ± 10	1688	49,39	49,39												
<i>Psammotopa sp.1</i>	6 ± 5	20 ± 1	146 ± 6	138 ± 3	54 ± 7	46 ± 15	10 ± 1	10 ± 8	40 ± 22	92 ± 9	45 ± 15	27 ± 10	103 ± 9	736	21,55	70,94												
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	25 ± 16	17 ± 21	353 ± 11	24 ± 1	4 ± 3	0 ± 1	5 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	80 ± 10	2 ± 1	3 ± 4	19 ± 5	534	15,62	86,56												
<i>Noodtiella sp.1</i>	5 ± 3	16 ± 5	54 ± 2	44 ± 4	8 ± 2	12 ± 10	1 ± 0	6 ± 2	6 ± 3	0 ± 0	17 ± 4	26 ± 6	28 ± 3	220	6,45	93,01												
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	1 ± 1	3 ± 1	17 ± 2	11 ± 1	2 ± 1	8 ± 7	21 ± 1	0 ± 0	2 ± 1	56 ± 6	5 ± 2	3 ± 2	4 ± 0	133	3,89	96,90												
<i>Arenopontia subterranea</i>	0 ± 0	1 ± 2	47 ± 6	22 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	10 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	2 ± 1	1 ± 1	0 ± 0	1 ± 0	83	2,44	99,34												
Σταθμός 4																												
<i>Arenopontia nesaie</i>	0 ± 0	1 ± 0	3 ± 2	15 ± 8	59 ± 2	67 ± 2	64 ± 28	4 ± 3	6 ± 2	3 ± 2	1 ± 2	2 ± 1	5 ± 5	231	45,82	45,82												
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	5 ± 3	3 ± 2	3 ± 2	8 ± 1	12 ± 2	9 ± 2	12 ± 8	2 ± 1	2 ± 2	1 ± 1	10 ± 3	6 ± 4	7 ± 9	79	15,72	61,53												
<i>Pseudobradya sp.1</i>	5 ± 1	5 ± 4	2 ± 1	1 ± 0	1 ± 1	1 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2 ± 1	15 ± 3	9 ± 3	0 ± 0	41	8,20	69,73												
<i>Minervella baccettii</i>	3 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	3 ± 2	8 ± 6	9 ± 3	5 ± 2	2 ± 2	31	6,24	75,97												
<i>Canuella sp.</i>	5 ± 2	2 ± 0	5 ± 2	4 ± 3	7 ± 3	1 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 0	0 ± 0	25	4,90	80,87												
<i>Ameira parvuloides</i>	1 ± 1	2 ± 0	6 ± 1	4 ± 1	1 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	1 ± 0	0 ± 0	16	3,25	84,12												
<i>Harpacticus flexus</i>	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	13 ± 4	0 ± 0	0 ± 0	15	3,05	87,16												
<i>Kliopsyllus holsaticus</i>	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	2 ± 1	2 ± 0	0 ± 0	1 ± 0	1 ± 1	3 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	12	2,40	89,56												
<i>Apodopsyllus melitae</i>	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 0	0 ± 0	1 ± 0	1 ± 1	1 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	6	1,18	90,74												

Ο αριθμός των ειδών που βρέθηκαν στο σταθμό 3 μειώνεται σε 19 όμως η κυριαρχία του είδους *Arenopontia acantha* παραμένει με ποσοστό που αγγίζει το 50%. Σημαντική αφθονία εμφανίζει και το είδος *Psammotopa sp.1* (21,5%) καθώς και το *Kliopsyllus constrictus pacificus* (15,62%), τα οποία παρουσιάζουν μικρή αφθονία το χειμώνα και μεγαλύτερη τις θερμότερες περιόδους του χρόνου (φθινόπωρο, καλοκαίρι) (Εικόνα 3.4.2, Πίνακας 3.4.4, ιεραρχική ANOVA, $p < 0,05$). Το είδος *Arenopontia acantha* εξακολουθεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις και στο σταθμό 3 καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης, όμως η ιεραρχική ANOVA δεν υπέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των εποχών (Πίνακας 3.4.4, ιεραρχική ANOVA, $p > 0,05$), γεγονός που θα πρέπει να εξηγείται από τα μέγιστα που εμφανίζει η αφθονία του σε κάθε εποχή και των οποίων προηγούνται και ακολουθούν χαμηλές τιμές (Εικόνα 3.4.2).

Περισσότερα είδη στην Παχιά Άμμο συλλέχθηκαν επίσης από την υποπαραλιακή ζώνη (σταθμός 4, 35 είδη), όμως αυτή τη φορά υπάρχει ισχυρή κυριαρχία ενός είδους, και συγκεκριμένα του *Arenopontia nesaie* (45,8%), ενώ ακολουθούν τα είδη *Arenosetella germanica galapagoensis* και το νέο είδος *Pseudobradya sp.1* με ποσοστό 15,7% και 8,2% αντίστοιχα. Η ισχυρή κυριαρχία του είδους *Arenopontia nesaie* οφείλεται στις υψηλές τιμές αφθονίας που παρουσιάζει το φθινόπωρο, ενώ αντίθετα την άνοιξη, όταν τα δύο άλλα είδη εμφανίζουν μέγιστα στην αφθονία τους, η αφθονία του *A. nesaie* μειώνεται σημαντικά (Εικόνα 3.4.2, Πίνακας 3.4.4).

Γενικότερα, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως τα κυρίαρχα είδη των δύο παραλιών δεν ανταποκρίνονται σε κάποιο γενικό πρότυπο εποχικής κατανομής αφού οι διακυμάνσεις που εμφανίζουν ποικίλουν ανάλογα με την παραλία και το σταθμό μελέτης. Ωστόσο, η τάση που παρουσίασαν τα περισσότερα από αυτά είναι προς ένα μέγιστο αφθονίας τους θερμότερους μήνες (τέλος άνοιξης – φθινόπωρο), το οποίο για την παραλία της Παχιάς Άμμου συνοδεύεται από ιδιαίτερα χαμηλές τιμές το χειμώνα.

3.4.2. Κατακόρυφη κατανομή

Όπως ήταν αναμενόμενο, τα περισσότερα είδη που βρέθηκαν στην υποπαραλιακή ζώνη και των δύο παραλιών (60 από 63) ήταν πιο άφθονα στα πέντε πρώτα εκατοστά του ιζήματος και με ποσοστό που ξεπερνούσε στις περισσότερες περιπτώσεις το 80-90% (Πίνακες 3.4.6 – 3.4.7). Ωστόσο, δεν έλειψαν είδη που βρέθηκαν αποκλειστικά στο δεύτερο στρώμα του ιζήματος όπως το *Leptopontia sp.2* στο Ελαφονήσι και το *Apodopsyllus schulzi* στην Παχιά Άμμο, καθώς επίσης και είδη

τα οποία είτε ήταν περισσότερο άφθονα βαθύτερα στο ίζημα (Πίνακας 3.4.7, Παχιά Άμμος, *Ectinosoma melaniceps*), είτε παρουσίασαν μία σχετικά ομοιόμορφη κατανομή μέσα στο ίζημα (Πίνακας 3.4.6, Ελαφονήσι, *Leptopontia sp.1*, Πίνακας 3.4.7, Παχιά Άμμος, *Apodopsyllus melitae*, *Arenopontia subterranea*, *Ectinosoma sp.1*). Σημαντικό όμως θα ήταν να σημειωθεί, πως όλα αυτά τα είδη βρέθηκαν σε πολύ μικρούς αριθμούς ατόμων (<15 άτομα/10cm²) και μόνο σε κάποιες δειγματοληπτικές περιόδους και γι' αυτό δε μπορούμε να εξάγουμε αξιόπιστα συμπεράσματα για την κατανομή τους μέσα στο ίζημα.

Πίνακας 3.4.6. Ποσοστό (%) συμμετοχής των ειδών στα δύο πρώτα στρώματα του ιζήματος στο σταθμό 4 στο Ελαφονήσι. Με γραμμοσκίαση σημειώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό.

Σταθμός 4	Βάθος μέσα στο ίζημα		Βάθος μέσα στο ίζημα	
	0-5	5-10	0-5	5-10
<i>Parastenhelia sp.1</i>	99	1	<i>Leptopontia sp.1</i>	53 47
<i>Ectinosoma sp.1</i>	99	1	<i>Apodopsyllus schulzi</i>	93 7
<i>Apodopsyllus melitae</i>	66	34	<i>Minervella baccettii</i>	93 7
<i>Ameira pusilla</i>	98	2	<i>Diosaccidae sp.2</i>	100 0
<i>Robertgurneya sp.1</i>	99	1	<i>Diosaccidae sp.3</i>	100 0
<i>Cyclopina sp.1</i>	98	2	<i>Ectinosoma sp.4</i>	100 0
<i>Ameira parvula</i>	98	2	<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	80 20
<i>Scottopsyllus langi continentalis</i>	98	2	<i>Harpacticus flexus</i>	89 11
<i>Arenopontia nesaie</i>	74	26	<i>Psammotopa sp.1</i>	89 11
<i>Psyllocamptus minutus</i>	97	3	<i>Syrcticola sp.</i>	64 36
<i>Bulbamphiascus imus</i>	98	2	<i>Diarthrodella secunda</i>	100 0
<i>Arenotopa sp.</i>	59	41	<i>Ectinosoma melaniceps</i>	100 0
<i>Kliopsyllus holsaticus</i>	91	9	<i>Schizopera sp.2</i>	100 0
<i>Hastigerella leptoderma</i>	96	4	<i>Arenopontia acantha</i>	100 0
<i>Filexilia sp.</i>	100	0	<i>Argestidae sp.</i>	100 0
<i>Amphiascus angustipes</i>	98	2	<i>Microsetella norvegica</i>	100 0
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	98	2	<i>Arenopontia subterranea</i>	100 0
<i>Sentiropsis minuta</i>	98	2	<i>Cylindropsyllus sp.</i>	100 0
<i>Hastigerella sp.1</i>	98	2	<i>Harpacticoida sp.</i>	100 0
<i>Robertgurneya sp.2</i>	100	0	<i>Leptastacus uncinatus ssp.</i>	100 0
<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	100	0	<i>Mesochra sp.</i>	100 0
<i>Orthopsyllus sp.2</i>	100	0	<i>Metidae sp.1</i>	100 0
<i>Halectinosoma sp.1</i>	97	3	<i>Orthopsyllus sp.1</i>	100 0
<i>Leptopsyllus sp.1</i>	100	0	<i>Rhizothricidae sp.1</i>	100 0
<i>Noodtiella sp.1</i>	95	5	<i>Schizopera sp.1</i>	100 0
<i>Tisbidae sp.</i>	100	0	<i>Thalestridae sp.4</i>	100 0
<i>Sigmatidium kunzi</i>	82	18	<i>Leptopontia sp.2</i>	0 100
<i>Canuella sp.</i>	100	0		

Το ίδιο πρότυπο κάθετης κατανομής εμφάνισαν και τα περισσότερα είδη στο σταθμό 3 στο Ελαφονήσι (Πίνακας 3.4.8) με εξαίρεση τα σπάνια είδη *Pseudobradya sp.1* και *Laophontidae sp.4*. καθώς και το άφθονο είδος *Apodopsyllus arcuatus*, το οποίο κατά το μεγαλύτερο διάστημα της μελέτης παρουσίασε ομοιόμορφη

Πίνακας 3.4.8. Ποσοστό (%) συμμετοχής των ειδών στα διαφορετικά στρώματα του ιζήματος στους σταθμούς μελέτης της μεσοπαραλιακής ζώνης στο Ελαφονήσι. Με γραμμοσκίαση σημειώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό.

Σταθμός 1	Βάθος μέσα στο ιζήμα (cm)				Σταθμός 2	Βάθος μέσα στο ιζήμα (cm)				Σταθμός 3	Βάθος μέσα στο ιζήμα (cm)			
	0-5	5-10	10-15	15-20		0-5	5-10	10-15	15-20		0-5	5-10	10-15	15-20
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	19	28	17	35	<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	2	17	38	42	<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	24	23	23	29
<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	6	25	23	47	<i>Arenopontia nesaie</i>	32	32	24	12	<i>Arenopontia nesaie</i>	90	3	3	3
<i>Arenopontia subterranea</i>	58	21	7	14	<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	13	29	35	24	<i>Ameira pusilla</i>	90	10	0	0
<i>Arenopontia nesaie</i>	53	30	7	10	<i>Arenopontia subterranea</i>	8	13	34	45	<i>Psyllocamptus minutus</i>	100	0	0	0
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	11	29	6	55	<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	31	26	39	4	<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	95	2	1	2
<i>Psyllocamptus minutus</i>	18	82	0	0	<i>Psyllocamptus minutus</i>	94	6	0	0	<i>Hastigerella sp.1</i>	95	5	0	0
<i>Noodtiella sp.1</i>	40	34	0	26	<i>Ectinosoma sp.1</i>	85	15	0	0	<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	68	11	0	21
<i>Ectinosoma sp.1</i>	54	46	0	0	<i>Arenotopa sp.</i>	90	0	10	0	<i>Haracticus flexus</i>	96	4	0	0
<i>Psammotopa sp.1</i>	61	39	0	0	<i>Noodtiella sp.1</i>	31	0	57	12	<i>Ectinosoma sp.1</i>	95	0	0	5
<i>Leptopsyllus sp.1</i>	0	0	34	66	<i>Cyclopina sp.1</i>	63	0	0	37	<i>Ameira parvula</i>	100	0	0	0
<i>Hastigerella sp.1</i>	100	0	0	0	<i>Hastigerella sp.1</i>	100	0	0	0	<i>Amphiascus anguistipes</i>	89	0	0	11
<i>Parastenhelia sp.1</i>	0	0	100	0	<i>Psammotopa sp.1</i>	0	0	54	46	<i>Parastenhelia sp.1</i>	87	0	0	13
<i>Sthenelia sp.</i>	0	0	100	0	<i>Microsetella norvegica</i>	100	0	0	0	<i>Arenopontia subterranea</i>	74	13	0	13
<i>Leptocaris sp.</i>	100	0	0	0	<i>Ectinosomatidae sp.</i>	0	0	100	0	<i>Sentiroopsis minuta</i>	100	0	0	0
<i>Sentiroopsis minuta</i>	100	0	0	0	<i>Bulbamphiascus imus</i>	0	0	0	100	<i>Noodtiella sp.1</i>	100	0	0	0
					<i>Leptastacus uncinatus</i>	0	0	0	100	<i>Minervella baccettii</i>	100	0	0	0
					<i>Cletocamptus sp.</i>	0	100	0	0	<i>Pseudobradya sp.1</i>	36	0	0	64
					<i>Ameira parvula</i>	100	0	0	0	<i>Canuella sp.</i>	100	0	0	0
					<i>Ameira pusilla</i>	100	0	0	0	<i>Halectinosoma sp.1</i>	100	0	0	0
					<i>Arenopontia acantha</i>	100	0	0	0	<i>Leptastacus uncinatus</i>	100	0	0	0
					<i>Dactylopodamphiascopsis sp.1</i>	100	0	0	0	<i>Leptopsyllus sp.1</i>	100	0	0	0
					<i>Diosaccidae sp.</i>	100	0	0	0	<i>Ectinosomatidae sp.</i>	52	0	48	0
					<i>Hastigerella leptoderma</i>	100	0	0	0	<i>Apodopsyllus melitae</i>	100	0	0	0
					<i>Parastenhelia sp.1</i>	100	0	0	0	<i>Arenopontia acantha</i>	100	0	0	0
					<i>Rhizothricidae sp.</i>	100	0	0	0	<i>Arenotopa sp.</i>	100	0	0	0
										<i>Bulbamphiascus imus</i>	100	0	0	0
										<i>Canthocamptidae sp.</i>	100	0	0	0
										<i>Cyclopina sp.1</i>	100	0	0	0
										<i>Laophontidae sp.3</i>	100	0	0	0
										<i>Metidae sp.1</i>	100	0	0	0
										<i>Orthopsyllus sp.2</i>	100	0	0	0
										<i>Robertgurneya sp.1</i>	100	0	0	0
										<i>Robertgurneya sp.2</i>	100	0	0	0
										<i>Laophontidae sp.4</i>	0	0	0	100

Πίνακας 3.4.9. Ποσοστό (%) συμμετοχής των ειδών στα διαφορετικά στρώματα του ιζήματος στους σταθμούς μελέτης στη μεσοπαραλιακή ζώνη στην Παχιά Άμμο. Με γραμμοσκίαση σημειώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό.

Σταθμός 1	Βάθος μέσα στο ιζήμα (cm)				Σταθμός 2	Βάθος μέσα στο ιζήμα (cm)				Σταθμός 3	Βάθος μέσα στο ιζήμα (cm)			
	0-5	5-10	10-15	15-20		0-5	5-10	10-15	15-20		0-5	5-10	10-15	15-20
<i>Arenopontia acantha</i>	7	18	34	41	<i>Arenopontia acantha</i>	4	17	41	39	<i>Arenopontia acantha</i>	4	25	39	32
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	12	22	33	34	<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	6	24	41	28	<i>Psammotopa sp.1</i>	12	45	22	21
<i>Arenopontia subterranea</i>	4	20	25	51	<i>Psammotopa sp.1</i>	14	21	38	27	<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	6	26	37	31
<i>Psammotopa sp.1</i>	3	18	26	54	<i>Noodtiella sp.1</i>	20	29	35	16	<i>Noodtiella sp.1</i>	6	58	26	10
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	19	40	18	23	<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	6	29	38	27	<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	12	46	27	16
<i>Noodtiella sp.1</i>	11	36	33	20	<i>Arenopontia subterranea</i>	3	13	47	36	<i>Arenopontia subterranea</i>	7	24	26	42
<i>Paramphiascella bodini</i>	0	0	62	38	<i>Schizopera sp.1</i>	0	0	0	100	<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	2	25	41	33
<i>Ameira parvuloides</i>	11	0	55	33	<i>Sigmatidium sp.1</i>	15	34	0	51	<i>Arenopontia nesaie</i>	19	6	47	28
<i>Mesochra pygmea</i>	0	0	100	0	<i>Hastigerella leptoderma</i>	0	40	0	60	<i>Cerconeotes sp.</i>	0	0	0	100
<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	0	0	0	100	<i>Hastigerella sp.1</i>	19	81	0	0	<i>Hastigerella sp.1</i>	0	53	47	0
<i>Amphiascus anguistipes</i>	12	0	88	0	<i>Nanomesochra arupinensis</i>	0	100	0	0	<i>Ectinosoma sp.1</i>	0	0	100	0
<i>Nanomesochra arupinensis</i>	0	0	45	55	<i>Lourinia sp.1</i>	0	0	100	0	<i>Cyclopina ensifera</i>	42	58	0	0
<i>Cladorostrata sp.1</i>	0	0	100	0	<i>Dactylopodamphiascopsis sp.1</i>	100	0	0	0	<i>Canuella sp.</i>	0	0	0	100
<i>Dactylopodamphiascopsis sp.1</i>	35	0	65	0	<i>Ameiridae sp.</i>	0	100	0	0	<i>Microsetella norvegica</i>	100	0	0	0
<i>Ameira pusilla</i>	0	0	0	100	<i>Diosaccus sp.</i>	0	100	0	0	<i>Kliopsyllus holsaticus</i>	0	0	0	100
<i>Bulbamphiascus imus</i>	0	0	0	100	<i>Lourinia sp.2</i>	0	100	0	0	<i>Harpacticus flexus</i>	100	0	0	0
<i>Ectinosoma normani</i>	0	0	0	100	<i>Metidae sp.2</i>	0	100	0	0	<i>Ameira parvuloides</i>	100	0	0	0
<i>Paramphiascella sp.1</i>	0	0	0	100	<i>Minervella baccettii</i>	0	100	0	0	<i>Amphiascus anguistipes</i>	100	0	0	0
<i>Amphiascoides brevifurca</i>	0	0	100	0	<i>Nitocrella sp.</i>	0	100	0	0	<i>Minervella baccettii</i>	100	0	0	0
<i>Cletodidae sp.</i>	0	0	100	0	<i>Paramphiascella fulvofasciata</i>	0	100	0	0					
<i>Ectinosoma sp.3</i>	0	0	100	0	<i>Thalestridae sp.1</i>	0	100	0	0					
<i>Laophontidae sp.1</i>	0	0	100	0	<i>Robertsonia sp.</i>	0	100	0	0					
<i>Metidae sp.2</i>	0	0	100	0	<i>Ectinosoma sp.1</i>	100	0	0	0					
<i>Orthopsyllus sp.1</i>	0	0	100	0	<i>Amphiascus anguistipes</i>	100	0	0	0					
<i>Sigmatidium sp.1</i>	0	0	100	0	<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	100	0	0	0					
<i>Thalestridae sp.3</i>	0	0	100	0										
<i>Pseudobradya sp.1</i>	0	100	0	0										
<i>Thalestridae sp.2</i>	100	0	0	0										
<i>Amphiascoides sp.</i>	100	0	0	0										
<i>Ectinosoma sp.2</i>	100	0	0	0										
<i>Harpacticus flexus</i>	100	0	0	0										
<i>Hastigerella leptoderma</i>	100	0	0	0										

Μεγαλύτερη ετερογένεια στην κατακόρυφη κατανομή του, και ιδιαίτερα στο σταθμό 2, εμφάνισε το είδος *Apodopsyllus arcuatus*, με μεγαλύτερη προτίμηση στα ενδιάμεσα κλάσματα (10-20 cm) και μικρές αφθονίες στο επιφανειακό στρώμα ιζήματος (Πίνακας 3.4.11). Τους περισσότερους μήνες του χρόνου κατανέμονταν ανομοιόμορφα στο σταθμό 2 και το είδος *Arenopontia nesaie*, αυτή τη φορά όμως μεγαλύτερες αφθονίες εμφανίζονταν στα πρώτα εκατοστά του ιζήματος (Πίνακας 3.4.11).

Πίνακας 3.4.10. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA για τα είδη *Kliopsyllus constrictus pacificus* και *Arenopontia subterranea* και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey στο Ελαφονήσι για τους μήνες που παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας τους.

<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>						
Σταθμός 1	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey			
Φλεβάρης	λόγος F	τιμή p	(κατάταξη στρωμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή)			
	5,381	0,039*	15-20	5-10	0-5	10-15
Σταθμός 2						
Γενάρης ¹	7,215	0,018*	25-30	15-20	10-15	0-5 5-10
Σεπτέμβρης	40,200	<<0,001**	0-5	5-10	10-15	15-20
Μάης 02	5,297	0,04*	0-5	15-20	5-10	10-15
<i>Arenopontia subterranea</i>						
Σταθμός 1	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey			
Οκτώβρης	λόγος F	τιμή p	(κατάταξη στρωμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή)			
	4,955	0,046	10-15	15-20	5-10	0-5
Γενάρης	33,224	<<0,001**	10-15	5-10	15-20	0-5
Μάρτης	7,713	0,018*	15-20	10-15	5-10	0-5
Μάης 02	23,189	0,001**	10-15	15-20	5-10	0-5

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$,

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Στην Παχιά Άμμο, παρουσίασε επίσης ετερογενή κατανομή στους πυρήνες ιζήματος το είδος *Arenopontia acantha*, και πάλι περισσότερους μήνες στο σταθμό 2, σε αντίθεση όμως με τα δύο άλλα είδη του ίδιου γένους, αυτό ήταν περισσότερο άφθονο στα ενδιάμεσα και βαθύτερα στρώματα του ιζήματος (Πίνακας 3.4.12). Τους λίγους μήνες που κατανέμονταν ανομοιόμορφα τα είδη *Kliopsyllus constrictus pacificus* και *Psammotopa sp.1* εμφανίζονταν περισσότερο άφθονα στα υποεπιφανειακά στρώματα του ιζήματος (Πίνακες 3.4.12, 3.4.13) ενώ όσον αφορά στο *Arenopontia subterranea* που παρουσιάζει ανομοιόμορφη κατανομή μόνο κάποιους μήνες δε φαίνεται να υπάρχει κάποιο αναγνωρίσιμο πρότυπο στην ετερογενή αυτή κατανομή (Πίνακας 3.4.13).

Πίνακας 3.4.11. Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA για τα *Apodopsyllus arcuatus* και *Arenopontia nesaie* και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey στο Ελαφονήσι για τους μήνες που παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας των ειδών.

<i>Apodopsyllus arcuatus</i>							
Σταθμός 1	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη στρωμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή)				
	λόγος F	τιμή p	0-5	15-20	10-15	5-10	
Ιούνης 01	5,002	0,045*	0-5	15-20	10-15	5-10	
Σεπτέμβρης	5,365	0,039*	0-5	15-20	10-15	5-10	
Οκτώβρης ¹	5,842	0,033*	0-5	5-10	10-15	15-20	
Γενάρης ¹	10,376	0,009**	0-5	5-10	15-20	10-15	
Σταθμός 2							
Μάης 01 ¹	13,368	0,005**	0-5	5-10	10-15	15-20	
Αύγουστος	24,850	0,001**	0-5	5-10	10-15	15-20	
Οκτώβρης ¹	13,279	<<0,001**	0-5	25-30	20-25	5-10	10-15 15-20
Δεκέμβρης	7,969	0,016*	0-5	5-10	15-20	10-15	
Γενάρης ¹	5,443	0,011*	0-5	5-10	25-30	20-25	15-20 10-15
Φλεβάρης ¹	52,391	<<0,001**	0-5	5-10	10-15	15-20	
Μάρτης	17,227	0,002**	0-5	10-15	5-10	15-20	
Απρίλης	7,456	0,004**	0-5	5-10	10-15	25-30	15-20 20-25
Μάης 02	16,114	0,003**	0-5	5-10	10-15	15-20	
Σταθμός 3							
Αύγουστος ¹	37,499	<<0,001**	0-5	5-10	10-15	15-20	
Γενάρης ¹	32,421	<<0,001**	0-5	5-10	10-15	15-20	
Απρίλης ¹	36,893	<<0,001**	15-20	10-15	0-5	5-10	
Μάης 02 ¹	35,367	<<0,001**	10-15	15-20	5-10	0-5	
Ιούνης 02	209,000	<<0,001**	10-15	5-10	15-20	0-5	
<i>Arenopontia nesaie</i>							
Σταθμός 2	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη στρωμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή)				
	λόγος F	τιμή p	25-30	20-25	10-15	15-20	5-10 0-5
Ιούνης 01	12,659	<<0,001**	25-30	20-25	10-15	15-20	5-10 0-5
Αύγουστος	25,808	0,001**	15-20	5-10	10-15	0-5	
Σεπτέμβρης ¹	10,607	0,008**	15-20	10-15	5-10	0-5	
Δεκέμβρης	10,838	0,008**	15-20	0-5	5-10	10-15	
Φλεβάρης	32,889	<<0,001**	15-20	10-15	5-10	0-5	
Μάης 02	22,415	0,001**	10-15	15-20	0-5	5-10	
Ιούνης 02 ¹	35,139	<<0,001**	15-20	10-15	5-10	0-5	

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$,

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Πίνακας 3.4.12 Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA για τα είδη *Arenopontia acantha* και *Kliopsyllus constrictus pacificus*, και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey στην Παχιά Άμμο για τους μήνες που παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας των ειδών.

<i>Arenopontia acantha</i>								
Σταθμός 1	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη στρωμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή)					
	λόγος F	τιμή p	15-20	10-15	5-10	0-5		
Μάης 01	27,204	0,001**	15-20	10-15	5-10	0-5		
Αύγουστος ¹	45,228	<<0,001**	5-10	0-5	10-15	15-20		
Οκτώβρης ¹	7,068	0,021*	0-5	5-10	10-15	15-20		
Νοέμβρης	6,583	0,025*	15-20	0-5	5-10	10-15		
Απρίλης	9,063	0,012*	0-5	5-10	10-15	15-20		
Σταθμός 2								
Ιούνιος 01	4,196	0,026*	25-30	0-5	5-10	10-15	20-25	15-20
Οκτώβρης	24,851	<<0,001**	0-5	5-10	20-25	10-15	15-20	25-30
Νοέμβρης ¹	35,911	<<0,001**	0-5	5-10	10-15	15-20		
Δεκέμβρης	13,373	0,005**	0-5	5-10	10-15	15-20		
Φλεβάρης ¹	7,951	0,016*	0-5	15-20	5-10	10-15		
Μάρτης	11,968	0,006**	0-5	15-20	10-15	5-10		
Απρίλης ¹	16,042	<<0,001**	0-5	5-10	10-15	15-20	25-30	20-25
Ιούνιος 02	29,860	0,001**	0-5	5-10	10-15	15-20		
Σταθμός 3								
Αύγουστος	8,726	0,013*	0-5	5-10	15-20	10-15		
Σεπτέμβρης	17,657	0,002**	0-5	5-10	10-15	15-20		
Δεκέμβρης	67,799	<<0,001**	0-5	5-10	15-20	10-15		
Ιούνιος 02 ¹	181,568	<<0,001**	0-5	5-10	15-20	10-15		
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>								
Σταθμός 1	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη στρωμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή)					
	λόγος F	τιμή p	0-5	10-15	5-10	15-20		
Μάης 01	36,894	<<0,001**	0-5	10-15	5-10	15-20		
Δεκέμβρης ²	63,514	<<0,001**	0-5	15-20	5-10	10-15		
Γενάρης ¹	44,903	<<0,001**	15-20	10-15	0-5	5-10		
Απρίλης ¹	9,999	0,009**	15-20	10-15	5-10	0-5		
Μάης 02	9,305	0,011*	0-5	5-10	10-15	15-20		
Σταθμός 2								
Μάης 01	36,894	<<0,001**	0-5	10-15	5-10	15-20		
Μάης 02	9,305	0,011*	0-5	5-10	10-15	15-20		
Σταθμός 3								
Αύγουστος	6,505	0,026*	0-5	5-10	15-20	10-15		
Σεπτέμβρης	8,200	0,015*	0-5	15-20	5-10	10-15		

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$ 2, μετασχηματισμός δεδομένων $\sqrt{x+0,5}$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Πίνακας 3.4.13 Συνοπτικά αποτελέσματα μπλοκ ANOVA για τα είδη *Psammotropa nov. spec.* και *Arenopontia subterranea* και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey στην Παχιά Άμμο για τους μήνες που παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην κατακόρυφη κατανομή της αφθονίας των ειδών.

<i>Psammotropa sp.1</i>								
μπλοκ ANOVA			Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey					
Σταθμός 2	λόγος F	τιμή p	(κατάταξη στρωμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή)					
Οκτώβρης	4,198	0,026*	25-30	20-25	15-20	5-10	10-15	0-5
Γενάρης	3,361	0,048*	5-10	0-5	25-30	10-15	15-20	20-25
Απρίλης	9,481	0,001**	0-5	20-25	25-30	5-10	15-20	10-15
Ιούνιος 02	5,628	0,03*	15-20	10-15	0-5	5-10		
Σταθμός 3								
Γενάρης ¹	11,831	0,006**	0-5	5-10	10-15	15-20		
Φλεβάρης ¹	40,767	<<0,001**	15-20	10-15	0-5	5-10		
Μάρτης	7,606	0,018*	0-5	5-10	10-15	15-20		
Μάης 02	6,192	0,028*	0-5	15-20	10-15	5-10		
<i>Arenopontia subterranea</i>								
μπλοκ ANOVA			Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey					
Σταθμός 1	λόγος F	τιμή p	(κατάταξη στρωμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή)					
Μάης 01	17,134	0,002**	15-20	10-15	0-5	5-10		
Σεπτέμβρης	5,560	0,036*	15-20	0-5	5-10	10-15		
Γενάρης	14,145	0,003**	0-5	10-15	5-10	15-20		
Μάης 02	7,293	0,012*	15-20	10-15	0-5	5-10		
Ιούνιος 02	11,727	0,006**	5-10	0-5	10-15	15-20		

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

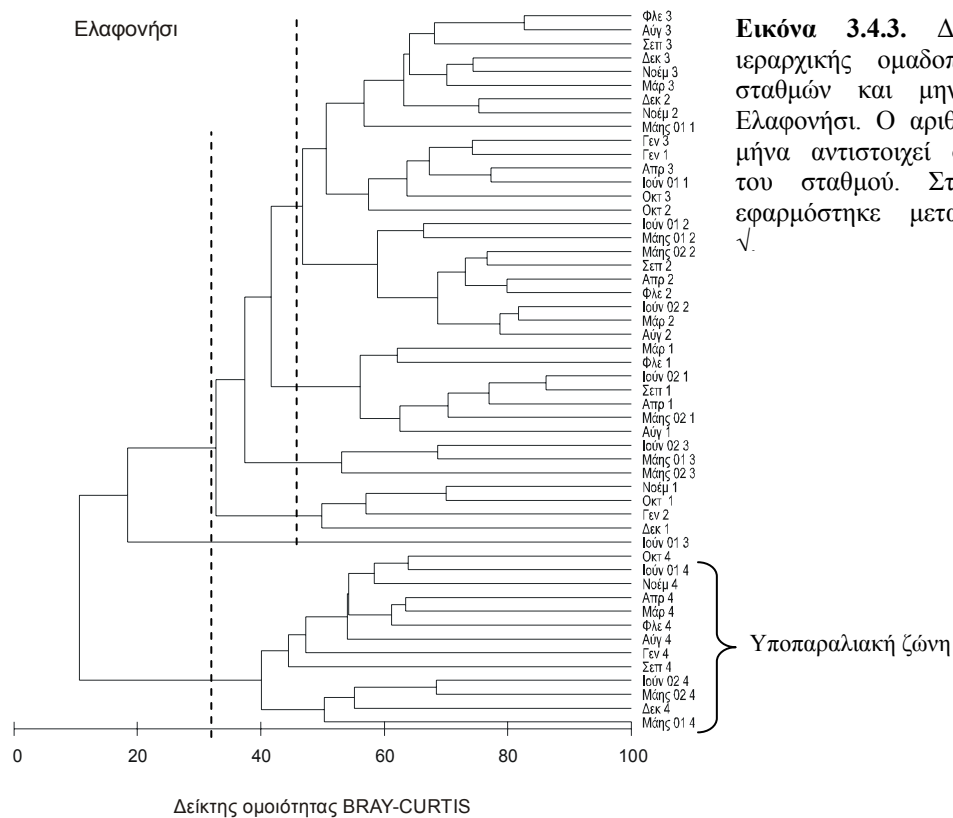
** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

3.4.3 Πολυμεταβλητή ανάλυση και πανιδικές ζωνώσεις

Ένα κύριο χαρακτηριστικό των παραλιών και αντικείμενο μελέτης πολλών οικολόγων είναι οι πανιδικές ζωνώσεις, οι οποίες όμως σε δυναμικά περιβάλλοντα όπως οι αμμώδεις παραλίες δεν είναι ιδιαίτερα εμφανείς. Βασικός λόγος είναι το κρύψιμο των οργανισμών μέσα στην άμμο προκειμένου να αποφύγουν περιβαλλοντικές πιέσεις, με αποτέλεσμα οι ζωνώσεις όχι μόνο να είναι λιγότερο καλά καθορισμένες αλλά και να ποικίλουν πολύ. Οι πολυμεταβλητές αναλύσεις που παρουσιάζονται στη συνέχεια εφαρμόστηκαν στα δεδομένα αφθονίας του συνόλου των ειδών κωπηπόδων για κάθε παραλία χωριστά με σκοπό να διερευνηθούν πιθανά εποχικά και χωρικά πρότυπα που ενδεχομένως χαρακτηρίζουν τις συναθροίσεις των κωπηπόδων αλλά και τις παραλίες.

Στο δενδρόγραμμα πανιδικής ομοιότητας των σταθμών μελέτης και των διαφορετικών δειγματοληπτικών περιόδων στο Ελαφονήσι (Εικόνα 3.4.3) είναι δυνατό να διακρίνουμε σε ένα σχετικά χαμηλό επίπεδο ομοιότητας (<35%) δύο

κύριες ομάδες οι οποίες αντιστοιχούν στις δύο κύριες ζώνες της παραλίας. Εντός της ομάδας όμως που αντιστοιχεί στη μεσοπαραλιακή ζώνη και σε ένα υψηλότερο επίπεδο ομοιότητας (>40%) φαίνεται να δημιουργούνται περισσότερες υποομάδες εκ των οποίων η μεγαλύτερη περιλαμβάνει το σταθμό 2 και τις περισσότερες δειγματοληπτικές περιόδους του σταθμού 3.



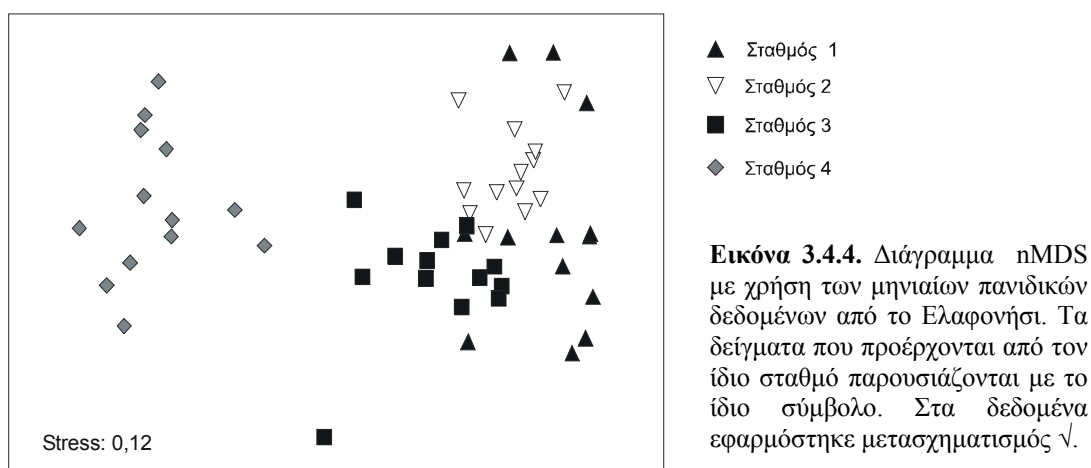
Εικόνα 3.4.3. Δενδρόγραμμα ιεραρχικής ομαδοποίησης των σταθμών και μηνών για το Ελαφονήσι. Ο αριθμός μετά το μήνα αντιστοιχεί στον αριθμό του σταθμού. Στα δεδομένα εφαρμόστηκε μετασχηματισμός $\sqrt{\cdot}$.

Στο αντίστοιχο διάγραμμα nMDS της Εικόνας 3.4.4 είναι επίσης εμφανής η διάκριση των δύο ζωνών ενώ μπορούμε να διακρίνουμε μία μικρή διαβάθμιση των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης με το σταθμό 3 να τοποθετείται ενδιάμεσα μεταξύ των σταθμών 1, 2 και του σταθμού 4. Οι συγκεκριμένες ομαδοποιήσεις επιβεβαιώνονται και από τα αποτελέσματα της δοκιμασίας ANOSIM (Πίνακας 3.4.14), η οποία έδειξε ότι τόσο οι δύο ζώνες όσο και οι διαφορετικοί σταθμοί διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p < 0,001$).

Στη διάκριση των δύο ζωνών καταλήγουμε και για την παραλία της Παχιάς Άμμου με βάση το αντίστοιχο δενδρόγραμμα πανιδικής ομοιότητας και το διάγραμμα nMDS (Εικόνες 3.4.5 – 3.4.6). Τη φορά όμως αυτή, δε μπορούμε να παρατηρήσουμε στις απεικονίσεις των αναλύσεων κάποια διαβάθμιση των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης ενώ οι δύο πρώτοι σταθμοί δε διαχωρίζονται μεταξύ τους

όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα της δοκιμασίας ANOSIM (Πίνακας 3.4.14, $p=0,109$).

Σημαντικό θα ήταν να σημειώσουμε πως η ιεραρχική ομαδοποίηση όπως και η μέθοδος διάταξης nMDS δεν κατάφεραν να αποκαλύψουν εποχικά πρότυπα στις συναθροίσεις των βενθικών κωπηπόδων και στις δύο παραλίες.



Εικόνα 3.4.4. Διάγραμμα nMDS με χρήση των μηνιαίων πανιδικών δεδομένων από το Ελαφονήσι. Τα δείγματα που προέρχονται από τον ίδιο σταθμό παρουσιάζονται με το ίδιο σύμβολο. Στα δεδομένα εφαρμόστηκε μετασχηματισμός $\sqrt{\cdot}$.

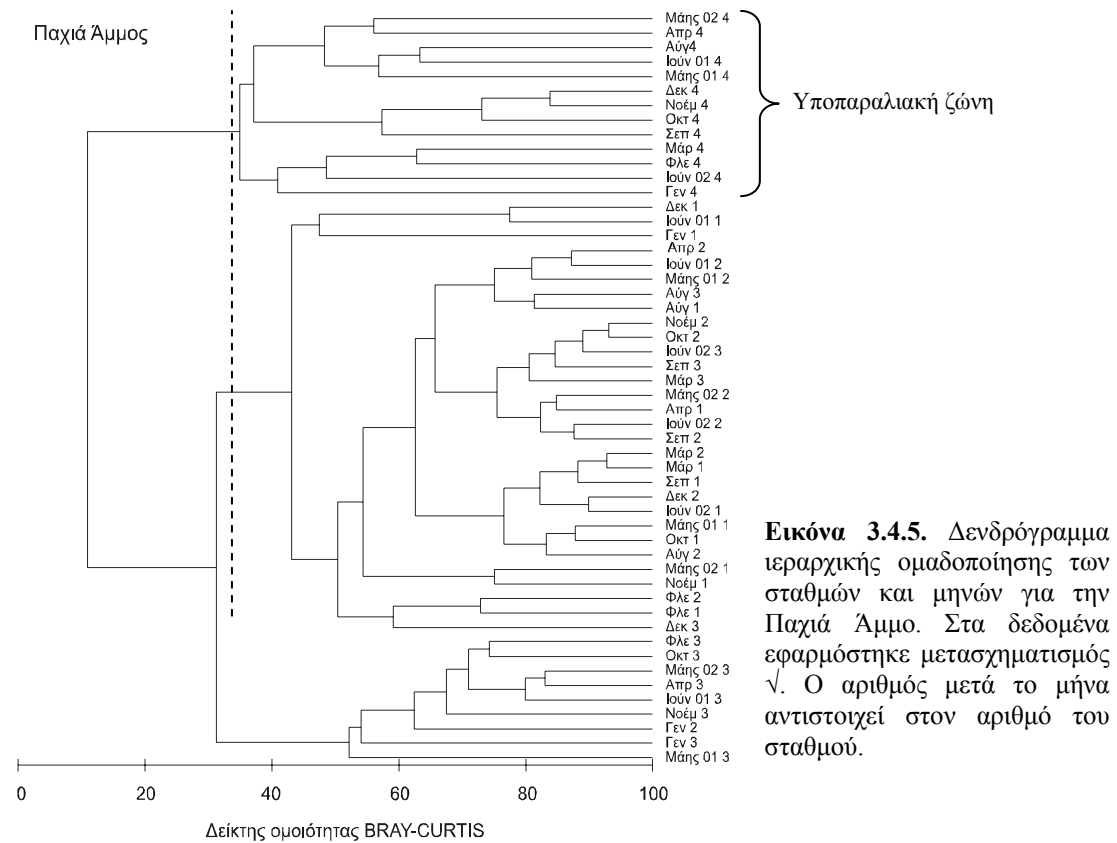
Πίνακας 3.4.14. Συνοπτικά αποτελέσματα της δοκιμασίας ANOSIM μεταξύ των ομάδων που σχηματίζονται με βάση τα διαγράμματα nMDS για κάθε παραλία. Στα δεδομένα πραγματοποιήθηκε μετασχηματισμός τετραγωνικής ρίζας.

Ελαφονήσι			Παχιά Άμμος		
Συγκρίσεις	R	τιμή p	Συγκρίσεις	R	τιμή p
Σταθμός 1 vs Σταθμός 2	0,351	<0,001**	Σταθμός 1 vs Σταθμός 2	0,056	0,109
Σταθμός 1 vs Σταθμός 3	0,364	<0,001**	Σταθμός 1 vs Σταθμός 3	0,477	<0,001**
Σταθμός 1 vs Σταθμός 4	0,996	<0,001**	Σταθμός 1 vs Σταθμός 4	0,993	<0,001**
Σταθμός 2 vs Σταθμός 3	0,507	<0,001**	Σταθμός 2 vs Σταθμός 3	0,244	<0,006**
Σταθμός 2 vs Σταθμός 4	0,999	<0,001**	Σταθμός 2 vs Σταθμός 4	0,991	<0,001**
Σταθμός 3 vs Σταθμός 4	0,952	<0,001**	Σταθμός 3 vs Σταθμός 4	0,939	<0,001**
Μεσοπαρ/κή vs Υποπαρ/κή	0,942	<0,001**	Μεσοπαρ/κή vs Υποπαρ/κή	0,934	<0,001**

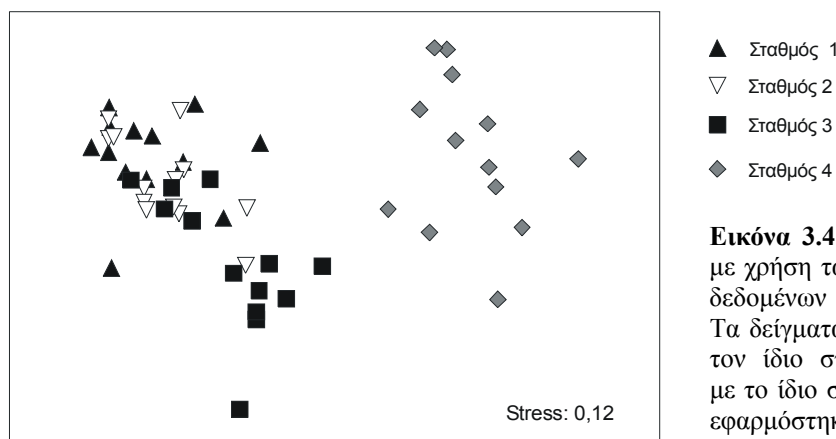
** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Στο Ελαφονήσι, τα παρατηρούμενα πρότυπα διαφοροποίησης των δύο ζωνών οφείλονται στη σημαντική αλλαγή στη σύνθεση της βιοκοινωνίας των κωπηπόδων καθώς η ανάλυση SIMPER έδειξε ότι καθοριστικό ρόλο για τη διάκριση των ζωνών διαδραματίζουν κυρίως είδη τα οποία συναντώνται αποκλειστικά σε μία από τις δύο ζώνες και μόνο ένα είδος, το *Arenopontia nesaie*, έχει σημαντική συμμετοχή (8,48%) στη διάκριση των ζωνών λόγω της μείωσης της αφθονίας του στην υποπαραλιακή ζώνη (Πίνακας 3.4.15). Εντός της μεσοπαραλιακής ζώνης, το μεγαλύτερο ποσοστό ανομοιότητας μεταξύ των σταθμών εξηγείται από τη μεταβολή της αφθονίας

κυρίαρχων ειδών όπως είναι το *Apodopsyllus arcuatus* και το *Arenopontia nesaie*, ενώ ο διαχωρισμός των δύο πρώτων σταθμών από το σταθμό 3 οφείλεται επιπλέον σε σημαντικό βαθμό στα είδη *Arenopontia subterranea* και *Kliopsyllus constrictus pacificus* τα οποία δε βρέθηκαν στο σταθμό 3 (Πίνακας 3.4.16).



Εικόνα 3.4.5. Δενδρόγραμμα ιεραρχικής ομαδοποίησης των σταθμών και μηνών για την Παχιά Άμμο. Στα δεδομένα εφαρμόστηκε μετασχηματισμός $\sqrt{\cdot}$. Ο αριθμός μετά το μήνα αντιστοιχεί στον αριθμό του σταθμού.



Εικόνα 3.4.6. Διάγραμμα nMDS με χρήση των μηνιαίων πανιδικών δεδομένων από την Παχιά Άμμο. Τα δείγματα που προέρχονται από τον ίδιο σταθμό παρουσιάζονται με το ίδιο σύμβολο. Στα δεδομένα εφαρμόστηκε μετασχηματισμός $\sqrt{\cdot}$.

Πίνακας 3.4.15. Συνοπτικά αποτελέσματα της ανάλυσης SIMPER για τη διερεύνηση των ειδών που συμβάλλουν στη διαφοροποίηση των δύο ζωνών στην παραλία του Ελαφονησίου.

Χαρακτηριστικά είδη	Μέση αφθονία (άτομα/cm ²)		Δείκτης ανομοιότητας Bray-Curtis	% συμμετοχής στο δείκτη ανομοιότητας	Αθροιστικό %
	Μεσοπαραλιακή	Υποπαραλιακή			
<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	53	0	23,39	24,36	24,36
<i>Ectinosoma sp.1</i>	0	20	9,58	9,98	34,34
<i>Parastenhelia sp.1</i>	0	17	9,53	9,93	44,27
<i>Arenopontia nesaie</i>	23	2	8,14	8,48	52,76
<i>Apodopsyllus melitae</i>	0	9	5,96	6,21	58,96
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	22	0	5,8	6,04	65
<i>Ameira pusilla</i>	0	12	5,73	5,97	70,97
<i>Arenopontia subterranea</i>	11	0	5,3	5,53	76,49
<i>Robertgurneya sp.1</i>	0	9	3,76	3,91	80,4
<i>Cyclopina sp.1</i>	0	4	2,89	3,01	83,41
<i>Scottopsyllus langi continentalis</i>	0	5	1,77	1,84	85,26
<i>Ameira parvula</i>	0	3	1,65	1,72	86,98
<i>Bulbamphiascus imus</i>	0	3	1,3	1,35	88,33
<i>Psyllocamptus minutus</i>	0	3	1,27	1,32	89,66
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	1	2	1,1	1,15	90,8

Πίνακας 3.4.16. Συνοπτικά αποτελέσματα της ανάλυσης SIMPER για τη διερεύνηση των ειδών που συμβάλλουν στη διαφοροποίηση των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης στο Ελαφονήσι.

Χαρακτηριστικά είδη	Μέση αφθονία (άτομα/cm ²)		Δείκτης ανομοιότητας Bray-Curtis	% συμμετοχής στο δείκτη ανομοιότητας	Αθροιστικό %
	Σταθμός 1	Σταθμός 2			
<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	36	102	30,36	39,9	39,9
<i>Arenopontia nesaie</i>	3	65	22,03	28,95	68,85
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	47	20	12,64	16,61	85,46
<i>Arenopontia subterranea</i>	29	5	9,69	12,73	98,19
	Σταθμός 1	Σταθμός 3			
<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	36	22	27,32	36,88	36,88
<i>Arenopontia subterranea</i>	29	0	20	27	63,88
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	47	0	16,15	21,79	85,67
<i>Arenopontia nesaie</i>	3	2	2,85	3,84	89,51
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	0	2	2,23	3	92,52
	Σταθμός 2	Σταθμός 3			
<i>Apodopsyllus arcuatus</i>	102	22	34,44	46,81	46,81
<i>Arenopontia nesaie</i>	65	2	26,59	36,14	82,95
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	20	0	4,81	6,53	89,48
<i>Arenopontia subterranea</i>	5	0	3,08	4,19	93,67

Στα ίδια συμπεράσματα καταλήγουμε και με την εφαρμογή της ανάλυσης SIMPER στα δεδομένα της παραλίας της Παχιάς Άμμου (Πίνακες 3.4.17 – 3.4.18), καθώς μόνο το είδος *Arenosetella germanica galapagoensis* συμβάλει σημαντικά στη διαφοροποίηση των δύο ζωνών λόγω της μεταβολής της αφθονίας του, ενώ τα είδη *Arenopontia acantha*, *Arenopontia subterranea*, *Kliopsyllus constrictus pacificus*, *Psammotopa sp.1*, *Arenosetella germanica galapagoensis* και *Noodtiella sp.1* είναι

εκείνα που φαίνεται να διαφοροποιούν τους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης λόγω της διαφορετικής πυκνότητας που παρουσιάζουν μεταξύ αυτών.

Πίνακας 3.4.17. Συνοπτικά αποτελέσματα της ανάλυσης SIMPER για τη διερεύνηση των ειδών που συμβάλλουν στη διαφοροποίηση των δύο ζωνών στην παραλία της Παχιάς Άμμου.

Χαρακτηριστικά είδη	Μέση αφθονία (άτομα/cm ²)		Δείκτης ανομοιότητας Bray-Curtis	% συμμετοχής στο δείκτη ανομοιότητας	Αθροιστικό %
	Μεσοπαραλιακή	Υποπαραλιακή			
<i>Arenopontia acantha</i>	401	0	22,39	25,15	25,15
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	233	0	17,04	19,14	44,28
<i>Psammotopa sp.1</i>	37	0	9,76	10,96	55,24
<i>Arenopontia subterranea</i>	38	0	6,55	7,35	62,6
<i>Arenopontia nesaie</i>	0	17	5,84	6,56	69,16
<i>Noodtiella sp.1</i>	16	0	5,65	6,34	75,5
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	23	6	4,39	4,93	80,42
<i>Pseudobradya sp.1</i>	0	3	2,27	2,54	82,97
<i>Minervella baccettii</i>	0	2	2,05	2,3	85,27
<i>Canuella sp.</i>	0	1	1,64	1,85	87,12
<i>Kliopsyllus holsaticus</i>	0	1	1,44	1,61	88,73
<i>Ameira parvuloides</i>	0	1	1,39	1,56	90,29

Πίνακας 3.4.18. Συνοπτικά αποτελέσματα της ανάλυσης SIMPER για τη διερεύνηση των ειδών που συμβάλλουν στη διαφοροποίηση των σταθμών μελέτης της μεσοπαραλιακής ζώνης στην Παχιά Άμμο.

Χαρακτηριστικά είδη	Μέση αφθονία (άτομα/cm ²)		Δείκτης ανομοιότητας Bray-Curtis	% συμμετοχής στο δείκτη ανομοιότητας	Αθροιστικό %
	Σταθμός 1	Σταθμός 2			
<i>Arenopontia acantha</i>	552	513	14,6	33,2	33,2
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	403	251	10,84	24,65	57,85
<i>Arenopontia subterranea</i>	77	28	5,2	11,83	69,68
<i>Psammotopa sp.1</i>	30	34	4,11	9,34	79,02
<i>Noodtiella sp.1</i>	2	28	3,63	8,25	87,27
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	35	26	2,43	5,53	92,8
	Σταθμός 1	Σταθμός 3			
<i>Arenopontia acantha</i>	552	139	18,87	29,94	29,94
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	403	45	17,19	27,28	57,22
<i>Arenopontia subterranea</i>	77	9	8,16	12,95	70,16
<i>Psammotopa sp.1</i>	30	47	5,89	9,35	79,51
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	35	7	4,31	6,83	86,34
<i>Noodtiella sp.1</i>	2	18	3,99	6,33	92,68
	Σταθμός 2	Σταθμός 3			
<i>Arenopontia acantha</i>	513	139	20,05	37,32	37,32
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>	251	45	12,32	22,94	60,26
<i>Arenopontia subterranea</i>	28	9	4,74	8,82	69,08
<i>Noodtiella sp.1</i>	28	18	4,47	8,31	77,4
<i>Psammotopa sp.1</i>	34	47	4,18	7,79	85,18
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>	26	7	4,08	7,59	92,78

3.5 Ποικιλότητα και βενθικά κοπήποδα

Μεταξύ των οικολόγων υπάρχει η κοινή πρακτική να ολοκληρώνεται η περιγραφή μιας βιοκοινωνίας με μερικούς ‘αριθμούς’ που εκφράζουν την ποικιλότητα ή την ομοιομορφία. Αν και οι δείκτες ποικιλότητας είναι ιδιαίτερα πολυπληθείς και ‘δημοφιλείς’, ωστόσο, με όλους παρατηρείται μία αναπόφευκτη απώλεια πληροφορίας σε σχέση με τα αρχικά δεδομένα από τα οποία υπολογίστηκαν, κυρίως της ταυτότητας και της ιστορίας των ειδών της βιοκοινωνίας, χαρακτηριστικά τα οποία είναι εμφανώς σημαντικά για την εκτίμηση της οποιασδήποτε μεταβολής στη σύνθεση μιας βιοκοινωνίας. Όταν όμως οι δείκτες ποικιλότητας χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με πληθυσμιακές ή πολυμεταβλητές αναλύσεις τότε είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι καθώς θεωρείται ότι υπάρχει σχέση μεταξύ της ποικιλότητας των ειδών και της περιβαλλοντικής ποιότητας.

3.5.1 Χρονικά και χωρικά πρότυπα

Ο προσδιορισμός των ειδών των συναθροίσεων των βενθικών κοπήπόδων έδωσε τη δυνατότητα υπολογισμού μίας σειράς δεικτών ποικιλότητας για κάθε παραλία, σταθμό και δειγματοληπτική περίοδο (Πίνακες 3.5.1, 3.5.2). Καθώς αμέσως φάνηκε να υπάρχει μία διαφοροποίηση των τιμών των συγκεκριμένων δεικτών (Εικόνες 3.5.1, 3.5.2) τέθηκε το ερώτημα κατά πόσο στις μεταβολές αυτές επιδρούν οι παράγοντες χώρος και χρόνος. Η ANOVA με δύο παράγοντες (σταθμοί & μήνες) που εφαρμόστηκε για κάθε παραλία και δείκτη με εξαίρεση το δείκτη V του Caswell, έδειξε πως κάθε δείκτης ποικιλότητας διαφέρει σημαντικά ($p < 0,01$) μεταξύ των μηνών και σταθμών, όμως λόγω της ισχυρής αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο παραγόντων ($p < 0,001$) η διερεύνηση των χωρικών και εποχικών προτύπων θα έπρεπε να γίνει ανεξάρτητα για κάθε μήνα και σταθμό αντίστοιχα, όπως και έγινε.

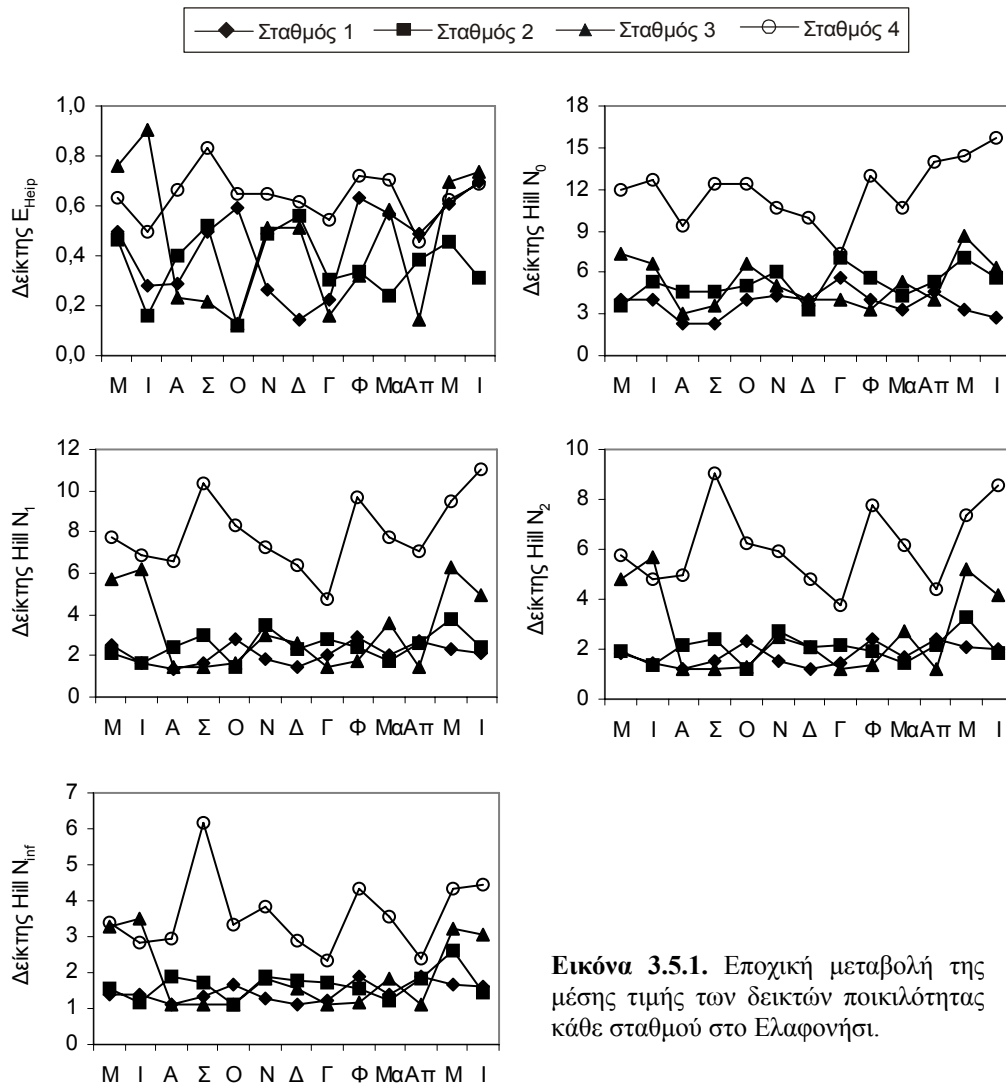
Η ανάλυση διασποράς έδειξε πως όλοι οι δείκτες με εξαίρεση το δείκτη ισομερούς κατανομής E_{Heip} για το σταθμό 4 στο Ελαφονήσι διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών δειγματοληπτικών περιόδων σε κάθε σταθμό μελέτης και στις δύο παραλίες ($p < 0,03$). Ωστόσο, οι εκ των υστέρων έλεγχοι με τη δοκιμασία Tukey έδωσαν ομαδοποιήσεις οι οποίες δεν εξηγούνται με βάση κάποιο εποχικό πρότυπο.

Πίνακας 3.5.1. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση των διαφορετικών δεικτών ποικιλότητας για κάθε σταθμό και δειγματοληπτική περίοδο στο Ελαφονήσι. Στατιστικά δείγματος, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

Σταθμός 1	Hill N ₀		Hill N ₁		Hill N ₂		Hill N _{inf}		E _{Heip}		V
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	
Μάης 01	4 ± 4	2,50 ± 2,12	1,87 ± 1,23	1,38 ± 0,54	0,499 ± 0,325	-2,383					
Ιούνιος 01	4 ± 1	1,65 ± 0,57	1,47 ± 0,60	1,37 ± 0,54	0,279 ± 0,325	-1,862					
Αύγουστος	2 ± 1	1,38 ± 0,24	1,21 ± 0,15	1,11 ± 0,08	0,287 ± 0,195	-1,163					
Σεπτέμβρης	2 ± 1	1,67 ± 0,45	1,55 ± 0,42	1,33 ± 0,26	0,499 ± 0,333	0,087					
Οκτώβρης	4 ± 0	2,79 ± 0,13	2,30 ± 0,07	1,66 ± 0,03	0,596 ± 0,042	1,375					
Νοέμβρης	4 ± 1	1,88 ± 0,20	1,56 ± 0,17	1,29 ± 0,09	0,265 ± 0,043	-0,338					
Δεκέμβρης	4 ± 1	1,41 ± 0,07	1,19 ± 0,05	1,09 ± 0,03	0,145 ± 0,044	-1,454					
Γενάρης	6 ± 1	2,00 ± 0,26	1,45 ± 0,17	1,21 ± 0,08	0,221 ± 0,087	-1,607					
Φλεβάρης	4 ± 0	2,89 ± 0,20	2,42 ± 0,33	1,89 ± 0,46	0,629 ± 0,067	0,538					
Μάρτης	3 ± 2	2,04 ± 0,17	1,68 ± 0,12	1,36 ± 0,09	0,564 ± 0,280	-1,593					
Απρίλης	5 ± 1	2,75 ± 0,18	2,41 ± 0,19	1,91 ± 0,12	0,488 ± 0,109	0,476					
Μάης 02	3 ± 1	2,36 ± 0,17	2,05 ± 0,31	1,66 ± 0,32	0,612 ± 0,192	0,715					
Ιούνιος 02	3 ± 1	2,16 ± 0,45	1,97 ± 0,45	1,63 ± 0,38	0,698 ± 0,127	1,225					
Σταθμός 2											
Μάης 01	4 ± 1	2,12 ± 0,72	1,91 ± 0,74	1,54 ± 0,45	0,466 ± 0,389	0,255					
Ιούνιος 01	5 ± 1	1,69 ± 0,04	1,32 ± 0,04	1,16 ± 0,02	0,160 ± 0,017	-1,841					
Αύγουστος	5 ± 1	2,43 ± 0,04	2,18 ± 0,07	1,87 ± 0,15	0,399 ± 0,080	0,032					
Σεπτέμβρης	5 ± 1	2,96 ± 0,76	2,37 ± 0,75	1,71 ± 0,44	0,520 ± 0,141	0,278					
Οκτώβρης	5 ± 1	1,48 ± 0,28	1,20 ± 0,12	1,10 ± 0,06	0,120 ± 0,063	-2,706					
Νοέμβρης	6 ± 1	3,49 ± 0,79	2,71 ± 0,60	1,91 ± 0,35	0,490 ± 0,065	-0,216					
Δεκέμβρης	3 ± 1	2,28 ± 0,12	2,08 ± 0,08	1,79 ± 0,18	0,561 ± 0,091	-0,247					
Γενάρης	7 ± 2	2,77 ± 0,68	2,15 ± 0,56	1,70 ± 0,39	0,300 ± 0,080	-1,122					
Φλεβάρης	6 ± 3	2,42 ± 0,47	1,94 ± 0,32	1,56 ± 0,31	0,339 ± 0,096	-0,967					
Μάρτης	4 ± 1	1,79 ± 0,15	1,48 ± 0,12	1,25 ± 0,07	0,239 ± 0,046	-1,390					
Απρίλης	5 ± 2	2,56 ± 0,16	2,18 ± 0,08	1,82 ± 0,24	0,383 ± 0,095	-1,155					
Μάης 02	7 ± 1	3,73 ± 0,35	3,27 ± 0,19	2,62 ± 0,07	0,457 ± 0,021	0,559					
Ιούνιος 02	6 ± 2	2,40 ± 0,30	1,85 ± 0,19	1,42 ± 0,10	0,310 ± 0,046	-0,470					
Σταθμός 3											
Μάης 01	7 ± 2	5,76 ± 1,29	4,84 ± 0,88	3,28 ± 0,63	0,764 ± 0,069	0,076					
Ιούνιος 01	7 ± 1	6,15 ± 1,40	5,66 ± 1,61	3,50 ± 1,00	0,903 ± 0,089	-0,795					
Αύγουστος	3 ± 1	1,45 ± 0,28	1,23 ± 0,18	1,11 ± 0,09	0,234 ± 0,124	-2,054					
Σεπτέμβρης	4 ± 4	1,45 ± 0,56	1,18 ± 0,21	1,09 ± 0,10	0,215 ± 0,088	-3,384					
Οκτώβρης	7 ± 2	1,68 ± 0,32	1,26 ± 0,15	1,12 ± 0,07	0,126 ± 0,065	-5,462					
Νοέμβρης	5 ± 2	3,04 ± 1,08	2,49 ± 0,96	1,83 ± 0,61	0,511 ± 0,185	-0,736					
Δεκέμβρης	4 ± 1	2,59 ± 1,06	2,10 ± 0,93	1,56 ± 0,50	0,511 ± 0,207	-0,971					
Γενάρης	4 ± 2	1,50 ± 0,33	1,22 ± 0,15	1,11 ± 0,07	0,161 ± 0,033	-2,907					
Φλεβάρης	3 ± 1	1,72 ± 0,32	1,39 ± 0,23	1,19 ± 0,11	0,319 ± 0,172	-1,392					
Μάρτης	5 ± 2	3,54 ± 0,97	2,73 ± 0,76	1,82 ± 0,36	0,585 ± 0,058	-0,167					
Απρίλης	4 ± 2	1,45 ± 0,36	1,19 ± 0,15	1,09 ± 0,07	0,142 ± 0,056	-2,703					
Μάης 02	9 ± 1	6,30 ± 0,39	5,22 ± 0,46	3,23 ± 0,34	0,699 ± 0,082	1,409					
Ιούνιος 02	6 ± 2	4,91 ± 0,93	4,16 ± 0,56	3,06 ± 0,35	0,740 ± 0,043	-0,651					
Σταθμός 4											
Μάης 01	12 ± 4	7,71 ± 1,57	5,73 ± 1,29	3,41 ± 0,89	0,633 ± 0,124	-0,065					
Ιούνιος 01	13 ± 3	6,91 ± 2,24	4,76 ± 1,38	2,84 ± 0,65	0,494 ± 0,068	-1,611					
Αύγουστος	9 ± 1	6,55 ± 0,60	4,97 ± 0,72	2,96 ± 0,75	0,666 ± 0,064	0,058					
Σεπτέμβρης	12 ± 3	10,38 ± 2,57	9,07 ± 2,36	6,18 ± 2,26	0,829 ± 0,049	1,819					
Οκτώβρης	12 ± 2	8,31 ± 1,19	6,24 ± 1,06	3,35 ± 0,46	0,645 ± 0,057	-0,216					
Νοέμβρης	11 ± 2	7,29 ± 1,37	5,90 ± 1,47	3,83 ± 1,45	0,648 ± 0,061	0,629					
Δεκέμβρης	10 ± 3	6,39 ± 1,28	4,78 ± 0,42	2,87 ± 0,20	0,613 ± 0,064	-0,323					
Γενάρης	7 ± 2	4,75 ± 3,07	3,76 ± 2,47	2,33 ± 1,23	0,547 ± 0,355	-3,561					
Φλεβάρης	13 ± 1	9,66 ± 0,84	7,74 ± 0,75	4,31 ± 0,34	0,723 ± 0,066	0,383					
Μάρτης	11 ± 2	7,79 ± 1,51	6,17 ± 1,44	3,58 ± 1,09	0,705 ± 0,095	1,259					
Απρίλης	14 ± 1	7,02 ± 1,66	4,42 ± 1,59	2,40 ± 0,72	0,460 ± 0,110	-1,078					
Μάης 02	14 ± 1	9,44 ± 2,24	7,39 ± 2,25	4,32 ± 1,28	0,626 ± 0,120	0,642					
Ιούνιος 02	16 ± 3	11,04 ± 1,53	8,53 ± 1,03	4,47 ± 0,27	0,686 ± 0,025	1,765					

Πίνακας 3.5.2. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση των διαφορετικών δεικτών ποικιλότητας για κάθε σταθμό και δειγματοληπτική περίοδο στην Παχιά Άμμο. Στατιστικά δείγματος, μέση τιμή (μ.τ.), τυπική απόκλιση (τ.α.). Μέγεθος δείγματος, n=3.

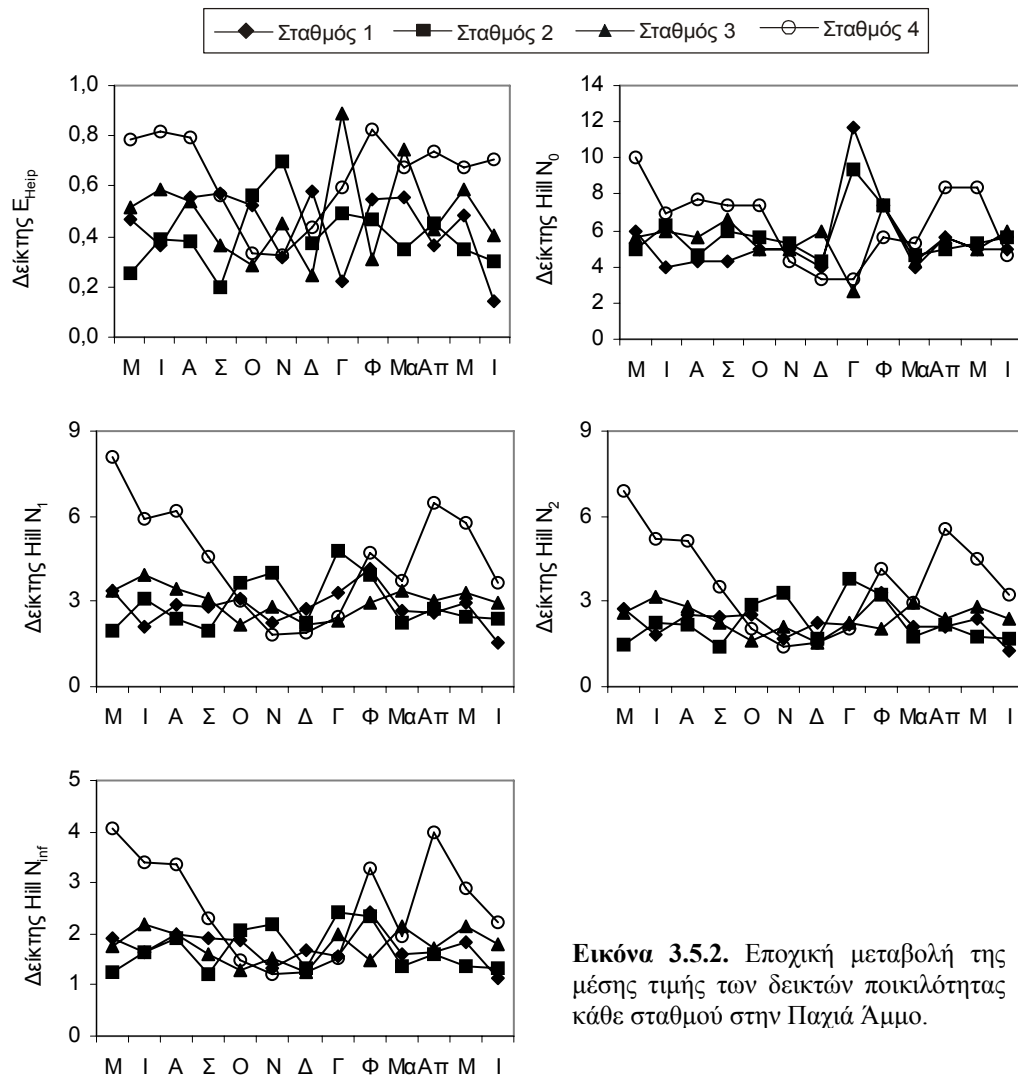
Σταθμός 1	Hill N ₀		Hill N ₁		Hill N ₂		Hill N _{inf}		E _{Heip}		V
	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	μ.τ.	τ.α.	
Μάης 01	6 ± 1	3,34 ± 0,49	2,72 ± 0,30	1,90 ± 0,15	0,468 ± 0,019	0,318					
Ιούνιος 01	4 ± 2	2,10 ± 0,77	1,86 ± 0,65	1,63 ± 0,50	0,368 ± 0,225	-0,749					
Αύγουστος	4 ± 1	2,85 ± 0,38	2,52 ± 0,38	2,00 ± 0,29	0,558 ± 0,100	1,031					
Σεπτέμβρης	4 ± 1	2,84 ± 0,27	2,44 ± 0,36	1,92 ± 0,36	0,570 ± 0,160	0,966					
Οκτώβρης	5 ± 0	3,08 ± 0,46	2,56 ± 0,55	1,88 ± 0,36	0,521 ± 0,115	1,264					
Νοέμβρης	5 ± 0	2,28 ± 0,19	1,69 ± 0,15	1,33 ± 0,07	0,320 ± 0,047	-0,178					
Δεκέμβρης	4 ± 0	2,74 ± 0,21	2,28 ± 0,12	1,66 ± 0,04	0,580 ± 0,070	1,305					
Γενάρης	12 ± 2	3,32 ± 0,51	2,18 ± 0,27	1,54 ± 0,12	0,219 ± 0,033	-4,713					
Φλεβάρης	7 ± 3	4,12 ± 0,97	3,29 ± 0,63	2,44 ± 0,50	0,545 ± 0,235	-0,392					
Μάρτης	4 ± 0	2,67 ± 0,34	2,14 ± 0,44	1,60 ± 0,31	0,556 ± 0,113	1,302					
Απρίλης	6 ± 1	2,63 ± 0,74	2,13 ± 0,69	1,63 ± 0,40	0,364 ± 0,197	-0,006					
Μάης 02	5 ± 0	2,94 ± 0,14	2,41 ± 0,19	1,85 ± 0,22	0,484 ± 0,036	1,030					
Ιούνιος 02	5 ± 0	1,57 ± 0,05	1,25 ± 0,02	1,12 ± 0,01	0,143 ± 0,013	-1,340					
Σταθμός 2											
Μάης 01	5 ± 2	2,00 ± 0,45	1,49 ± 0,24	1,23 ± 0,11	0,256 ± 0,108	-0,923					
Ιούνιος 01	6 ± 1	3,07 ± 0,15	2,26 ± 0,25	1,65 ± 0,23	0,392 ± 0,065	0,366					
Αύγουστος	5 ± 1	2,39 ± 0,17	2,16 ± 0,07	1,92 ± 0,11	0,382 ± 0,016	0,041					
Σεπτέμβρης	6 ± 0	2,00 ± 0,22	1,43 ± 0,10	1,20 ± 0,04	0,200 ± 0,044	-0,592					
Οκτώβρης	6 ± 1	3,63 ± 0,21	2,87 ± 0,34	2,06 ± 0,50	0,567 ± 0,032	1,351					
Νοέμβρης	5 ± 1	4,00 ± 0,13	3,33 ± 0,30	2,21 ± 0,21	0,702 ± 0,106	1,582					
Δεκέμβρης	4 ± 1	2,25 ± 0,34	1,68 ± 0,24	1,32 ± 0,11	0,376 ± 0,102	0,151					
Γενάρης	9 ± 3	4,81 ± 0,37	3,77 ± 0,12	2,44 ± 0,04	0,495 ± 0,164	-1,747					
Φλεβάρης	7 ± 1	3,92 ± 0,56	3,24 ± 0,41	2,35 ± 0,13	0,466 ± 0,117	-0,097					
Μάρτης	5 ± 1	2,24 ± 0,45	1,73 ± 0,36	1,35 ± 0,18	0,350 ± 0,148	0,187					
Απρίλης	5 ± 1	2,76 ± 0,26	2,16 ± 0,33	1,61 ± 0,24	0,451 ± 0,086	0,398					
Μάης 02	5 ± 1	2,48 ± 0,32	1,77 ± 0,23	1,35 ± 0,10	0,348 ± 0,101	0,063					
Ιούνιος 02	6 ± 1	2,41 ± 0,33	1,69 ± 0,19	1,32 ± 0,08	0,301 ± 0,045	-0,095					
Σταθμός 3											
Μάης 01	6 ± 2	3,39 ± 1,06	2,58 ± 0,74	1,76 ± 0,33	0,517 ± 0,052	-0,215					
Ιούνιος 01	6 ± 0	3,94 ± 0,34	3,19 ± 0,43	2,21 ± 0,45	0,588 ± 0,069	1,346					
Αύγουστος	6 ± 1	3,45 ± 0,29	2,80 ± 0,31	2,00 ± 0,24	0,536 ± 0,136	1,126					
Σεπτέμβρης	7 ± 1	3,07 ± 0,44	2,24 ± 0,34	1,60 ± 0,17	0,365 ± 0,023	-0,030					
Οκτώβρης	5 ± 0	2,16 ± 0,27	1,61 ± 0,20	1,29 ± 0,09	0,289 ± 0,068	-0,589					
Νοέμβρης	5 ± 1	2,78 ± 0,54	2,12 ± 0,46	1,54 ± 0,23	0,452 ± 0,112	0,020					
Δεκέμβρης	6 ± 1	2,18 ± 0,13	1,55 ± 0,06	1,26 ± 0,03	0,242 ± 0,047	-0,920					
Γενάρης	3 ± 1	2,34 ± 0,62	2,22 ± 0,43	1,98 ± 0,35	0,885 ± 0,170	0,123					
Φλεβάρης	7 ± 1	2,96 ± 0,89	2,04 ± 0,59	1,47 ± 0,25	0,311 ± 0,148	-1,612					
Μάρτης	4 ± 1	3,39 ± 0,52	2,98 ± 0,79	2,16 ± 0,58	0,746 ± 0,258	1,532					
Απρίλης	6 ± 1	3,06 ± 0,94	2,42 ± 0,73	1,71 ± 0,35	0,429 ± 0,107	-0,005					
Μάης 02	5 ± 1	3,33 ± 0,47	2,84 ± 0,46	2,14 ± 0,42	0,590 ± 0,078	1,012					
Ιούνιος 02	6 ± 1	2,97 ± 0,10	2,42 ± 0,11	1,79 ± 0,06	0,408 ± 0,103	-0,116					
Σταθμός 4											
Μάης 01	10 ± 1	8,07 ± 0,76	6,90 ± 0,69	4,05 ± 0,33	0,788 ± 0,067	1,154					
Ιούνιος 01	7 ± 2	5,92 ± 1,64	5,18 ± 1,75	3,39 ± 1,40	0,821 ± 0,121	0,645					
Αύγουστος	8 ± 2	6,18 ± 0,46	5,15 ± 0,79	3,37 ± 0,97	0,797 ± 0,139	0,825					
Σεπτέμβρης	7 ± 2	4,54 ± 1,09	3,52 ± 0,81	2,29 ± 0,46	0,567 ± 0,081	0,098					
Οκτώβρης	7 ± 3	3,05 ± 0,55	2,07 ± 0,25	1,49 ± 0,10	0,337 ± 0,072	-2,242					
Νοέμβρης	4 ± 2	1,81 ± 0,22	1,41 ± 0,02	1,20 ± 0,01	0,329 ± 0,208	-2,107					
Δεκέμβρης	3 ± 2	1,90 ± 0,38	1,52 ± 0,14	1,26 ± 0,05	0,433 ± 0,123	-1,157					
Γενάρης	3 ± 2	2,45 ± 1,53	2,05 ± 1,26	1,53 ± 0,65	0,599 ± 0,230	1,348					
Φλεβάρης	6 ± 2	4,70 ± 0,61	4,14 ± 0,36	3,26 ± 0,88	0,828 ± 0,160	0,111					
Μάρτης	5 ± 4	3,72 ± 1,80	2,97 ± 1,36	1,97 ± 0,71	0,677 ± 0,198	-0,389					
Απρίλης	8 ± 2	6,45 ± 2,07	5,58 ± 1,84	3,98 ± 1,38	0,735 ± 0,048	0,788					
Μάης 02	8 ± 3	5,75 ± 0,88	4,48 ± 0,63	2,89 ± 0,64	0,675 ± 0,131	-0,748					
Ιούνιος 02	5 ± 1	3,62 ± 1,19	3,20 ± 0,98	2,24 ± 0,45	0,709 ± 0,240	-1,142					



Εικόνα 3.5.1. Εποχική μεταβολή της μέσης τιμής των δεικτών ποικιλότητας κάθε σταθμού στο Ελαφονήσι.

Για να εξετάσουμε αν η σύγκριση της ποικιλότητας μεταξύ των συναθροίσεων των διαφορετικών σταθμών ήταν εφικτή δημιουργήθηκαν οι καμπύλες k-dominance των σταθμών για κάθε παραλία (Εικόνα 3.5.3). Όπως ισχυρίζονται οι Lambshead et al. (1983), συναθροίσεις των οποίων οι καμπύλες k-dominance τέμνονται δε θα ήταν σωστό να συγκρίνονται με βάση την ποικιλότητα, αφού σε αυτή την περίπτωση η ερμηνεία των αποτελεσμάτων, δηλαδή ποια συνάθροιση έχει μεγαλύτερη ποικιλότητα, εξαρτάται από το δείκτη που χρησιμοποιείται. Ταυτόχρονα, η κατασκευή των συγκεκριμένων καμπυλών μας δίνει πολλές φορές τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε σχετικά με την ποικιλότητα των μελετούμενων συναθροίσεων. Από τα διαγράμματα k-dominance για τις δύο παραλίες φαίνεται λοιπόν πως μόνο οι δύο ζώνες μπορούν να συγκριθούν σε κάθε παραλία, καθώς οι καμπύλες των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης τέμνονται. Στην περίπτωση της Παχιάς Άμμου

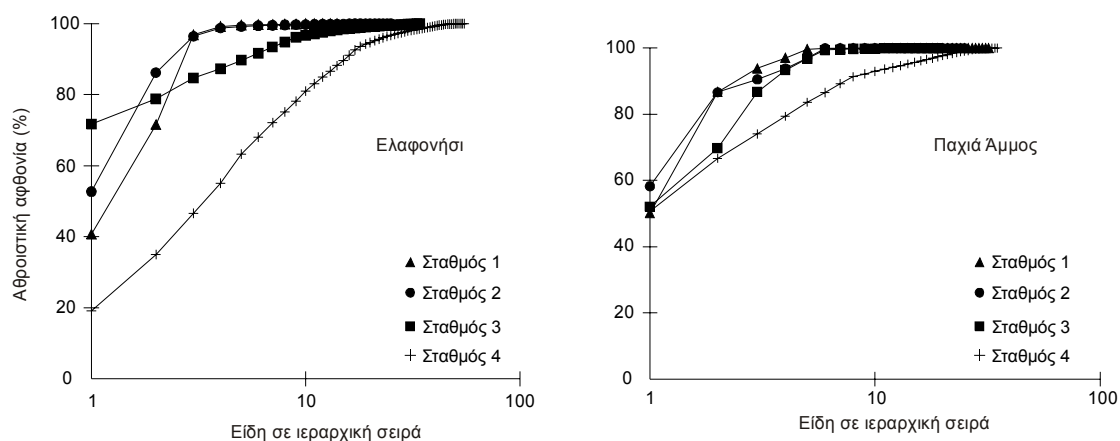
ιδιαίτερα, η σύγκριση αυτή θα πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή καθώς η καμπύλη του σταθμού 4 τέμνεται στα τελευταία σημεία της με την καμπύλη του σταθμού 1. Στα ίδια διάγραμμα φαίνεται επίσης πως μεγαλύτερη ποικιλότητα παρατηρείται και στις δύο παραλίες στην υποπαραλιακή ζώνη, αφού η καμπύλη του σταθμού 4 είναι υποκείμενη των υπόλοιπων.



Εικόνα 3.5.2. Εποχική μεταβολή της μέσης τιμής των δεικτών ποικιλότητας κάθε σταθμού στην Παχιά Άμμο.

Όσον αφορά λοιπόν στη διαφοροποίηση της ποικιλότητας μεταξύ των σταθμών, οι διαφορετικοί δείκτες που επιστρατεύτηκαν επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα των διαγραμμάτων των καμπυλών k-dominance. Στο Ελαφονήσι, ο σταθμός 4 εμφανίζει υψηλότερη ποικιλότητα με βάση τους δείκτες N_0 , N_1 , N_2 και N_{inf} (Εικόνα 3.5.1) και κατά κανόνα διαφοροποιείται από τους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης κατά τη διάρκεια των περισσότερων μηνών όπως επιβεβαιώνεται από τους εκ των υστέρων στατιστικούς ελέγχους (Πίνακας 3.5.3). Ο δείκτης E_{Hillp} που αποτελεί μία καλή

εκτίμηση της ομοιομορφίας στην κατανομή των ατόμων μεταξύ των ειδών, μεταβάλλεται απότομα και σχεδόν μηνιαία στη μεσοπαραλιακή ζώνη ενώ για μεγάλο χρονικό διάστημα (Αύγουστος 01 – Μάρτιος 02) εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές στο σταθμό 4 (Εικόνα 3.5.1). Όπως φαίνεται όμως στον Πίνακα 3.5.3, η ANOVA έδειξε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή του δείκτη στο σταθμό 4 σε σχέση με όλους τους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης μόνο για το μήνα Αύγουστο.



Εικόνα 3.5.3. Καμπύλες k-dominance για κάθε σταθμό στις δύο παραλίες μελέτης.

Στην Παχιά Άμμο, οι δείκτες ποικιλότητας που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζουν μέγιστο κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της μελέτης στην υποπαραλιακή ζώνη (Εικόνα 3.5.2) χωρίς όμως αυτό να επιβεβαιώνεται στατιστικά σε όλες τις περιπτώσεις (Πίνακας 3.5.4). Τους περισσότερους μήνες όμως, ο σταθμός 4 φαίνεται να διαφοροποιείται από το σταθμό της ακτογραμμής (σταθμός 2).

Γενικότερα, μπορούμε να ισχυριστούμε πως η σειρά των αριθμών Hill που χρησιμοποιήθηκε, παρόλο που καθώς αυξάνει ο αριθμός της σειράς αυξάνεται και η βαρύτητα που ο δείκτης δίνει στα κοινά είδη, παρουσιάζει σταθερά χαμηλές τιμές στη μεσοπαραλιακή ζώνη των δύο παραλιών με εξαίρεση τις δύο πρώτες δειγματοληπτικές περιόδους (Μάιος και Ιούνιος 2001) στο σταθμό 3 στο Ελαφονήσι. Αυτό όμως δεν πρέπει να αποτελεί έκπληξη αφού οι Lamshead et al. (1983) έχουν προβλέψει πως όταν οι καμπύλες k-dominance ενός συνόλου συναθροίσεων δεν τέμνονται τότε όλοι οι δείκτες ποικιλότητας θα δώσουν τα ίδια αποτελέσματα.

Πίνακας 3.5.3. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής ανάλυσης διασποράς (ANOVA) και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey για τους μήνες που διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των σταθμών του Ελαφονησίου με βάση τους δείκτες ποικιλότητας.

Δείκτης N_0	ANOVA με έναν παράγοντα		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη σταθμών από ελάχιστη προς μέγιστη τιμή δείκτη)			
	λόγος F	τιμή p				
Μάης 01	5,341	0,032*	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Ιούνιος 01	10,879	0,005**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Αύγουστος 01	49,350	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Σεπτέμβρης 01	8,006	0,012*	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Οκτώβρης 01	17,477	0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Νοέμβρης 01	11,435	0,004**	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Δεκέμβρης 01	8,859	0,009**	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Φλεβάρης 02	25,999	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Μάρτης 02	11,985	0,004**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Απρίλης 02	34,463	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Μάης 02	47,005	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Ιούνιος 02	26,612	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Δείκτης N_1						
Μάης 01	10,213	0,006**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Αύγουστος 01 ¹	112,570	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Σεπτέμβρης 01	23,583	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Οκτώβρης 01	67,142	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Νοέμβρης 01	14,513	0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Φλεβάρης 02	134,998	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Μάρτης 02 ¹	42,291	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Απρίλης 02 ¹	39,739	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Μάης 02 ¹	44,684	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Ιούνιος 02	49,359	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Δείκτης N_2						
Μάης 01	10,123	0,006**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Ιούνιος 01 ¹	19,880	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4	Σταθμός 3
Αύγουστος 01 ¹	95,723	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Σεπτέμβρης 01 ¹	38,982	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Οκτώβρης 01 ¹	125,010	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Νοέμβρης 01	10,057	0,006**	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Φλεβάρης 02	121,290	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Μάρτης 02	17,714	0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Απρίλης 02 ¹	15,566	0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Μάης 02 ¹	21,934	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Ιούνιος 02	64,182	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4

Πίνακας 3.5.3. (Συνέχεια)

Δείκτης N_{inf}	ANOVA με έναν παράγοντα		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη σταθμών από ελάχιστη προς μέγιστη τιμή δείκτη)			
	λόγος F	τιμή p	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Μάης 01	7,236	0,015*	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Αύγουστος 01 ¹	26,504	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Σεπτέμβρης 01 ¹	27,711	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Οκτώβρης 01 ¹	100,272	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Νοέμβρης 01	4,605	0,044*	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Δεκέμβρης 01	16,022	0,002*	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Φλεβάρης 02	93,795	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Μάρτης 02 ¹	15,292	0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Απρίλης 02	5,132	0,035*	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Μάης 02 ¹	11,486	0,003**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Ιούνιος 02	72,018	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Δείκτης E_{Heip}						
Ιούνιος 01	55,579	<<0,001**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 4	Σταθμός 3
Αύγουστος 01	10,321	0,014*	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Σεπτέμβρης 01	16,758	0,005**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Οκτώβρης 01	48,342	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Νοέμβρης 01	12,724	0,009**	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Φλεβάρης 02	7,176	0,029*	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Μάρτης 02	20,544	0,003**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Απρίλης 02	8,456	0,021*	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4	Σταθμός 1
Μάης 02	6,336	0,037*	Σταθμός 2	Σταθμός 4	Σταθμός 3	Σταθμός 1
Ιούνιος 02	69,504	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4	Σταθμός 3

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Σταθμοί με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

3.5.1.1 Ποικιλότητα στη στήλη του ιζήματος

Οι καμπύλες k-dominance που δημιουργήθηκαν για τα διαφορετικά στρώματα ιζήματος σε κάθε σταθμό και για τις δειγματοληπτικές περιόδους που έγινε μελέτη της κατανομής των ειδών μέχρι τα 30 cm βάθος στο σταθμό 2, παρουσιάζονται στις Εικόνες 3.5.4 και 3.5.5 για το Ελαφονήσι και την Παχιά Άμμο αντίστοιχα. Από αυτές φαίνεται πως οι συγκρίσεις μεταξύ των διαφορετικών στρωμάτων του ιζήματος θα πρέπει να περιοριστούν κατά πολύ στους σταθμούς της Παχιάς Άμμου, αφού σε αυτή την παραλία οι καμπύλες τέμνονται μεταξύ τους σε κάθε σταθμό, με εξαίρεση την καμπύλη του επιφανειακού στρώματος του σταθμού 1 η οποία μπορεί να συγκριθεί με τις υποκείμενες καμπύλες του τρίτου και τέταρτου κλάσματος της στήλης του ιζήματος. Η εικόνα που έχουμε για το Ελαφονήσι διαφοροποιείται, καθώς εδώ οι

καμπύλες των δύο πρώτων κλασμάτων στο σταθμό 4 δεν τέμνονται, όπως επίσης συμβαίνει και με την καμπύλη του επιφανειακού στρώματος ιζήματος των σταθμών 1 και 2, η οποία δεν τέμνεται με βαθύτερα στρώματα (10-20 cm για το σταθμό 1 και 15-30 cm για το σταθμό 2). Σε κάθε μία από αυτές τις περιπτώσεις το επιφανειακό στρώμα εμφανίζει μεγαλύτερη ποικιλότητα.

Πίνακας 3.5.4. Συνοπτικά αποτελέσματα της παραμετρικής ανάλυσης διασποράς (ANOVA) και των εκ των υστέρων ελέγχων με τη δοκιμασία Tukey για τους μήνες που διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των σταθμών της Παχιάς Άμμου με βάση τους δείκτες ποικιλότητας.

Δείκτης N ₀	ANOVA με έναν παράγοντα		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey			
	λόγος F	τιμή p	(κατάταξη σταθμών από ελάχιστη προς μέγιστη τιμή δείκτη)			
Μάης 01	6,571	0,015*	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Αύγουστος 01	8,100	0,008**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Δεκέμβρης 01	4,212	0,046*	Σταθμός 4	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Γενάρης 02	12,247	0,002*	Σταθμός 3	Σταθμός 4	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Μάης 02	4,101	0,049*	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 4
Δείκτης N₁						
Μάιος 01	39,827	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Ιούνιος 01 ¹	10,473	0,004**	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Αύγουστος 01	72,805	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Σεπτέμβρης 01	8,912	0,006**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Οκτώβρης 01	7,047	0,012*	Σταθμός 3	Σταθμός 4	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Νοέμβρης 01	27,580	<<0,001**	Σταθμός 4	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Δεκέμβρης 01	4,578	0,038*	Σταθμός 4	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Γενάρης 02	4,991	0,031*	Σταθμός 3	Σταθμός 4	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Απρίλης 02	6,951	0,013*	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Μάης 02	22,894	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Δείκτης N₂						
Μάης 01	58,322	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Ιούνιος 01	7,079	0,012*	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Αύγουστος 01	25,520	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Σεπτέμβρης 01	9,659	0,005**	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Οκτώβρης 01	7,124	0,012*	Σταθμός 3	Σταθμός 4	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Νοέμβρης 01 ¹	26,936	<<0,001**	Σταθμός 4	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Δεκέμβρης 01	16,005	0,001**	Σταθμός 4	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Φλεβάρης 02	8,532	0,007**	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Απρίλης 02	7,483	0,01*	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Μάης 02	8,798	0,006**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4

Πίνακας 3.5.4. (Συνέχεια)

Δείκτης N_{inf}	ANOVA με έναν παράγοντα		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη σταθμών από ελάχιστη προς μέγιστη τιμή δείκτη)			
	λόγος F	τιμή p				
Μάης 01	72,708	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Αύγουστος 01	5,349	0,026*	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Σεπτέμβρης 01	6,954	0,013*	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Δεκέμβρης 01	26,005	<<0,001**	Σταθμός 3	Σταθμός 4	Σταθμός 2	Σταθμός 1
Φλεβάρης 02	5,802	0,021*	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Απρίλης 02	7,240	0,011*	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Μάης 02	7,676	0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Δείκτης E_{Heip}						
Μάιος 01	27,732	<<0,001**	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Ιούνιος 01	4,534	0,046*	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4
Αύγουστος 01	5,083	0,035*	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Σεπτέμβρης 01	10,033	0,006**	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Οκτώβρης 01	7,818	0,012*	Σταθμός 3	Σταθμός 4	Σταθμός 1	Σταθμός 2
Νοέμβρης 01	4,731	0,042*	Σταθμός 1	Σταθμός 4	Σταθμός 3	Σταθμός 2
Δεκέμβρης 01	6,493	0,02*	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 4	Σταθμός 1
Γενάρης 01	9,486	0,007*	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 4	Σταθμός 3
Φλεβάρης 02	4,974	0,037*	Σταθμός 3	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 4
Μάης 02	8,147	0,011*	Σταθμός 2	Σταθμός 1	Σταθμός 3	Σταθμός 4

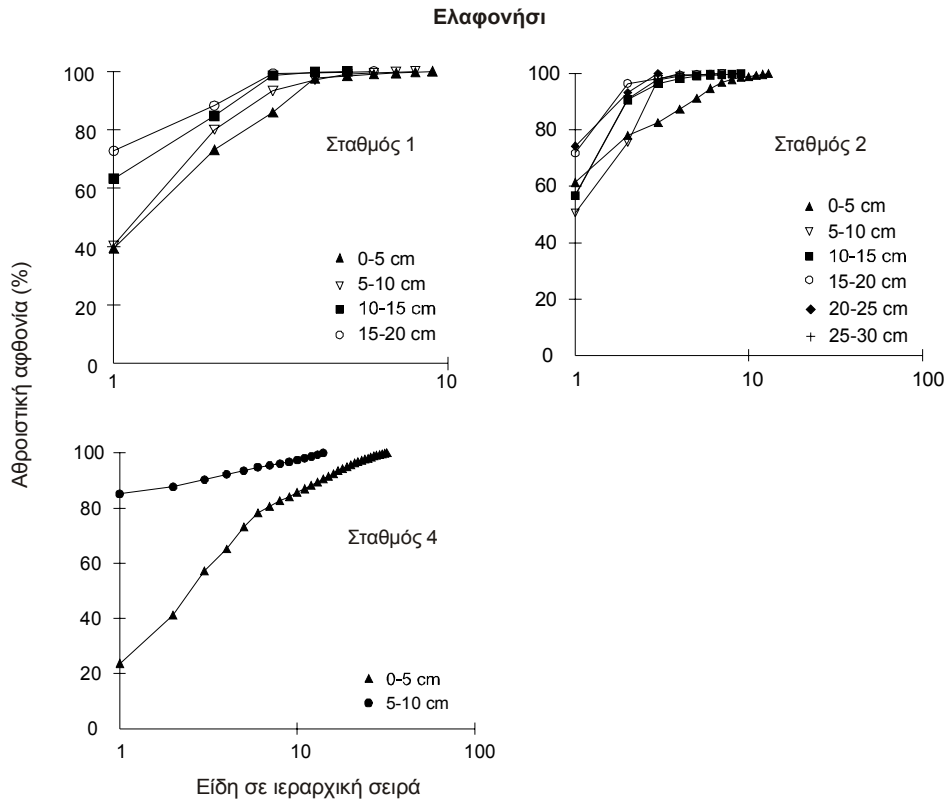
1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

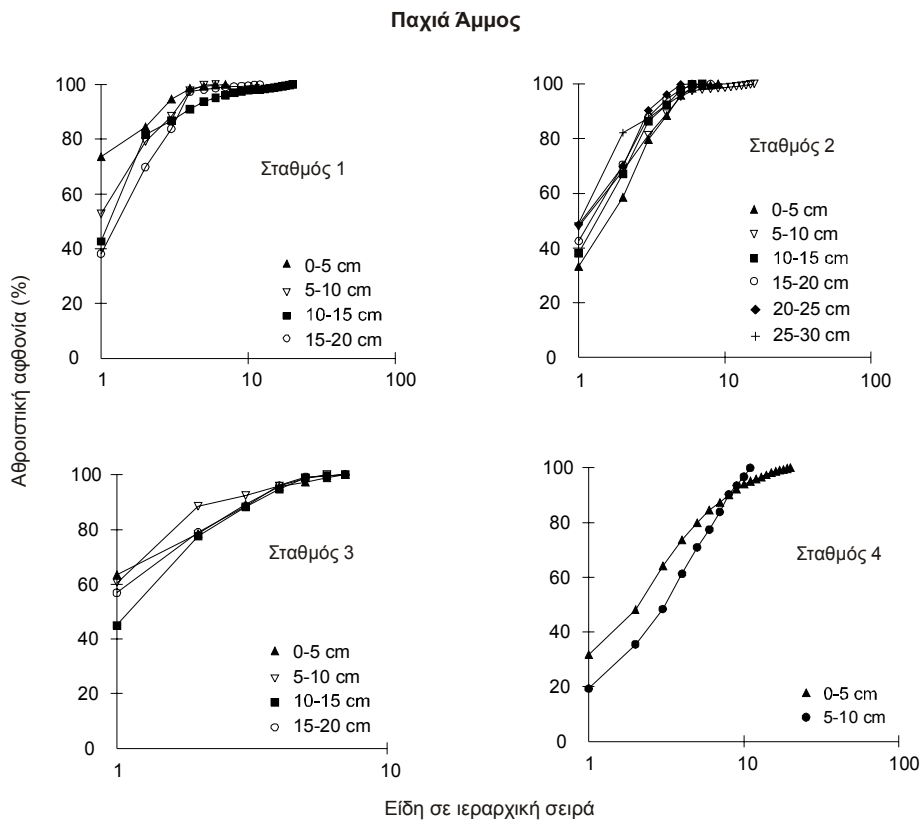
** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Σταθμοί με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Για να έχουμε μια απεικόνιση της μεταβολής της ποικιλότητας μέσα στο ιζήμα παρουσιάζονται στις Εικόνες 3.5.6 και 3.5.7 οι κατακόρυφες μεταβολές του δείκτη Hill N_1 σε κάθε παραλία. Οι υπόλοιποι δείκτες κυμαίνονταν με παρόμοιο τρόπο και για οικονομία χώρου δεν παρουσιάζονται. Σε αυτά τα διαγράμματα φαίνεται πως οι κατακόρυφες διακυμάνσεις της ποικιλότητας στο Ελαφονήσι δεν είναι ιδιαίτερα έντονες, ενώ όταν εμφανίζονται διαφορές μεταξύ των στρωμάτων το επιφανειακό στρώμα ιζήματος παρουσιάζει κατά κανόνα τη μεγαλύτερη ποικιλότητα όπως επιβεβαιώνεται και από τις αναλύσεις διασποράς που εφαρμόστηκαν στα δεδομένα (Πίνακας 3.5.5).

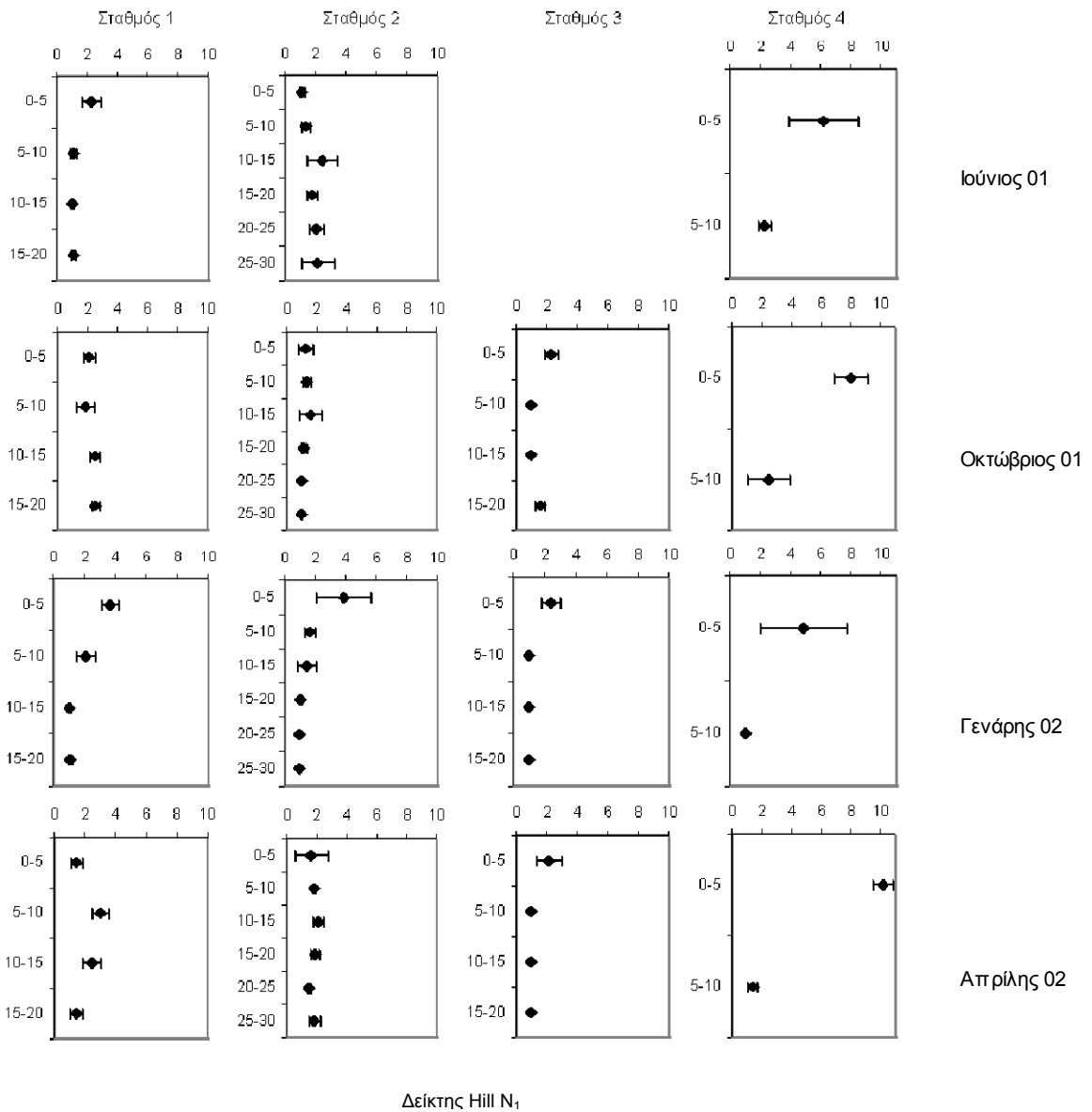


Εικόνα 3.5.4. Καμπύλες k-dominance για τα διαφορετικά στρώματα του ιζήματος σε κάθε σταθμό στο Ελαφονήσι με βάση τα δεδομένα αφθονίας για τους μήνες Ιούνιο 2001, Οκτώβριο, Γενάρη και Απρίλη. Ο σταθμός 3 δεν εμφανίζεται καθώς τα είδη σε αυτό το σταθμό συγκεντρώνονται στο πρώτο κλάσμα.



Εικόνα 3.5.5. Καμπύλες k-dominance για τα διαφορετικά στρώματα του ιζήματος σε κάθε σταθμό στην Παχιά Άμμο με βάση τα δεδομένα αφθονίας για τους μήνες Ιούνιο 2001, Οκτώβριο, Γενάρη και Απρίλη.

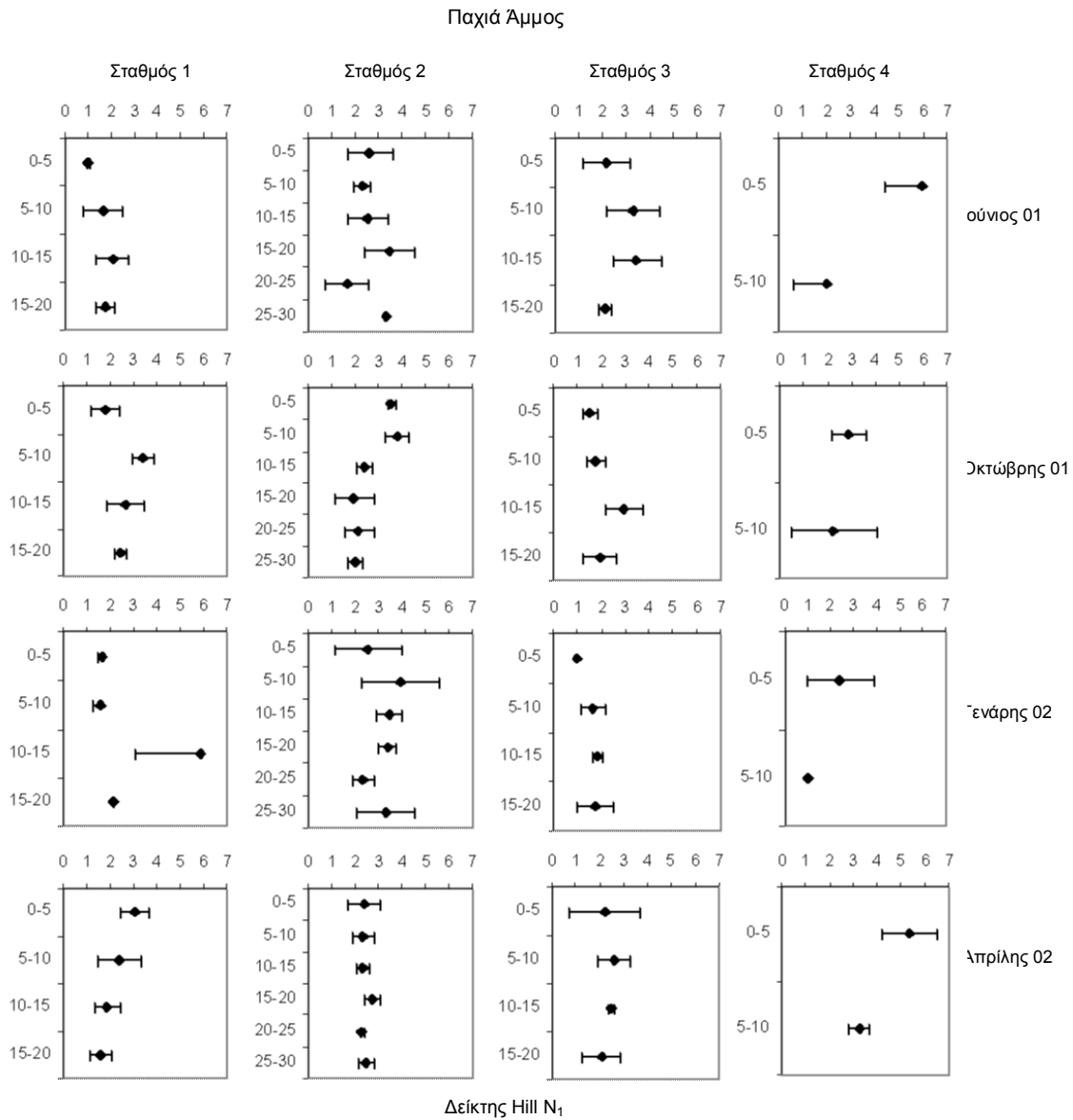
Ελαφονήσι



Εικόνα 3.5.6. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του δείκτη ποικιλότητας Hill N_1 στα διαφορετικά στρώματα του ιζήματος για κάθε σταθμό στο Ελαφονήσι με βάση τα δεδομένα αφθονίας για τους μήνες Ιούνιο '01, Οκτώβριο '01, Γενάρη '02 και Απρίλη '02. Το μήνα Ιούνιο 01 στο σταθμό 3 όλα τα κοπήποδα είναι συγκεντρωμένα στο πρώτο κλάσμα ιζήματος.

Μικρές είναι και οι μεταβολές των δεικτών ποικιλότητας στην κολώνα του ιζήματος στην Παχιά Άμμο. Στην υποπαραλιακή ζώνη, στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρείται τον Απρίλη και μόνο για τους δείκτες Hill N_0 και N_1 , με μεγαλύτερη τιμή αυτών στο επιφανειακό στρώμα ιζήματος (Πίνακας 3.5.6, ANOVA, $p < 0,05$). Στατιστικά σημαντική διαφορά σημειώνεται και τον Οκτώβρη στους δείκτες ποικιλότητας του σταθμού 2 (Πίνακας 3.5.6, ANOVA, $p < 0,01$), όπου μεγαλύτερη ποικιλότητα εμφανίζεται στα δέκα πρώτα εκατοστά του ιζήματος. Στους σταθμούς 1

και 3 η ποικιλότητα και η κατανομή των ατόμων μεταξύ των ειδών παρουσιάζουν ομοιομορφία σε όλο το μήκος του πυρήνα ιζήματος με μοναδική εξαίρεση το δείκτη Hill N_1 , ο οποίος εμφανίζει σημαντικά χαμηλότερη τιμή τον Οκτώβρη στο επιφανειακό στρώμα ιζήματος του σταθμού 3 σε σχέση με το ενδιάμεσο στρώμα (10-15 cm).



Εικόνα 3.5.7. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του δείκτη ποικιλότητας Hill N_1 στα διαφορετικά στρώματα του ιζήματος για κάθε σταθμό στην Παχιά Άμμο με βάση τα δεδομένα αφθονίας για τους μήνες Ιούνιο '01, Οκτώβριο '01, Γενάρη '02 και Απρίλη '02.

Πίνακας 3.5.5. Συνοπτικά αποτελέσματα των συγκρίσεων των δεικτών ποικιλότητας συναρτήσει του βάθους στο ίζημα για τους σταθμούς στο Ελαφονήσι. Παρουσιάζονται μόνο οι περιπτώσεις όπου εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά με τη χρήση μπλοκ ANOVA.

Σταθμός 1	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή δείκτη)					
	λόγος F	τιμή p						
N₁								
Ιούνιος 01	7,720	0,018*	10-15	15-20	5-10	0-5		
Απρίλης 02	6,115	0,030*	15-20	0-5	10-15	5-10		
N₂								
Ιούνιος 01	5,561	0,036*	10-15	15-20	5-10	0-5		
Απρίλης 02	6,610	0,025*	0-5	15-20	10-15	5-10		
N_{inf}								
Ιούνιος 01	5,052	0,044*	10-15	15-20	5-10	0-5		
Γενάρης 02	45,350	0,022*	10-15	15-20	5-10	0-5		
Απρίλης 02	7,342	0,020*	0-5	15-20	10-15	5-10		
E_{Heip}								
Ιούνιος 01	7,268	0,020*	10-15	15-20	5-10	0-5		
Σταθμός 2								
N₀								
Οκτώβρης 01	3,659	0,038*	20-25	25-30	0-5	15-20	5-10	10-15
Γενάρης 02 ¹	15,190	<<0,001**	20-25	25-30	15-20	10-15	5-10	0-5
N₁								
Γενάρης 02	8,483	0,002**	20-25	25-30	15-20	10-15	5-10	0-5
N₂								
Γενάρης 02	5,991	0,008**	20-25	25-30	15-20	10-15	5-10	0-5
Απρίλης 02	4,648	0,028*	20-25	25-30	5-10	15-20	10-15	0-5
E_{Heip}								
Ιούνιος 01	5,095	0,021*	0-5	5-10	15-20	10-15	20-25	25-30
Γενάρης 02 ¹	6,594	0,006**	20-25	25-30	15-20	10-15	5-10	0-5
N_{inf}								
Γενάρης 02 ¹	3,649	0,039*	20-25	25-30	15-20	10-15	5-10	0-5
Απρίλης 02	7,293	0,007*	20-25	5-10	25-30	15-20	10-15	0-5
Σταθμός 3								
N₀								
Οκτώβρης 01	9,903	0,010*	5-10	10-15	15-20	0-5		
Γενάρης 02 ²	14,917	0,006*	5-10	10-15	15-20	0-5		
Απρίλης 02	9,338	0,017*	5-10	10-15	15-20	0-5		
N₁								
Οκτώβρης 01	16,858	0,003*	5-10	10-15	15-20	0-5		
Γενάρης 02 ²	18,697	0,004*	5-10	10-15	15-20	0-5		
Απρίλης 02	5,480	0,048*	5-10	10-15	15-20	0-5		
N₂								
Οκτώβρης 01	10,275	0,009*	5-10	10-15	15-20	0-5		
Γενάρης 02 ²	20,343	0,003*	5-10	10-15	15-20	0-5		
E_{Heip}								
Οκτώβρης 01	7,272	0,020*	5-10	10-15	15-20	0-5		
Γενάρης 02 ²	109,554	<<0,001**	5-10	10-15	15-20	0-5		
Απρίλης 02	36,913	0,001**	5-10	10-15	15-20	0-5		
N_{inf}								
Οκτώβρης 01	7,390	0,019*	5-10	10-15	15-20	0-5		
Γενάρης 02 ²	23,117	0,002*	5-10	10-15	15-20	0-5		

Πίνακας 3.5.5. (Συνέχεια)

Σταθμός 4	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή δείκτη)	
	λόγος F	τιμή p		
N₀				
Απρίλης 02	137,286	0,007**	5-10	0-5
N₁				
Απρίλης 02	1893,110	0,001**	5-10	0-5
N₂				
Απρίλης 02 ¹	1417,906	0,001**	5-10	0-5
E_{Heip}				
Απρίλης 02	56,588	0,017*	5-10	0-5
N_{inf}				
Απρίλης 02 ¹	273,940	0,004*	5-10	0-5

1, μετασχηματισμός δεδομένων $\log(x+1)$ 2, μετασχηματισμός δεδομένων $\sqrt{x+0,5}$

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Κλάσματα με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

Πίνακας 3.5.6. Συνοπτικά αποτελέσματα των συγκρίσεων των δεικτών ποικιλότητας συναρτήσει του βάθους στο ίζημα για τους σταθμούς στην Παχιά Άμμο. Παρουσιάζονται μόνο οι περιπτώσεις όπου εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά με τη χρήση μπλοκ ANOVA.

Οκτώβρης 01	μπλοκ ANOVA		Πολλαπλές συγκρίσεις - Δοκιμασία Tukey (κατάταξη κλασμάτων, ελάχιστη προς μέγιστη τιμή δείκτη)					
	λόγος F	τιμή p						
N₁	10,094	0,001**	15-20	25-30	20-25	10-15	0-5	5-10
N₂	11,978	0,001**	25-30	15-20	20-25	10-15	0-5	5-10
N_{inf}	6,249	0,007**	25-30	15-20	20-25	10-15	5-10	0-5
E_{Heip}	6,913	0,005**	15-20	25-30	20-25	10-15	0-5	5-10
Σταθμός 3								
N₁	5,001	0,045*	0-5	5-10	15-20	10-15		
Απρίλης 02								
Σταθμός 4								
N₀	100,000	0,010**	5-10	0-5				
N₁	26,568	0,036*	0-5	5-10				

* στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$)

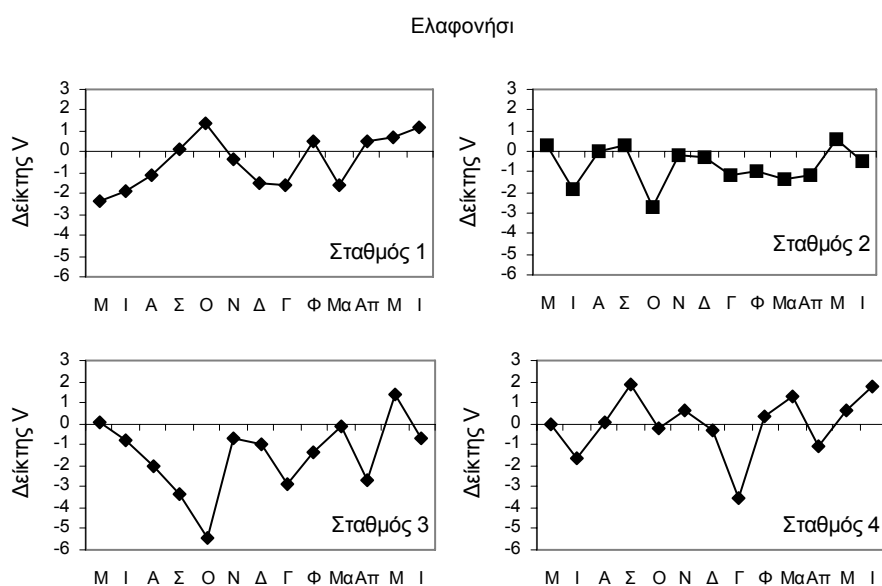
** στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,01$)

Κλάσματα με κοινή υπογράμμιση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε στάθμη σημαντικότητας 95%

3.5.2 Αποκλίσεις από το ουδέτερο Μοντέλο Ewens/Caswell

Το ουδέτερο μοντέλο Ewens/Caswell θεωρείται ένα χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων της φυσικής διατάραξης στα οικοσυστήματα (Lambshhead & Platt 1988) και γι' αυτό θεωρήθηκε σημαντικό να χρησιμοποιηθεί στη συγκεκριμένη μελέτη όπου οι οργανισμοί υπόκεινται σε έντονη και συνεχή φυσική πίεση. Για τον υπολογισμό της τιμής V, τα επαναληπτικά δείγματα από κάθε σταθμό αθροίστηκαν καθώς η συγκεκριμένη ανάλυση μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε

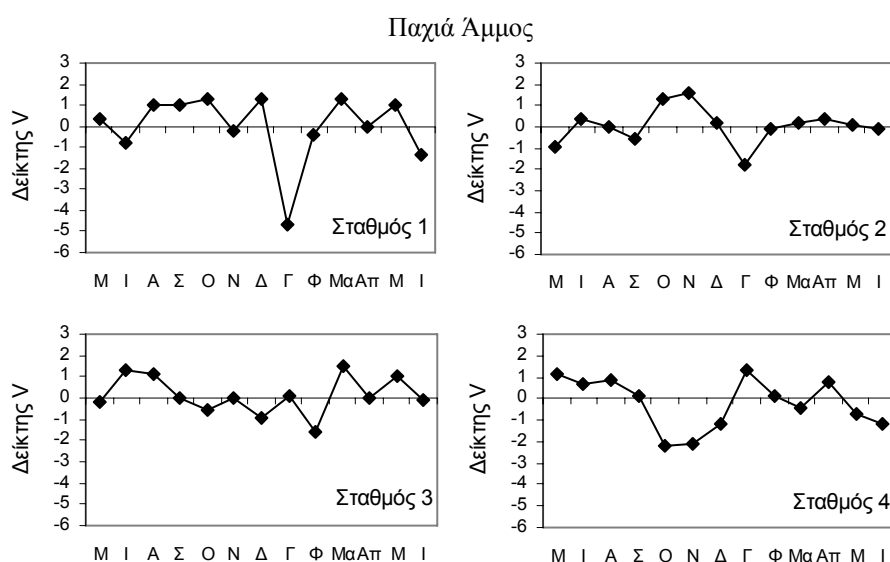
πραγματικές μετρήσεις ατόμων (Caswell 1976). Όπως φαίνεται στις Εικόνες 3.5.8 και 3.5.9, ο δείκτης V του ουδέτερου μοντέλου Ewens/Caswell παρουσιάζει πολύ έντονες διακυμάνσεις καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης σε όλους τους σταθμούς και στις δύο παραλίες δηλώνοντας έτσι, διαρκείς μεταβολές στην απόκλιση της εκάστοτε συνάθροισης από το ουδέτερο μοντέλο. Οι τιμές του δείκτη στο Ελαφονήσι, ήταν κυρίως αρνητικές στη μεσοπαραλιακή ζώνη, ενώ ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως στο σταθμό 3 για μεγάλο χρονικό διάστημα στα πλαίσια της μελέτης η τιμή του δείκτη είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη ($V < -2$) από τα όρια που προβλέπει το ουδέτερο μοντέλο. Αν επιστρέψουμε στην Εικόνα 3.4.1 τότε θα διαπιστώσουμε ότι οι ιδιαίτερα χαμηλές τιμές V συμπίπτουν, και γι' αυτό εξηγούνται, με τα πληθυσμιακά μέγιστα του κυρίαρχου είδους *Apodopsyllus arcuatus*. Στους υπόλοιπους σταθμούς του Ελαφονησίου στατιστικά σημαντική απόκλιση της συνάθροισης των κωπηπόδων από την ουδετερότητα εμφανίζεται μόνο μία φορά για κάθε σταθμό (σταθμός 1 – Μάιος '01, σταθμός 2 – Οκτώβρης, σταθμός 4 – Γενάρης), όπου σε κάθε περίπτωση παρατηρείται υψηλή κυριαρχία ενός είδους σε συνδυασμό με πολύ χαμηλές τιμές αφθονίας των υπόλοιπων ειδών (Εικόνα 3.4.1).



Εικόνα 3.5.8. Εποχικές μεταβολές του δείκτη V για τους σταθμούς μελέτης στο Ελαφονήσι.

Αν στην Εικόνα 3.5.9 διαγράψαμε την τιμή του δείκτη V για το Γενάρη στο σταθμό 1, τότε θα μπορούσαμε να δούμε πως ο δείκτης V στη μεσοπαραλιακή ζώνη της Παχιάς Άμμου κυμαίνεται μεταξύ θετικών και αρνητικών τιμών οι οποίες όμως δε βρίσκονται ποτέ εκτός των ορίων που καθορίζει το μοντέλο ουδετερότητας (-2, 2).

Τον Ιανουάριο όμως στο σταθμό 1 η συνάθροιση των κωπηπόδων φαίνεται να έχει υποστεί μεγάλη πίεση αφού ο δείκτης V παρουσιάζει εξαιρετικά χαμηλή τιμή (-4,713). Τον ίδιο μήνα ο δείκτης εμφανίζει επίσης την πιο χαμηλή τιμή του για το σταθμό 2 (-1,747), η οποία όμως δεν είναι αρκετά χαμηλή ώστε να δηλώνει στατιστικά σημαντική απόκλιση από την ουδετερότητα. Και στους δύο σταθμούς τα πανιδικά δεδομένα της συγκεκριμένης δειγματοληπτικής περιόδου διαφοροποιούνται έντονα, γεγονός που θα πρέπει να αποδοθεί στις πολύ δυσμενείς συνθήκες με έντονο χιόνι και αέρα που καταγράφηκαν τον Ιανουάριο του 2002. Συγκεκριμένα, τον Ιανουάριο ένα από τα πιο άφθονα είδη, το *Arenopontia acantha*, παρουσίασε δραματική μείωση του πληθυσμού του, ενώ το επίσης σημαντικό σε αφθονία *Arenopontia subterranea* απουσιάζει ολοκληρωτικά. Ταυτόχρονα, λόγω της παρουσίας φυτικού υλικού στο ίζημα και των δύο σταθμών το συγκεκριμένο μήνα, εμφανίστηκαν για πρώτη φορά είδη φυτικών συναθροίσεων τα οποία εκπροσωπούσαν από ένα μόνο άτομο, ενισχύοντας έτσι την έντονη κυριαρχία των άφθονων ειδών *Kliopsyllus constrictus pacificus*, *Psammotopa sp.1* και *Arenosetella germanica galapagoensis*. Στο σταθμό 4, η ποικιλότητα βρίσκεται για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της μελέτης πολύ κοντά στις προβλέψεις του ουδέτερου μοντέλου, όμως τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο είναι σημαντικά μικρότερη λόγω του πληθυσμιακού μέγιστου που εμφανίζει το είδος *Arenopontia nesaie*.



Εικόνα 3.5.9. Εποχικές μεταβολές του δείκτη V για τους σταθμούς μελέτης στην Παχιά Άμμο.

3.6 Πανιδικά πρότυπα και περιβάλλον

Όπως είδαμε παραπάνω (Ενότητα 3.4.3), οι δύο ζώνες διαφοροποιούνται με βάση την πανίδα και στις δύο παραλίες ενώ υπάρχει μία μικρή διαβάθμιση των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης στο Ελαφονήσι. Ταυτόχρονα, στην Ενότητα 3.2 η πολυμεταβλητή μέθοδος PCA έδειξε τη διαφοροποίηση των δύο ζωνών με βάση τα περιβαλλοντικά δεδομένα τουλάχιστον για την παραλία του Ελαφονησίου. Επομένως, το ερώτημα που αμέσως προκύπτει είναι κατά πόσο οι διαφορετικές περιβαλλοντικές παράμετροι ή κάποιος συνδυασμός αυτών μπορεί να εξηγήσει την παρατηρούμενη κατανομή των αρπακτικοειδών κωπηπόδων και της μειοπανίδας γενικότερα.

Η πιο απλή περίπτωση είναι η εξέταση του βαθμού συσχέτισης κάθε πανιδικής παραμέτρου με κάθε μία από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους. Αν και όπως έχει ήδη αναφερθεί, συνήθως οι μεταβολές των οργανισμών δε συσχετίζονται με έναν μόνο παράγοντα, ωστόσο η επιμέρους μελέτη αυτών αποτελεί μία πρώτη ένδειξη για τις παραμέτρους του περιβάλλοντος που ενδεχομένως να έχουν επιρροή στα ζώα.

Στη συγκεκριμένη μελέτη λοιπόν υπολογίστηκε ο μη παραμετρικός συντελεστής συσχέτισης r_s του Spearman μεταξύ της αφθονίας της μειοπανίδας, των νηματωδών, των διαφορετικών σταδίων των κωπηπόδων, των πιο άφθονων ειδών, των δεικτών ποικιλότητας και των διαφορετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια της μελέτης. Οι τιμές του δείκτη (Πίνακας 3.6.1) κυμάνθηκαν γενικά σε χαμηλά επίπεδα χωρίς να ξεπερνούν ποτέ το 0,7 και υπέδειξαν συσχέτιση των περισσότερων πανιδικών παραμέτρων και των δύο παραλιών με τα χαρακτηριστικά του ιζήματος και τη μορφοδυναμική της παραλίας, ενώ οι δείκτες ποικιλότητας συσχετίστηκαν επιπλέον με βιοτικές παραμέτρους (οργανικός άνθρακας, χλωροφύλλη a). Πιο αναλυτικά, στο Ελαφονήσι η αφθονία των διαφορετικών αναπτυξιακών σταδίων των κωπηπόδων συσχετίστηκε, αν και ασθενώς ($<0,35$) με δύο βασικές παραμέτρους του ιζήματος, το συντελεστή λοξότητας και το ποσοστό ιλύος-αργίλου, που επιπλέον αποτελούν σημαντικές ενδείξεις του καθεστώτος υδροδυναμισμού. Με ανάλογες παραμέτρους συνδέονται και δύο από τα αφθονότερα είδη στη μεσοπαραλιακή ζώνη της παραλίας καθώς βρέθηκαν να συσχετίζονται με μορφοδυναμικά χαρακτηριστικά της παραλίας και συγκεκριμένα με τη μεταβολή του ύψους των σταθμών (αρνητικά) και την κλίση της παραλίας. Συσχέτιση με τα χαρακτηριστικά του ιζήματος παρουσίασαν και οι δείκτες ποικιλότητας, τη φορά όμως αυτή με τη μέση διάμετρο των κόκκων του ιζήματος και

το συντελεστή ταξινόμησης s_i , ενώ επιπλέον μικρή συσχέτιση εμφάνισαν και με παραμέτρους ενδεικτικές της τροφής, όπως είναι η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα και της χλωροφύλλης a . Σε αντίθεση με τον πληθυσμό των κωπηπόδων, οι νηματώδεις στο Ελαφονήσι συσχετίζονται αρνητικά με την αλατότητα, τη θερμοκρασία και το λόγο χλωροφύλλης a / CPE ενώ θετική, αλλά επίσης μικρή, συσχέτιση εμφανίζουν ως προς το συντελεστή ταξινόμησης.

Πίνακας 3.6.1. Συντελεστής συσχέτισης r_s του Spearman μεταξύ των κυριότερων βιολογικών παραμέτρων της μειοπανίδας (αφθονία μειοβενθικών μεταζώων, νηματωδών, κωπηπόδων, αφθονότερων ειδών, δείκτες ποικιλότητας) και των διαφορετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων για τις δύο παραλίες μελέτης. Παρουσιάζονται μόνο οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ($p < 0,05$).

Ελαφονήσι												
	Οργ. Ανθρ.	Χλωρ.α	CPE	Χλωρ.α/CPE	Θερμ.	Αλατ.	Eh	MΔ	σ_i	sk_i	% ιλ. - αργ.	Ύψος Κλίση
Κωπήποδα											0,35	
Κωπηποδίτες			0,32							0,32	0,31	
Ναύπλιοι										0,29	0,32	
Σύνολο κωπηπόδων										0,33		
Νηματώδεις				-0,28	-0,33	-0,32			0,32			
<i>Arenopontia subterranea</i>												-0,44 0,43
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>												-0,36
<i>Apodopsyllus melitae</i>							0,67					
<i>Arenopontia nesaie</i>						-0,61						
N_0	0,29											-0,48
N_1	0,31	-0,28					0,44	0,36				
N_2	0,40	-0,30					0,53	0,37				
N_{inf}	0,32	-0,31					0,55	0,37				
E_{Heip}	0,38	0,30					0,43	0,30				
Παχιά Άμμος												
	Οργ. Ανθρ.	Χλωρ.α	CPE	Χλωρ.α/CPE	Θερμ.	Αλατ.	Eh	MΔ	σ_i	sk_i	% ιλ. - αργ.	Ύψος Κλίση
Κωπήποδα									-0,35	0,28		-0,61 -0,40
Κωπηποδίτες					0,47				-0,30	0,30		-0,37
Ναύπλιοι	-0,35				0,29							
Σύνολο κωπηπόδων					0,29				-0,31			-0,62
Μειοπανίδα					0,40							
<i>Arenopontia acantha</i>							-0,37	-0,50			-0,48	-0,48
<i>Arenopontia subterranea</i>							-0,43	-0,35			-0,64	-0,64 -0,36
<i>Arenosetella germanica galapagoensis</i>								-0,39			-0,35	-0,35
<i>Kliopsyllus constrictus pacificus</i>				0,41	-0,53	-0,47	-0,59				-0,55	-0,55 -0,42
<i>Arenopontia nesaie</i>	0,63											
<i>Pseudobradya nov. spec.</i>	-0,70											
N_0	-0,30											0,49
N_1	-0,28											0,36
N_2												0,33
E_{Heip}		0,29								-0,30		

Οι περισσότερες πανιδικές παράμετροι στην Παχιά Άμμο φαίνεται να συσχετίζονται επίσης με το ίδιο σύνολο περιβαλλοντικών παραγόντων όπως και στο Ελαφονήσι κι εξίσου σε μικρό βαθμό, όμως υπάρχουν διαφορές ως προς τον τύπο συσχέτισης. Έτσι, τα κωπήποδα συσχετίζονται αρνητικά με τις υψομετρικές μεταβολές των σταθμών και την κλίση της παραλίας, ενώ θετική συσχέτιση εμφανίζουν τόσο ως προς το συντελεστή λοξότητας όσο κι ως προς της θερμοκρασία. Κι ενώ τα αφθονότερα είδη κωπηπόδων της μεσοπαραλιακής ζώνης συσχετίζονται

αρνητικά ως προς μορφοδυναμικά χαρακτηριστικά της παραλίας (υψομετρική διαφορά, κλίση) και όλες τις παραμέτρους του ιζήματος πλην του συντελεστή λοξότητας, δύο από τα αφθονότερα είδη της υποπαραλιακής ζώνης, τα *Arenopontia nesaie* και *Pseudobradya sp.1* συνδέονται θετικά το πρώτο και αρνητικά το δεύτερο με τη συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα στο ιζημα. Με την ίδια παράμετρο εμφανίζουν αρνητική συσχέτιση και δύο δείκτες ποικιλότητας, ο N_0 και ο N_1 , ενώ οι περισσότεροι δείκτες συσχετίστηκαν θετικά με την υψομετρική διαφορά των σταθμών.

Μία καλύτερη προσέγγιση στο θέμα της συσχέτισης βιοτικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων είναι η χρήση της μεθόδου BIOENV, η οποία εφαρμόστηκε στο σύνολο των πανιδικών και περιβαλλοντικών δεδομένων αλλά και ξεχωριστά στα δεδομένα που αφορούν στη μεσοπαραλιακή ζώνη κάθε παραλίας (Πίνακας 3.6.2).

Στο Ελαφονήσι, καλύτερη συσχέτιση με τα δεδομένα των ειδών των βενθικών κωπηπόδων του συνόλου των σταθμών παρουσίασε ο συνδυασμός οργανικός άνθρακας, χλωροφύλλη *a*, ισοδύναμο χλωροπλαστικών χρωστικών και η μέση διάμετρος των κόκκων του ιζήματος. Όπως φαίνεται στον ίδιο Πίνακα, η τιμή του συντελεστή συσχέτισης r_s δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή (0,653), ενώ η αφαίρεση του οργανικού άνθρακα ή η προσθήκη της θερμοκρασίας δεν αλλάζουν πολύ τη συσχέτιση του προτεινόμενου συνδυασμού παραμέτρων με το πρότυπο κατανομής των κωπηπόδων. Αν η ανάλυση περιοριστεί στους μήνες εκείνους για τους οποίους είχε μετρηθεί το δυναμικό οξειδοαναγωγής τότε ο συντελεστής συσχέτισης αυξάνει ελάχιστα, το σημαντικότερο όμως είναι ότι αυτή η παράμετρος εντάσσεται στον καλύτερο συνδυασμό παραγόντων για την εξήγηση των πανιδικών προτύπων. Και σε αυτή την περίπτωση όμως διαπιστώνουμε πως η εναλλαγή κάποιων παραμέτρων του τύπου του ιζήματος ή η αφαίρεση του οργανικού άνθρακα δεν αλλάζουν σημαντικά την τιμή του συντελεστή συσχέτισης. Για τη μεσοπαραλιακή ζώνη, στον καλύτερο συνδυασμό παραμέτρων που προτείνεται περιλαμβάνονται και παράγοντες που σχετίζονται με τη μορφοδυναμική της παραλίας (καλύτερος συνδυασμός: οργανικός άνθρακας, συντελεστής ταξινόμησης, ύψος και κλίση παραλίας) όμως αυτή τη φορά η τιμή του συντελεστή συσχέτισης είναι ιδιαίτερα χαμηλή (0,29) γεγονός που σημαίνει πως οι περιβαλλοντικές παράμετροι δεν εξηγούν ικανοποιητικά τα παρατηρούμενα πρότυπα κατανομής της συνάθροισης των κωπηπόδων.

Πίνακας 3.6.2. Συνοπτικά αποτελέσματα της ανάλυσης BIOENV για την εύρεση του καλύτερου συνδυασμού περιβαλλοντικών παραμέτρων που εξηγούν τα πρότυπα κατανομής των βενθικών κοπηπόδων στις παραλίες μελέτης. Στα πανδικά δεδομένα και στις παραμέτρους της κοκκομετρίας εφαρμόστηκε μετασχηματισμός τετραγωνικής ρίζας, στις βιοτικές παραμέτρους $\log(x+1)$.

Αριθμός παραμέτρων	Καλύτερος συνδυασμός περιβαλλοντικών παραμέτρων	ρ_s
Ελαφονήσι ¹		
4	Οργ. άνθρακας, Χλωρ. α, CPE, ΜΔ	0,653
3	Χλωρ. α, CPE, ΜΔ	0,645
5	Οργ. άνθρακας, Χλωρ. α, CPE, ΜΔ, Θερμοκρασία	0,642
Ελαφονήσι ² (Οκτώβρης 01 - Ιούνιος 02)		
5	Οργ. άνθρακας, Χλωρ. α, CPE, Eh, σ_1	0,688
5	Οργ. άνθρακας, Χλωρ. α, CPE, Eh, ΜΔ	0,686
5	Χλωρ. α, CPE, Eh, ΜΔ, σ_1	0,682
Ελαφονήσι ³ Μεσοπαραλιακή ζώνη		
5	Οργ. άνθρακας, σ_1 , Πλάτος, Ύψος, Κλίση	0,29
5	Οργ. άνθρακας, Χλωρ. α, σ_1 , Πλάτος, Κλίση	0,286
4	Οργ. άνθρακας, σ_1 , Πλάτος, Κλίση	0,284
Παχιά Άμμος ¹		
5	Οργ. άνθρακας, CPE, Χλωρ. α/CPE, ΜΔ, σ_1	0,4
5	Οργ. άνθρακας, CPE, Χλωρ. α/CPE, θερμοκρασία, ΜΔ	0,395
4	Οργ. άνθρακας, CPE, Χλωρ. α/CPE, ΜΔ	0,393
Παχιά Άμμος ² (Οκτώβρης 01 - Ιούνιος 02)		
1	Eh	0,593
2	Eh, ΜΔ	0,525
3	Χλωρ. α/CPE, Eh, ΜΔ	0,508
Παχιά Άμμος ³ Μεσοπαραλιακή ζώνη		
5	Χλωρ. α, ΜΔ, σ_1 , Ύψος, Κλίση	0,633
5	CPE, ΜΔ, σ_1 , Ύψος, Κλίση	0,632
5	Οργ. άνθρακας, ΜΔ, σ_1 , Ύψος, Κλίση	0,629

1, εφαρμογή της ανάλυσης στο σύνολο των σταθμών της παραλίας

2, εφαρμογή της ανάλυσης στο σύνολο των σταθμών της παραλίας για τους μήνες που υπήρχαν τιμές Δυναμικού Οξειδοαναγωγής

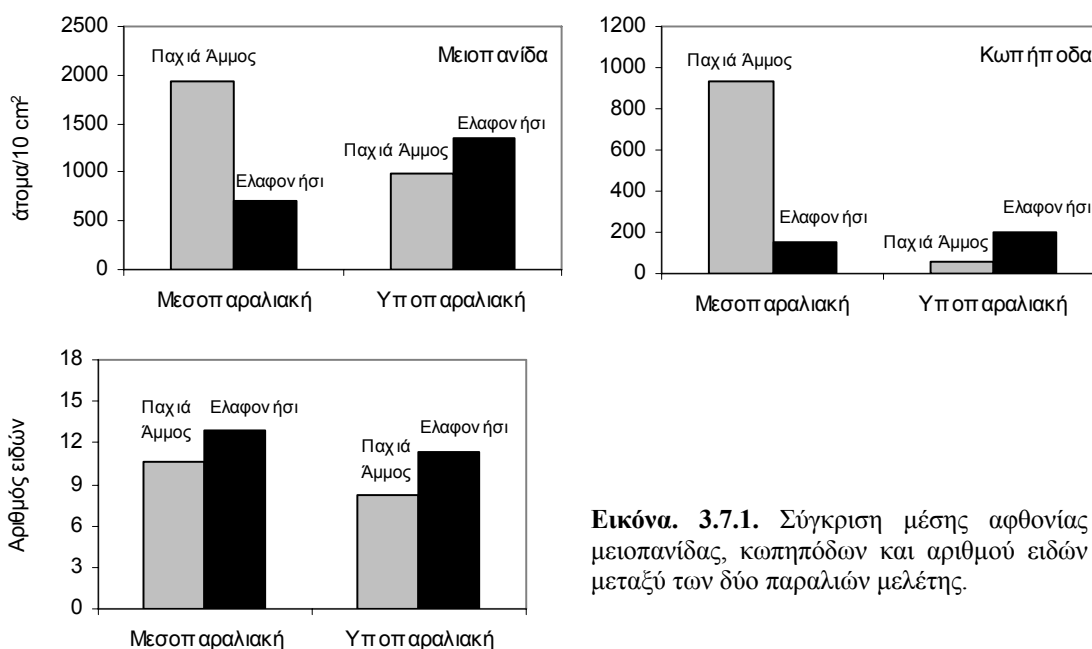
3, εφαρμογή της ανάλυσης στα δεδομένα των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης με την ένταξη παραμέτρων μορφοδυναμικής

Στην παραλία της Παχιάς Άμμου, τα αποτελέσματα της ανάλυσης για το σύνολο των σταθμών και χωρίς την ένταξη του δυναμικού οξειδοαναγωγής δεν είναι ικανοποιητικά, όταν όμως εντάσσεται η συγκεκριμένη παράμετρος και η ανάλυση περιορίζεται στο χρονικό διάστημα Οκτώβρης 2001 – Ιούνιος 2002 τότε τα αποτελέσματα της ανάλυσης τροποποιούνται σημαντικά και το δυναμικό οξειδοαναγωγής προτείνεται ως η παράμετρος που συσχετίζεται καλύτερα με τη συνάθροιση των βενθικών κοπηπόδων. Όσον αφορά όμως αποκλειστικά στη μεσοπαραλιακή ζώνη, τα αποτελέσματα είναι διαφορετικά αφού σε αυτή την περίπτωση οι παράμετροι που συσχετίζονται περισσότερο με τη διάταξη των

κωπηπόδων αυξάνουν σε πέντε, στις οποίες περιλαμβάνονται η χλωροφύλλη *a*, η μέση διάμετρος των κόκκων του ιζήματος, ο συντελεστής ταξινόμησης, η υψομετρική διαφορά των σταθμών και η κλίση της παραλίας. Σημαντικό θα ήταν να παρατηρήσουμε πως η αντικατάσταση της χλωροφύλλη *a* με κάποια άλλη παράμετρο ενδεικτική της τροφής (οργανικός άνθρακας, CPE) δεν αλλάζουν σημαντικά την τιμή του συντελεστή συσχέτισης.

3.7 Η σύγκριση των δύο παραλιών

Την προηγούμενη δεκαετία, μέσα από μία σειρά μελετών για την οικολογία της μακροπανίδας των αμμωδών παραλιών (McLachlan 1990, Jaramillo & McLachlan 1993, McLachlan et al. 1993, Brazeiro 1999), προέκυψε η γενική διαπίστωση πως η βιομάζα, η αφθονία των ατόμων και ο αριθμός των ειδών εμφανίζουν τάσεις μείωσης από το σκεδαστικό προς τον ανακλαστικό τύπο παραλιών. Μεταγενέστερες μελέτες με αντικείμενο τη μειοπανίδα προσπάθησαν να προσεγγίσουν το ίδιο ερώτημα και να επεκτείνουν τη συγκεκριμένη γενίκευση και στην περίπτωση της μειοπανίδας (Rodriguez 2001, Rodriguez et al. 2003, Rodriguez 2004), φαίνεται όμως πως τα αντικρουόμενα αποτελέσματα δεν επιτρέπουν ακόμη την εξαγωγή κάποιου προτύπου.



Εικόνα. 3.7.1. Σύγκριση μέσης αφθονίας μειοπανίδας, κωπηπόδων και αριθμού ειδών μεταξύ των δύο παραλιών μελέτης.

Η παρούσα μελέτη, αν και ο σχεδιασμός της δεν επιτρέπει την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων σχετικών με το παραπάνω ερώτημα, ωστόσο υποδεικνύει μία τάση,

με την αφθονία της μειοπανίδας και των κωπηπόδων να είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη στη μεσοπαραλιακή ζώνη της Παχιάς Άμμου (U-test, $p < 0,01$). Αντίστροφο είναι το πρότυπο για την ποικιλότητα των κωπηπόδων στην ίδια ζώνη, καθώς μεγαλύτερος αριθμός ειδών εμφανίζεται στο Ελαφονήσι. Όσον αφορά όμως στην υποπαραλιακή ζώνη, δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο παραλιών παρά μόνο για την αφθονία των κωπηπόδων, τα οποία είναι σημαντικά αφθονότερα στην παραλία του Ελαφονησίου (U-test, $p < 0,01$).

Κεφάλαιο 4. Συζήτηση

Το Ελαφονήσι και η Παχιά Άμμος αποτελούν δύο διαφορετικού τύπου παραλίες που ωστόσο μοιράζονται κάποια κοινά χαρακτηριστικά στη μεσοπαραλιακή τους ζώνη. Βασικότερα από αυτά είναι το καλά οξυγονωμένο υπόστρωμα μέτριας άμμου, που είναι ελαφρά αδρότερο στην Παχιά Άμμο, και η απότομη κλίση που εμφανίζει το μέτωπο κάθε μίας από αυτές για το μεγαλύτερο διάστημα της μελέτης, υποδεικνύοντας έτσι, πως ακόμη και στην εκτεθειμένη παραλία της Παχιάς Άμμου οι συνθήκες υδροδυναμισμού την περίοδο μελέτης ευνοούν την απόθεση υλικού στην ακτή και όχι τη διάβρωση.

Η μειοπανίδα των δύο παραλιών εμφάνισε στη διάρκεια του ενός χρόνου μελέτης δύο κύριες τάσεις, με την εποχικότητα να χαρακτηρίζει λίγες μόνο πανιδικές παραμέτρους, ενώ κυρίαρχη ήταν η τάση διαφοροποίησης της δομής και σύνθεσης του μειοβένθους στο χώρο, ιδιαίτερα στην οριζόντια διάσταση. Σχεδόν το σύνολο των πανιδικών παραμέτρων διαφοροποιεί τις δύο κύριες ζώνες μελέτης, με αυξητικές τάσεις να σημειώνονται τις περισσότερες φορές προς την υποπαραλιακή ζώνη. Σημαντική εξαίρεση και στις δύο παραλίες η αφθονία των κωπηπόδων που σημειώνει μέγιστα πάντα στη μεσοπαραλιακή ζώνη. Τα δεδομένα της μελέτης υποδεικνύουν επίσης υψηλότερες αφθονίες μειοβένθους και κωπηπόδων στη μεσοπαραλιακή ζώνη της εκτεθειμένης παραλίας της Παχιάς Άμμου, η οποία όμως εμφανίζει μικρότερη ποικιλότητα ως προς το Ελαφονήσι.

4.1 Γενικά μειοβενθολογικά χαρακτηριστικά στις παραλίες της Κρήτης

Οι μειοβενθικές αφθονίες που βρέθηκαν στη μεσοπαραλιακή ζώνη της Κρήτης ($300 - 10^4$ άτομα/10 cm²) εντάσσονται στο εύρος τιμών που έχουν καταγραφεί για τη μειοπανίδα στην αντίστοιχη ζώνη άλλων περιοχών (McIntyre 1969, Soyer 1985, Coull 1988, Olafsson 1991, Rodriguez et al. 2001, Rodriguez et al. 2003, Gheskiere et al. 2004, Rodriguez 2004). Ωστόσο, οι πολύ υψηλές τιμές που σημειώθηκαν στην Παχιά Άμμο και αγγίζουν τα 8 000 άτομα/10 cm² ξεπερνούν κατά πολύ τις αφθονίες που έχουν καταγραφεί από άλλες αμμώδεις παραλίες της Μεσογείου (Hulings 1971a, b, Hulings 1974, Hulings & Gray 1976, Covazzi et al. 2000, Moreno et al. 2004) και προσεγγίζουν αφθονίες που έχουν βρεθεί σε παλιρροϊκές παραλίες στον τροπικό (Renaud-Mornant & Serene 1967) και σε λασπώδεις παλιρροϊκούς βυθούς (mud-flat)

της Αγγλίας (Rees 1940, Ellison 1984). Σε αυτά τα περιβάλλοντα όμως, οι μεγάλες αφθονίες της μειοπανίδας οφείλονται στις ιδιαίτερα υψηλές αφθονίες των νηματωδών, σε αντίθεση με τη μεσοπαραλιακή ζώνη της Παχιάς Άμμου όπου η πλούσια συνάθροιση κωπηπόδων εξηγεί το μεγαλύτερο ποσοστό της αφθονίας της μειοπανίδας. Γενικότερα όμως, οι οποιεσδήποτε συγκρίσεις επιχειρούνται θα πρέπει να γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή και επιφύλαξη, καθώς οι διαφορετικές στρατηγικές δειγματοληψίας και η χρήση διαφορετικών μεθόδων συλλογής και ανάλυσης των δειγμάτων μπορεί να είναι υπεύθυνες για πιθανές διαφορές ή αποκλίσεις στις πυκνότητες της μειοπανίδας.

Στην υποπαραλιακή ζώνη των περιοχών μελέτης το μειοβένθος παρουσίασε αφθονίες μέσα στα όρια τιμών που έχουν καταγραφεί και σε άλλες υποπαραλιακές περιοχές (300 – 3500 άτομα/10 cm²). Στην πραγματικότητα όμως, η σύγκριση των παραλιών της Κρήτης με τις λίγες μόνο υπάρχουσες μελέτες περιβαλλόντων με παρόμοιο βάθος και υπόστρωμα (Arlt & Holtfreter 1975, Moeller et al. 1976, McLachlan et al. 1977b) αποκαλύπτει πως οι τιμές μειοβενθικής αφθονίας στην κοντινή υποπαραλιακή ζώνη της Κρήτης είναι κατά κανόνα μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερες (της τάξης του 10³ άτομα/10 cm²), ενώ είναι απολύτως συγκρίσιμες με τις μειοπανιδικές πυκνότητες που κατεγράφησαν στην υφαλοκρηπίδα του Κρητικού Πελάγους μέσα από πρόσφατες μελέτες της περιοχής (Danovaro et al. 2000, Lampadariou 2001).

Στα θαλάσσια ιζήματα η συνήθης ισορροπία στη σύνθεση του μειοβένθους έχει τους νηματώδεις ως το κυρίαρχο τάξο με τα κωπήποδα να ακολουθούν τις περισσότερες φορές στη δεύτερη θέση. Στις αμμώδεις παραλίες όμως, η σχετική αναλογία των κυρίαρχων αυτών στοιχείων του μειοβένθους μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με τη διάμετρο των κόκκων του ιζήματος. Έτσι, οι νηματώδεις κυριαρχούν σε λεπτά ιζήματα, τα κωπήποδα σε αδρά, ενώ σε ιζήματα με μέγεθος κόκκων μεταξύ 300 – 350 μm τα ποσοστά συμμετοχής των δύο ομάδων στο μειοβένθος είναι παρόμοια (McLachlan 1983). Επομένως, θα ήταν αναμενόμενο στις παραλίες αυτής της μελέτης όπου τα ιζήματα χαρακτηρίζονται σε γενικές γραμμές από μέτρια άμμο, να παρατηρείται συγκυριαρχία των δύο κύριων ομάδων του μειοβένθους, με μεγαλύτερη συμμετοχή των νηματωδών στη μεσοπαραλιακή ζώνη του Ελαφονησίου, στην οποία τα ιζήματα είναι λεπτότερα, και μεγαλύτερο ποσοστό κωπηπόδων στη μεσοπαραλιακή ζώνη της Παχιάς Άμμου όπου η μέση διάμετρος των ιζημάτων είναι τουλάχιστον κάποιους μήνες μεγαλύτερη από 300 μm. Τα

αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζουν αυτή την εικόνα συγκυριαρχίας στη σύνθεση του μειοβένθους μόνο όμως για κάποιους μήνες, ενώ η γενική τάση σε όλη τη διάρκεια της μελέτης εμφανίζει τους νηματώδεις κυρίαρχους στο Ελαφονήσι και τα κωπήποδα στη μεσοπαραλιακή ζώνη της Παχιάς Άμμου. Φαίνεται λοιπόν πως κι εδώ όπως και σε άλλες μελέτες, η μέση διάμετρος των κόκκων του ιζήματος δεν μπορεί να εξηγήσει τις παρατηρούμενες μετρήσεις. Ο Jansson το 1967 σε μία μελέτη για το ρόλο του μεγέθους των κόκκων και του μεσοδιαστηματικού νερού στη μειοπανίδα πρότεινε πως η ταξινόμηση του ιζήματος είναι περισσότερο καθοριστική, με την έννοια ότι σχετίζεται άμεσα με το διαθέσιμο χώρο που δημιουργείται μεταξύ των κόκκων της άμμου κι επομένως καθορίζει την υγρασία και την οξυγόνωση του ιζήματος. Οι Gray & Rieger (1971) συμφωνούν με την παραπάνω πρόταση κι επιπλέον θεωρούν πως η ταξινόμηση του ιζήματος είναι ενδεικτική του υδροδυναμισμού μιας περιοχής καθώς καλά ταξινομημένα ιζήματα βρίσκονται σε περιοχές που δέχονται έντονα κύματα, ρεύματα και παλίρροιες, ενώ αντιθέτως, κακή ταξινόμηση εμφανίζεται σε υποστρώματα με μικρό υδροδυναμισμό. Πραγματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης εμφανίζουν τους νηματώδεις να παρουσιάζουν θετική συσχέτιση με την ταξινόμηση του ιζήματος στη μεσοπαραλιακή ζώνη του Ελαφονησίου και τα κωπήποδα να συσχετίζονται αρνητικά τόσο με το συντελεστή ταξινόμησης όσο και με την υψομετρική θέση των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης μόνο όμως στην εκτεθειμένη παραλία της Παχιάς Άμμου, υποδηλώνοντας έτσι πως οι εντονότερες συνθήκες υδροδυναμισμού ευνοούν την αύξηση των πληθυσμών των κωπηπόδων. Αφθονότεροι πληθυσμοί κωπηπόδων σε εκτεθειμένες παραλίες έχουν βρεθεί και σε άλλες μελέτες (McLachlan 1977b, McLachlan et al. 1977b, Stobbe 2001, Rodriguez 2004) στις περιπτώσεις όμως αυτές η έντονη παρουσία των κωπηπόδων συσχετίστηκε παράλληλα και με το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος. Στη μεσοπαραλιακή ζώνη της Παχιάς Άμμου μόνο η αφθονία κάποιων από τους αφθονότερους πληθυσμούς κωπηπόδων συσχετίστηκε με τη μέση διάμετρο των κόκκων, όμως μέσα στο εύρος τιμών που καταγράφηκαν για τη συγκεκριμένη παράμετρο στη συγκεκριμένη παραλία μελέτης η συσχέτιση ήταν αρνητική, γεγονός που αντιτίθεται με τα μέχρι τώρα ευρήματα σχετικών μελετών. Αναπόφευκτα λοιπόν, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως παρά τις επανειλημμένες προσπάθειες να εξηγηθεί η σχετική αναλογία των διαφορετικών τάξεων του μειοβένθους, δεν υπάρχει ένα γενικευμένο πρότυπο σε σχέση με τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των παραλιών (ιζήμα, βαθμός έκθεσης, οξυγόνωση κ.ά.). Θα πρέπει μάλλον να δεχτούμε πως κάθε

παραλία έχει μοναδικά χαρακτηριστικά που σε συνδυασμό με την έντονη μεταβλητότητα και δυναμική του περιβάλλοντος δεν επιτρέπουν να προβλέψουμε και να απομονώσουμε τους παράγοντες εκείνους που ευθύνονται για την καταγεγραμμένη κυριαρχία κάποιων ομάδων.

4.2 Εποχικές μεταβολές

Οι εποχικές μεταβολές των φυτικών και ζωικών πληθυσμών είναι ο κανόνας στη φύση και αποτελούν απόκριση στην αλλαγή κάποιου περιβαλλοντικού παράγοντα. Η επίδραση της εποχικότητας του περιβάλλοντος στο βένθος είναι περισσότερο εμφανής στις παραλίες, καθώς εκεί η πανίδα εκτίθεται σε εντονότερες μεταβολές των φυσικών συνθηκών. Σε ένα παράκτιο οικοσύστημα μέγιστα μειοπανιδικής αφθονίας αναμένονται, τυπικά, κατά τους θερμότερους μήνες του χρόνου (τέλος άνοιξης – αρχές φθινοπώρου) και τουλάχιστον για κάποιες ομάδες οργανισμών, όπως τα κωπήποδα και τα βραδυπόρα, αυτή η εποχικότητα είναι μάλλον αναμενόμενη καθώς ακολουθεί τα αναπαραγωγικά μέγιστα που εμφανίζονται την άνοιξη και το καλοκαίρι (de Zio & Grimaldi 1966, McIntyre 1969, Hicks & Coull 1983). Καθώς οι ρυθμοί αναπαραγωγής και ανάπτυξης έχει βρεθεί ότι συσχετίζονται θετικά με τη θερμοκρασία (Hicks & Coull 1983, Heip et al. 1985), η αύξηση της αφθονίας κάποιων μειοβενθικών πληθυσμών τους θερμότερους μήνες αποδίδεται ουσιαστικά στην αντίστοιχη αύξηση της θερμοκρασίας. Άλλοι παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα τροφής (Lee et al. 1976, Olafsson & Elmgren 1997, Lampadariou 2001) και η θήρευση (Sibert 1979), μπορούν επίσης να ρυθμίζουν ή να τροποποιούν την αφθονία κάποιου πληθυσμού. Η παρατηρούμενη όμως εποχικότητα στην αφθονία είναι συνήθως αποτέλεσμα συνδυασμού διαφορετικών παραγόντων αφού στη φύση τα συστήματα είναι πολύπλοκα και η συσχέτιση των περιβαλλοντικών παραμέτρων αυξημένη.

Στη βιβλιογραφία, υπάρχουν καταγεγραμμένες και περιπτώσεις συγκεκριμένων πληθυσμών ειδών οι οποίοι αυξάνονται σημαντικά σε διαφορετικές εποχές του χρόνου (Hopper & Meyers 1967, McIntyre & Murison 1973, Bell 1979, Sibert 1979, Vernberg & Coull 1981). Προφανώς, σε αυτούς τους πληθυσμούς λειτουργούν διαφορετικοί μηχανισμοί των οποίων όμως η φύση δεν είναι ακόμη γνωστή. Η διαφοροποίηση αυτή θα μπορούσε να οφείλεται και πάλι σε απόκριση στην τροφή, στη θερμοκρασία ή σε θηρευτική πίεση ή ακόμη θα μπορούσε να είναι ένας τρόπος

καταμερισμού του ενδιαιτήματος μεταξύ δύο ανταγωνιστικών ειδών. Για παράδειγμα, οι Coull & Vernberg (1975) βρήκαν πως τα πολύ συγγενή είδη αρπακτικοειδών κωπηπόδων *Halectinosoma winonae* και *Pseudobradya pulchella* παρουσίαζαν μέγιστα αφθονίας σε διαφορετικές χρονικές περιόδους ως αποτέλεσμα χρονικού καταμερισμού του ενδιαιτήματος προκειμένου να αποφεύγουν το μεταξύ τους ανταγωνισμό για τους διαθέσιμους πόρους.

Οι κατάλληλα σχεδιασμένες εποχικές μελέτες για το μειοβένθος της Μεσογείου είναι λίγες (Soyer 1971, Dinet 1972, de Bovee & Soyer 1974, Hulings 1974, Fava & Volkmann 1975, Nodot 1976/78, 1977, Soyer 1980, de Bovee 1981, Dinet et al. 1982, Lampadariou 2001) ενώ οι περισσότερες από αυτές έχουν πραγματοποιηθεί στη Δυτική Μεσόγειο. Ωστόσο, όλες έχουν αποκαλύψει εποχικά πρότυπα στην αφθονία του συνόλου της μειοπανίδας, των νηματωδών ή των κωπηπόδων στην υποπαραλιακή και μεσοπαραλιακή ζώνη, με υψηλές αφθονίες να εμφανίζονται κι εδώ από το τέλος της άνοιξης έως και το φθινόπωρο και με δύο σημαντικά μέγιστα, ένα την άνοιξη και ένα το φθινόπωρο. Ο Soyer (1971) άμεσα και οι Bodiou & Chardy (1973) έμμεσα συνέδεσαν τις εποχικές μεταβολές του μειοβένθους και ιδιαίτερα των αρπακτικοειδών κωπηπόδων με τη θερμοκρασία, διαπιστώνοντας πως οι εποχικοί κύκλοι της αφθονίας μειώνονται καθώς αυξάνεται το βάθος μέχρι τα 70 μέτρα, ενώ βαθύτερα δεν παρατηρούνται ουσιαστικές μεταβολές εξαιτίας των πολύ μικρών μεταβολών της θερμοκρασίας. Ο Lampadariou (2001) ωστόσο, μελετώντας το μειοβενθικό οικοσύστημα του Αιγαίου και τους νηματώδεις απέδωσε τις εποχικές μεταβολές που εμφάνισε το μειοβένθος στην υφαλοκρηπίδα της Κρήτης μέχρι το βάθος των 130 μέτρων στις μεταβολές της τροφής.

Στις παραλίες της Κρήτης η μειοπανίδα και οι βασικές της ομάδες παρουσίασαν σημαντικές χρονικές διακυμάνσεις της αφθονίας τους, όμως αυτές διαφοροποιούνταν τόσο χωρικά, μεταξύ των παραλιών και των σταθμών, όσο και μεταξύ των ομάδων, με αποτέλεσμα να μην είναι ευκρινές ένα γενικό τυπικό εποχικό πρότυπο στις μεταβολές της αφθονίας. Ωστόσο, αυτό που παρατηρείται είναι μία γενική τάση αύξησης της αφθονίας τους θερμούς μήνες του χρόνου, η οποία ειδικά για την εκτεθειμένη παραλία της Παχιάς Άμμου συνοδεύεται από ιδιαίτερα χαμηλές τιμές το χειμώνα. Το κλασικό εποχικό πρότυπο που αναφέρεται συνήθως για τη μειοπανίδα με ένα μέγιστο αφθονίας την άνοιξη κι ένα δεύτερο το φθινόπωρο παρατηρείται μόνο στον πρώτο σταθμό της μεσοπαραλιακής ζώνης και των δύο παραλιών, στο σταθμό εκείνο όπου η επίδραση της θάλασσας και ιδιαίτερα του κυματισμού είναι μικρότερη.

Φαίνεται, λοιπόν, πως σε αυτή τη θέση της παραλίας η θερμοκρασία του αέρα και η αλλαγή των εποχών επιδρούν ισχυρότερα από άλλους παράγοντες στο μειοβένθος. Στο σταθμό της ακτογραμμής όμως, τα μέγιστα της αφθονίας αυξάνουν καθώς εμφανίζεται ένα σε κάθε εποχή. Θα ήταν αρκετά εύκολο οι μεταβολές αυτές της αφθονίας να αποδοθούν στη δυναμική του περιβάλλοντος το οποίο μεταβάλλεται έντονα μεταξύ ακραίων συνθηκών εξαιτίας του υδροδυναμισμού. Αυτή η εξήγηση γίνεται πολύ πιθανή αν παρατηρήσει κανείς τις εντονότερες διακυμάνσεις της αφθονίας στην πιο εκτεθειμένη παραλία της Παχιάς Άμμου. Τα πολλαπλά αυτά μέγιστα πρέπει όμως να επηρεάζονται κι ενδεχομένως να καθορίζονται κι από τις διακυμάνσεις των αφθονότερων ειδών. Αυτό φαίνεται χαρακτηριστικά στην περίπτωση της Παχιάς Άμμου όπου κυριαρχούν τα κωπήποδα, καθώς η ανάλυση της συνάθροισης των κωπηπόδων έδειξε να συμπίπτουν τα μειοπανιδικά μέγιστα με αυτά των αφθονότερων ειδών αρπακτικοειδών. Το ίδιο παρατηρείται και στο σταθμό 3 της ίδιας παραλίας, όπου η κυριαρχία του είδους *Arenopontia acantha* και η πολύ μεγάλη αφθονία των ανώριμων σταδίων κωπηπόδων εκτινάσσουν τη μειοπανιδική αφθονία πολύ ψηλά το καλοκαίρι. Επομένως, τα αίτια των χρονικών μεταβολών των άφθονων ειδών θα μπορούσαν να εξηγήσουν επίσης και τις παρατηρούμενες μεταβολές των επιμέρους τάξων αλλά και της μειοπανίδας γενικότερα.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει ακόμη το γεγονός πως στους σταθμούς 3 και 4 στο Ελαφονήσι, η μειοπανίδα και η πιο άφθονη ομάδα των νηματοδών, σε αντίθεση με την Παχιά Άμμο, έπειτα από τις πολύ χαμηλές αφθονίες των ζεστών μηνών του καλοκαιριού και του φθινοπώρου αυξάνουν σημαντικά τις αφθονίες τους το χειμώνα. Σε αυτή την περίπτωση θα μπορούσε να παίζει σημαντικό ρόλο η σύνθεση της νηματοπανίδας και οι διαφορές στα εποχικά πρότυπα κατανομής που έχει βρεθεί ότι εμφανίζουν διαφορετικά είδη νηματοδών (Heip et al. 1985). Σημαντικά όμως θα πρέπει να έχει επιδράσει στο μειοβένθος σε αυτούς τους σταθμούς της παραλίας κι ο συνεχής καθαρισμός της παραλίας κατά τη διάρκεια της πρώτης καλοκαιρινής περιόδου της μελέτης. Από τον Ιούλιο του 2001 και μέχρι το τέλος της τουριστικής περιόδου (μέσα Οκτώβρη) κάθε φορά που συγκεντρώνονταν φύκια σε υποθαλάσσιες θέσεις της παραλίας κοντά στην ακτή, συνήθως γύρω από το σταθμό 4, οι επιχειρήσεις που εκμεταλλεύονταν τουριστικά την παραλία τα απομάκρυναν σύροντάς τα μέχρι την ακτή με τσουγκράνες. Είναι λοιπόν πολύ λογικό, η απότομη μείωση της αφθονίας της μειοπανίδας και των νηματοδών να οφείλεται στη

συγκεκριμένη διατάραξη του οικοσυστήματος, η οποία με το που σταματά η ανθρωπογενής αυτή παρέμβαση ανακάμπτει και αρχίζει να αυξάνει.

Τα διαφορετικά κυρίαρχα είδη κωπηπόδων των δύο παραλιών που όπως φαίνεται επηρεάζουν σημαντικά τις διακυμάνσεις της μειοπανίδας, χαρακτηρίζονται από χρονικές μεταβολές της αφθονίας τους με τα περισσότερα από αυτά να εμφανίζουν αρκετά μέγιστα κατά τη διάρκεια ενός έτους και κάποια από αυτά να έχουν διαφορετική απόκριση σε κάθε σταθμό. Στην ανασκόπηση για την οικολογία των αρπακτικοειδών κωπηπόδων από τους Hicks & Coull (1983), αν και οι συγγραφείς πιστεύουν πως δεν υπάρχει ένα κοινό παγκόσμιο πρότυπο εποχικότητας της αφθονίας, τα περισσότερα είδη αναφέρονται να παρουσιάζουν μέγιστα αφθονίας τους πιο ζεστούς μήνες του χρόνου με λίγα μόνο να εμφανίζουν υψηλές αφθονίες τόσο τους θερμούς όσο και τους πιο ψυχρούς μήνες. Σε αρκετές όμως μεταγενέστερες μελέτες μεσοπαλιρροϊκών και ρηχών υποπαλιρροϊκών περιοχών (Coull & Dudley 1985, Bodiou et al. 1990, Fleeger & Shirley 1990, Schizas & Shirley 1994, 1996) η εποχικότητα δεν ήταν ιδιαίτερα εμφανής για πολλά είδη αρπακτικοειδών κωπηπόδων, αφού ουσιαστικά σε αυτά η αφθονία παρουσίαζε μηνιαίες ακανόνιστες διακυμάνσεις μεταξύ χαμηλών και υψηλών τιμών, χωρίς ωστόσο αυτές να μπορούν να αποδοθούν σε κάποια από τα συνήθη, προφανή αίτια, όπως είναι η αντίστοιχη προηγούμενη μεταβολή της ποσότητας της τροφής ή ο κύκλος ζωής των ειδών. Ο ίδιος λοιπόν προβληματισμός που παρέμενε σε αυτές τις μελέτες ως προς τα αίτια που προκαλούν τις παρατηρούμενες, σχεδόν μηνιαίες, διακυμάνσεις των περισσότερων μεσοδιαστηματικών μορφών κωπηπόδων δημιουργείται και στην παρούσα εργασία. Μία 'εύκολη' εξήγηση που θα μπορούσε να δοθεί θα συνέδεε το χρόνο γενιάς κάποιων ειδών με το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο μεγίστων αφθονίας. Κάτι τέτοιο, χωρίς να αποκλείεται, δεν είναι ιδιαίτερα πιθανό αφού σε αυτή την περίπτωση το πρότυπο διακύμανσης θα έπρεπε να είναι κοινό μεταξύ των σταθμών και των παραλιών για το ίδιο είδος, γεγονός που δε συμβαίνει με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Μία πιθανότερη εξήγηση, που εικάζουν κι οι Schizas & Shirley (1994) σε μία παρόμοια μελέτη ενός πληθυσμού αρπακτικοειδούς κωπηπόδου του γένους *Apolethon*, είναι η μετανάστευση ατόμων του ίδιου είδους από διαφορετικές θέσεις της παραλίας. Οι μετακινήσεις αυτές σε ένα πολύ δυναμικό περιβάλλον όπως αυτό των παραλιών θα μπορούσε να είναι απόκριση στις μεταβολές της ακτογραμμής, στον κυματισμό και στις μεταβολές των καιρικών συνθηκών. Πραγματικά, σε αμμώδεις παραλίες έχουν καταγραφεί μετακινήσεις της μειοπανίδας κατά πλάτος της

ακτογραμμής, οι οποίες ήταν μικρής χρονικής και χωρικής κλίμακας και συνδέθηκαν με την παλίρροια (McLachlan et al. 1977a). Στη βιβλιογραφία όμως, υπάρχουν αρκετές μελέτες που καταγράφουν την παθητική και ενεργητική μετακίνηση της μειοπανίδας και των ιδιαίτερα ενεργητικά μετακινούμενων αρπακτικοειδών κωπηπόδων, τόσο σε δυναμικά περιβάλλοντα, όπως οι λασπώδεις παλιρροϊκοί βυθοί, οι αμμώδεις παραλίες, τα ρυάκια εκβολικών συστημάτων όπου επικρατούν οι παθητικοί μηχανισμοί μετακίνησης, όσο και σε περισσότερο σταθερά περιβάλλοντα όπου οι μειοπανιδικοί οργανισμοί μετακινούνται κυρίως ενεργητικά με την άνοδο τους στη στήλη του νερού (ανασκόπηση από Palmer 1988, βλέπε επίσης Fleeger et al. 1995, Commito & Tita 2002, Thistle 2003, Ullberg & Olafsson 2003). Έτσι, σε αρκετές από αυτές τις μελέτες τα βενθικά κωπήποδα βρέθηκε να μετακινούνται ενεργητικά όταν οι συνθήκες υδροδυναμισμού ήταν ήπιες, ενώ στις περιπτώσεις όπου ο κυματισμός ή/και τα ρεύματα δημιουργούσαν έντονη διατάραξη τα κωπήποδα μεταφέρονταν σε άλλες θέσεις παθητικά, επιλέγοντας ως ενεργητική απόκριση στις έντονες υδροδυναμικές συνθήκες τη μετανάστευση σε βαθύτερα στρώματα του ιζήματος.

4.3 Κάθετες μεταναστεύσεις στη στήλη του ιζήματος

Οι εποχικές μεταβολές του μειοβένθους δε μεταφράζονται αποκλειστικά σε μεταβολές της απόλυτης αφθονίας αλλά είναι πιθανό να απεικονίζονται και στη μεταβολή της κατακόρυφης κατανομής της μειοπανίδας. Σημαντικές εποχικές κατακόρυφες μεταναστεύσεις έχουν βρεθεί σε αβαθείς περιοχές της υποπαλιρροϊκής και στη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη (Fenchel et al. 1967, Harris 1972a, b, McLachlan 1978, Huys et al. 1986) με κοινή παρατήρηση την επιφανειακή κατανομή της μειοπανίδας το καλοκαίρι και τη μετανάστευσή της σε βαθύτερα στρώματα κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Κατακόρυφες όμως μεταναστεύσεις εμφανίζονται και σε μικρότερα χρονικά διαστήματα στις παραλίες, όπως κατά τη διάρκεια της ημέρας ή ενός παλιρροϊκού κύκλου, ως απόκριση στη μεταβολή της στάθμης του νερού λόγω κυματισμού ή παλίρροιας, εξαιτίας βροχής ή ημερήσιων αλλαγών της θερμοκρασίας. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις η κατακόρυφη μετανάστευση της μειοπανίδας συνδέεται τόσο με τις μεταβολές της θερμοκρασίας όσο και με την κυματική δράση αποτέλεσμα των οποίων είναι αφενός η κατακόρυφη μετακίνηση του στρώματος Ασυνέχειας

Δυναμικού Οξειδοαναγωγής κι αφετέρου η ξήρανση ή εφύγρανση των επιφανειακών στρωμάτων του ιζήματος (Brown & McLachlan 1990).

Γενικά, σε μία τυπική κάθετη τομή της στήλης του ιζήματος το μειοβένθος συγκεντρώνεται κυρίως στα πρώτα εκατοστά, ενώ βαθύτερα η πυκνότητα των οργανισμών μειώνεται σχεδόν εκθετικά. Το πρότυπο αυτό κατανομής με τη μειοπανίδα, και ιδιαίτερα τα κωπήποδα, να περιορίζεται στα επιφανειακά στρώματα οφείλεται κυρίως στην έλλειψη οξυγόνου βαθύτερα στο ίζημα (Coull 1988, Giere 1993). Στις περισσότερες αμμώδεις παραλίες ωστόσο, η μειοπανίδα κατανέμεται βαθύτερα καθώς ακόμη και σε αρκετό βάθος μέσα στο ίζημα ο διάκενος χώρος μεταξύ των κόκκων της άμμου είναι μεγάλος, με αποτέλεσμα να είναι αντιστοίχως μεγάλη και η διαπερατότητά του σε νερό κι επομένως και η περιεκτικότητά του σε οξυγόνο. Ιδιαίτερα σε παραλίες υψηλής ενέργειας, όπου ο κυματισμός είναι έντονος κι έτσι η αναμόχλευση του ιζήματος ισχυρή, τα καλά οξυγονομένα στρώματα φτάνουν ακόμη και σε βάθος που ξεπερνά τα 50 cm. Σε αυτά τα περιβάλλοντα όμως, ιδιαίτερο ρόλο στη διαμόρφωση της κατανομής της μειοπανίδας παίζει και η ξήρανση του ιζήματος, καθώς η μειοπανίδα είναι ευαίσθητη στη μείωση του περιεχομένου του ιζήματος σε νερό (Jansson 1967) με αποτέλεσμα η βαθύτερη κατανομή της μέσα στο ίζημα να συνδέεται και με την αποφυγή της ξηρασίας στα επιφανειακά στρώματα (Brown & McLachlan 1990).

Στη ρηχή υποπαραλιακή ζώνη των περιοχών μελέτης η κάθετη κατανομή της μειοπανίδας εμφανίζεται ομοιόμορφη μέσα στο χρόνο, με το σύνολο σχεδόν των οργανισμών να συγκεντρώνεται στα πέντε πρώτα εκατοστά του ιζήματος, ακολουθώντας την τυπική κατανομή που παρουσιάζει το μειοβένθος στα περισσότερα περιβάλλοντα. Στη μεσοπαραλιακή ζώνη ωστόσο, τα ιζήματα μέτριας άμμου ήταν καλά οξυγονομένα επιτρέποντας έτσι στις μεσοδιαστηματικές μορφές του μειοβένθους να εισχωρήσουν σε αρκετό βάθος στη στήλη του ιζήματος. Κι ενώ καθόλη τη διάρκεια της μελέτης σε όλους τους σταθμούς της συγκεκριμένης ζώνης και στις δύο παραλίες η κάθετη κατανομή μεταβαλόταν χρονικά ως προς τις αφθονίες των κυριότερων ομάδων, δε φαίνεται οι μεταβολές αυτές να ακολουθούν κάποιο πρότυπο που να δικαιολογεί εποχικές κατακόρυφες μεταναστεύσεις ή απόκριση σε θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ των στρωμάτων. Η κατακόρυφη διαβάθμιση των οργανισμών διαφοροποιείται όμως μεταξύ των δύο παραλιών, με τη μειοπανίδα της εκτεθειμένης παραλίας της Παχιάς Άμμου να αποφεύγει τα πρώτα εκατοστά του ιζήματος, ενώ σε γενικές γραμμές συγκεντρώνεται στα ανώτερα στρώματα του

ιζήματος στην προστατευμένη παραλία του Ελαφονησίου. Ειδικά όμως στο σταθμό 2 στο Ελαφονήσι, όπου η επίδραση της κυματικής δράσης είναι μεγαλύτερη ως προς τους άλλους σταθμούς της παραλίας, τόσο το σύνολο των μειοβενθικών μεταζώων όσο και οι περισσότερες ταξινομικές ομάδες παρουσίασαν ομοιόμορφη κατανομή στα διαφορετικά στρώματα του ιζήματος για το μεγαλύτερο διάστημα της μελέτης ή ακόμη έδειξαν προτίμηση σε κάποιο από τα βαθύτερα στρώματα. Η περιοδική ξήρανση του επιφανειακού στρώματος του ιζήματος, που παρατηρήθηκε ουσιαστικά πιο έντονα μόνο στο σταθμό 1 στο Ελαφονήσι, ήταν μικρή και μάλλον απίθανο να επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την κάθετη κατανομή της μειοπανίδας των δύο παραλιών όπως έχει βρεθεί σε παλαιότερες μελέτες σχεδόν απαλιρροϊκών αμμωδών παραλιών (Fenchel et al. 1967, Jansson 1967). Σε μία τέτοια περίπτωση άλλωστε, θα περιμέναμε τα παρατηρούμενα πρότυπα να είναι διαφορετικά, με τη μειοπανίδα να συγκεντρώνεται στα βαθύτερα στρώματα στον πρώτο σταθμό και των δύο παραλιών. Αντίθετα, η κυματική δράση φαίνεται πως είναι ο παράγοντας κλειδί που μπορεί να εξηγήσει τις διαφορές στην κατακόρυφη κατανομή της μειοπανίδας μεταξύ των παραλιών αλλά και των διαφορετικών θέσεων στην ίδια παραλία, με τον εντονότερο κυματισμό να ωθεί τη μειοπανίδα βαθύτερα στο ίζημα. Τη σπουδαιότητα του κυματισμού για τη διαμόρφωση της κατακόρυφης κατανομής της μειοπανίδας τονίζουν επίσης και οι Rieder και Stobbe (2001) σε μία σχετική μελέτη μιας εκτεθειμένης αμμώδους παραλίας της Κρήτης (Καρτερός, Ηράκλειο).

Τα πιο άφθονα είδη αρπακτικοειδών κωπηπόδων της μεσοπαραλιακής ζώνης και των δύο παραλιών εμφανίζουν ένα κοινό πρότυπο κάθετης κατανομής, με τα περισσότερα από αυτά να κατανέμονται σχετικά ομοιόμορφα σε όλη τη στήλη του ιζήματος για το μεγαλύτερο διάστημα της μελέτης και με μέγιστες αφθονίες να σημειώνονται τους περισσότερους μήνες στα υποεπιφανειακά στρώματα. Ωστόσο, στο περιβάλλον έντονου υδροδυναμισμού της ακτογραμμής (σταθμός 2) τα κυρίαρχα είδη και των δύο παραλιών έδειξαν μία σαφή τάση αποφυγής της επιφάνειας του ιζήματος, όπου και καταγράφονταν σημαντικά χαμηλότερες τιμές της αφθονίας τους. Στο Ελαφονήσι όμως, δεν έλειψαν και είδη τα οποία τουλάχιστον σε κάποιες δειγματοληπτικές περιόδους ήταν αφθονότερα στο επιφανειακό στρώμα ιζήματος, όπως τα συγγενή είδη *Arenopontia nesaie* και *Arenopontia subterranea*. Τα αρπακτικοειδή κωπήποδα των αμμωδών παραλιών είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα απέναντι στους δύο καθοριστικούς για την κατακόρυφη κατανομή της μειοπανίδας παράγοντες, την οξυγόνωση και υγρασία του ιζήματος (Hicks & Coull 1983),

παράγοντες όμως που δεν είναι περιοριστικοί στις παραλίες μελέτης όπως φάνηκε από τις μετρήσεις του δυναμικού οξειδοαναγωγής και τη συχνότητα διαβροχής των σταθμών. Επιπλέον, σε αρκετές εργασίες έχει καταγραφεί ο κατακόρυφος διαχωρισμός των διαφορετικών ειδών αρπακτικοειδών κωπηπόδων μιας συνάθροισης, υποδεικνύοντας έτσι ως έναν πιθανό παράγοντα για τη διαμόρφωση της κάθετης κατανομής των κωπηπόδων το διαειδικό ανταγωνισμό (Hicks & Coull 1983). Τα αποτελέσματα όμως από την παρούσα μελέτη δεν μπορούν να υποστηρίξουν αυτή την υπόθεση καθώς τα περισσότερα από τα άφθονα είδη και των δύο παραλιών συνυπάρχουν στα ίδια βάθη μέσα στο ίζημα, παρουσιάζοντας πολλές φορές τα πληθυσμιακά τους μέγιστα στο ίδιο κλάσμα. Φαίνεται λοιπόν, πως τα βενθικά κωπήποδα πολύ απλά καταλαμβάνουν το σύνολο του ενδιαιτήματος που μπορούν να αξιοποιήσουν και να εκμεταλλευτούν, με τα περισσότερα από αυτά να αποφεύγουν τα πρώτα εκατοστά του ιζήματος, όπου ο υδροδυναμισμός είναι ιδιαίτερα έντονος, ενώ ορισμένα περισσότερο ανθεκτικά στο ασταθές περιβάλλον της επιφάνειας αναπτύσσονται σε σημαντικούς αριθμούς ακόμη κι εκεί.

4.4. Οριζόντια κατανομή και πανιδικές ζωνώσεις

Όπως συμβαίνει με τις περισσότερες πανιδικές μελέτες που αφορούν στις αμμώδεις παραλίες, έτσι και το θέμα της οριζόντιας κατανομής έχει συζητηθεί εκτενώς για τη μακροπανιδική συνιστώσα, ενώ αντίθετα η μειοπανίδα δεν έχει δεχτεί τόση προσοχή. Ωστόσο, ο McLachlan (1983) και οι Brown & McLachlan (1990) ανακεφαλαιώνοντας τα δεδομένα των διαφορετικών αυτών μειοβενθικών μελετών μέχρι τις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας κατέληξαν στο συμπέρασμα πως σε γενικές γραμμές η μειοπανίδα εμφανίζεται περισσότερο άφθονη και με μεγαλύτερο αριθμό ειδών στο μέσο της μεσοπαλιρροϊκής ζώνης (ζώνη κατακράτησης). Οι συγγραφείς υποστηρίζουν πως εκεί οι καθοριστικοί παράγοντες για το μειοβένθος, η περιεκτικότητα σε νερό και η κυκλοφορία του, η περιεκτικότητα σε οξυγόνο, η διαθεσιμότητα τροφής, η φυσική σταθερότητα, βρίσκονται σε ισορροπία και οι συνθήκες είναι ιδανικές για την ανάπτυξη μιας πλούσιας μειοπανίδας. Στα χρόνια που ακολούθησαν όμως, αν και παρουσιάστηκαν εργασίες που έρχονται σε συμφωνία με τη γενική αυτή άποψη (Nicholas & Hodda 1999, Rodriguez et al. 2001, Rodriguez 2004), εμφανίστηκαν και κάποιες που παρουσίαζαν το μειοβένθος αφθονότερο στο χαμηλότερο τμήμα της παραλίας, κοντά στην ακτογραμμή (Olafsson 1991, Gheskiere

et al. 2004, Moreno et al. 2004) με τις περισσότερες από αυτές να αφορούν μικροπαλιρροϊκές παραλίες.

Στην προστατευμένη παραλία του Ελαφονησίου η μειοπανίδα εμφανίζεται αφθονότερη στο σταθμό 4, εκεί όπου το σταθερά υποθαλάσσιο περιβάλλον επιτρέπει την παρουσία μίας κλασικής θαλάσσιας μειοβενθικής συνάθροισης, με τους κυρίαρχους νηματώδεις να σημειώνουν υψηλές αφθονίες. Αν περιοριστούμε αποκλειστικά στη μεσοπαραλιακή ζώνη, τότε θα διαπιστώσουμε πως με εξαίρεση τους νηματώδεις, οι υπόλοιπες ομάδες και το σύνολο των μειοβενθικών μεταζώων σημειώνουν χαμηλότερες τιμές αφθονίας στο σταθμό 3. Στη θέση αυτή ο μεγαλύτερος όγκος του ιζήματος είναι κορεσμένος σε νερό, όμως η ανανέωση και κυκλοφορία του είναι ελάχιστη, με αποτέλεσμα η μειοπανίδα και οι ιδιαίτερα ευαίσθητες συνιστώσες της, όπως τα κωπήποδα, να περιορίζονται στα επιφανειακά στρώματα, έχοντας έτσι μικρότερο διαθέσιμο χώρο προς ανάπτυξη.

Στην Παχιά Άμμο, μόνο η αφθονία των νηματωδών παρουσιάζει παρόμοια οριζόντια κατανομή όπως στο Ελαφονήσι. Τα μειοβενθικά μετάζωα και τα κωπήποδα, τα οποία εξηγούν άλλωστε το μεγαλύτερο ποσοστό της μειοπανίδας στη μεσοπαραλιακή ζώνη, εμφανίζουν τάσεις μείωσης της αφθονίας τους καθώς κινούμαστε προς την υποπαραλιακή ζώνη. Εκεί, η μειοβενθική συνάθροιση ανακτά επίσης την κλασική της μορφή, με τους νηματώδεις κυρίαρχους και τα υπόλοιπα τάξα να ακολουθούν σε αφθονία. Στη μεσοπαραλιακή ζώνη ωστόσο, αν και πάλι χαμηλότερες αφθονίες καταγράφονται στη ζώνη κορεσμού (σταθμός 3), τη φορά αυτή οι τιμές αφθονίας αυξάνουν προς και σημειώνουν μέγιστο στη ζώνη κατακράτησης, γεγονός που φαίνεται να επιβεβαιώνει τη γενική άποψη για την κατανομή της μειοπανίδας στη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη. Θα πρέπει όμως τα συγκεκριμένα αποτελέσματα να ειπωθούν με ιδιαίτερη προσοχή, όχι μόνο γιατί όπως έχει ήδη επισημανθεί μεταξύ των διαφορετικών μελετών έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικές στρατηγικές δειγματοληψίας και τεχνικές αναλύσεις, αλλά κυρίως γιατί η απουσία, σχεδόν, παλίρροιας στις παραλίες της Κρήτης σίγουρα τις διαφοροποιεί ως περιβάλλοντα από τις παλιρροϊκές περιοχές, ενώ ταυτόχρονα, ενισχύει το ενδεχόμενο για την ύπαρξη διαφορετικών περιβαλλοντικών διαβαθμίσεων κατά πλάτος της μάλλον στενής μεσοπαραλιακής ζώνης. Ωστόσο, σε μία συναφή μελέτη της κοντινής εκτεθειμένης παραλίας του Καρτερού (Stobbe 2001) τα μειοβενθικά μετάζωα και τα αρπακτικοειδή κωπήποδα φαίνεται να παρουσιάζουν ένα παρόμοιο πρότυπο οριζόντιας κατανομής της αφθονίας τους, με μέγιστα αφθονίας να

αναφέρονται σε μία θέση της παραλίας που θα μπορούσε να αντιστοιχεί στο σταθμό 1 της παρούσας μελέτης.

Η ερώτηση που έχει τεθεί πολλές φορές στην περίπτωση της μακροπανίδας των αμμωδών παραλιών για το κατά πόσο υπάρχουν διακριτές βιολογικές ζώνες σε αυτά τα περιβάλλοντα κι αν αυτές συμπίπτουν με το φυσικό διαχωρισμό ζωνών, προσεγγίστηκε και σε αυτή τη μελέτη μέσα από τη συνάθροιση των μειοβενθικών κωπηπόδων. Φάνηκε λοιπόν από τα αποτελέσματα των πολυμεταβλητών αναλύσεων που χρησιμοποιήθηκαν πως και στους δύο τύπους παραλιών οι συναθροίσεις των μειοβενθικών κωπηπόδων μπορούν να υποστηρίξουν ξεκάθαρα την ύπαρξη δύο βασικών βιολογικών ζωνών, οι οποίες αντιστοιχούν στις δύο κύριες ζώνες, την υποπαραλιακή και τη μεσοπαραλιακή. Μεταξύ αυτών, η σύσταση της πανίδας σε είδη αλλάζει σημαντικά, με τυπικές μεσοδιαστηματικές μορφές των οικογενειών *Leptopontiidae* και *Paramesochridae* να επικρατούν στους 3 πρώτους σταθμούς, ενώ στο ρηχό υποπαραλιακό σταθμό συνυπάρχουν ορυκτικές, επιβενθικές και μεσοδιαστηματικές μορφές κωπηπόδων διαφορετικών οικογενειών (*Ectinosomatidae*, *Diosaccidae*, *Parastenheliidae*, *Ameiridae*, *Leptopontiidae*, *Paramesochridae*). Η μεσοπαραλιακή ζώνη της προστατευμένης παραλίας του Ελαφονησίου διαχωρίζεται επιπλέον σε τρεις ζώνες, με το σταθμό 2 που αντιπροσωπεύει το περιβάλλον της ζώνης συνεχούς ροής να τοποθετείται ενδιάμεσως των σταθμών 1 (ζώνη κατακράτησης) και 3 (ζώνη κορεσμού) και να διαφοροποιείται από τον πρώτο μόνο σε μικρό βαθμό όπως φαίνεται από την ανάλυση ANOSIM. Πραγματικά, οι δύο πρώτοι σταθμοί στο Ελαφονήσι χαρακτηρίζονται από τα ίδια είδη και ουσιαστικά διαφέρουν ως προς το κέντρο κατανομής αυτών, με το *Kliopsyllus constrictus pacificus* να επικρατεί στο σταθμό 1 και το *Apodopsyllus arcuatus* στο σταθμό 2. Διαβάθμιση παρατηρείται ακόμη και μεταξύ μεσοπαραλιακής και υποπαραλιακής ζώνης, καθώς τα άκρα κατανομής αρκετών ειδών τόσο από το σταθμό 2 (*Apodopsyllus arcuatus*, *Arenopontia nesaie*) όσο κι από το σταθμό 4 (*Ectinosoma nov. spec.*, *Ameira pusilla*) εντοπίζονται στο σταθμό 3, ο οποίος και τοποθετείται μεταξύ των υπολοίπων της μεσοπαραλιακής ζώνης και της υποπαραλιακής. Στην εκτεθειμένη μεσοπαραλιακή ζώνη της Παχιάς Άμμου όμως, ο διαχωρισμός των σταθμών της μεσοπαραλιακής ζώνης δεν είναι σαφής, όπως φαίνεται στο αντίστοιχο διάγραμμα nMDS, με τη συνάθροιση των κωπηπόδων να μην παρουσιάζει σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο πρώτων σταθμών (δοκιμασία ANOSIM) ενώ μικρή είναι και η διαφοροποίησή της μεταξύ των σταθμών 2 και 3. Πραγματικά,

στους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης η σύνθεση των κωπηπόδων είναι σχεδόν ταυτόσημη και οι όποιες διαφορές συνδέονται σχεδόν αποκλειστικά με τη μεταβολή της αφθονίας των κυρίαρχων ειδών μεταξύ των σταθμών. Θα μπορούσαμε επομένως να ισχυριστούμε πως στην εκτεθειμένη παραλία της Παχιάς Άμμου η μεσοπαραλιακή ζώνη αποτελεί μία ενιαία βιολογική ζώνη για τη συνάθροιση των μειοβενθικών κωπηπόδων, της οποίας ο κύριος όγκος βρίσκεται γύρω από το σταθμό 1 ενώ τα άκρα της τοποθετούνται κοντά στο σταθμό 3. Φαίνεται λοιπόν, πως ο έντονος υδροδυναμισμός της παραλίας ‘ομογενοποιεί’ κατά κάποιο τρόπο την πανίδα στη μεσοπαραλιακή ζώνη, επιτρέποντας της να αναπτυχθεί σε θέσεις σχετικά προστατευμένες από την ένταση του κυματισμού και τη διαρκή αποσταθεροποίηση του υποστρώματος.

Τα δύο αυτά παραδείγματα παραλιών επιβεβαιώνουν το συμπέρασμα των McLachlan & Jaramillo (1995) για τη μακροπανίδα, πως στην πραγματικότητα οι ζωνώσεις στις αμμώδεις παραλίες είναι δυναμικές και ποικίλουν, καθώς ακολουθούν τις συνεχείς μεταβολές του περιβάλλοντος. Έτσι, οι ζώνες που καταλαμβάνουν τα διαφορετικά είδη δεν οριοθετούνται αυστηρά, αλλά αντίθετα, μεταβάλλονται διαρκώς και επικαλύπτονται. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα εμφανές στην περίπτωση της Παχιάς Άμμου, όπου το περισσότερο δυναμικό περιβάλλον της μεσοπαραλιακής ζώνης δεν επιτρέπει ουσιαστικά τη διάκριση μειοπανιδικών ζωνώσεων. Σε όμοια συμπεράσματα φαίνεται να μπορούμε να καταλήξουμε και με βάση τα δεδομένα για τις συναθροίσεις των νηματώδων δύο μικροπαλιρροϊκών παραλιών όπως παρουσιάζονται στην εργασία των Gheskiere et al. (2005), όμως τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να ειδικωθούν με ιδιαίτερη προσοχή αφού προκύπτουν από μία μόνο δειγματοληπτική προσπάθεια, που όπως έχει ήδη αναφερθεί αλλού, δεν επαρκεί για την ανίχνευση προτύπων πανιδικών κατανομών στα έντονα δυναμικά περιβάλλοντα των μικροπαλιρροϊκών αμμωδών παραλιών (Brazeiro & Defeo 1996).

Εργασίες που εξετάζουν τη ζώνωση των αρπακτικοειδών κωπηπόδων σε αμμώδεις παραλίες υπάρχουν (Noodt 1957, Harris 1972b, Mielke 1976, Moore 1979b), όλες όμως από αυτές αφορούν παραλίες στις οποίες κυρίαρχος φυσικός παράγοντας είναι οι παλίρροιες, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η σύγκριση των δεδομένων της παρούσας μελέτης με τις παλαιότερες. Ωστόσο, στη σχετική μελέτη της εκτεθειμένης παραλίας του Καρτερού (Stobbe 2001) η συνάθροιση των μειοβενθικών κωπηπόδων στη μεσοπαραλιακή ζώνη παρουσίασε παρόμοια σύσταση σε είδη, με κυρίαρχες μεσοδιαστηματικές μορφές οι οποίες έδειξαν να διαφοροποιούν

δύο σταθμούς που θα μπορούσαν να αντιστοιχούν στους σταθμούς 1 και 3 της παρούσας μελέτης. Στη μελέτη όμως αυτή ακολουθείται διαφορετική στρατηγική και τεχνική δειγματοληψίας και τα αποτελέσματα αφορούν μόνο σε ένα μικρό χρονικό διάστημα.

4.5 Ποικιλότητα: συγκρίσεις, πρότυπα και συσχετίσεις

Στα θαλάσσια ιζήματα έχουν περιγραφεί δύο κύριες διαβαθμίσεις της αφθονίας των ειδών, με το βάθος και με το γεωγραφικό πλάτος. Ο Sanders (1968) ήταν ο πρώτος που παρατήρησε τη μεταβολή της ποικιλότητας κατά μήκος αυτών των διαβαθμίσεων και υποστήριξε την αύξηση της βενθικής ποικιλότητας με το βάθος και από τους πόλους προς τον τροπικό. Παρόλο που η συγκεκριμένη μελέτη δέχτηκε έντονη κριτική, εξακολουθεί να αποτελεί σημείο αναφοράς για τη μελέτη της θαλάσσιας βιοποικιλότητας, αφού έδωσε το έναυσμα για μία σειρά συζητήσεων και αντιπαραθέσεων που συνεχίζονται και στις μέρες μας μέσα από μελέτες που στηρίζονται τόσο σε μακροπανιδικά (σχετικές αναφορές σε Gray 2002) όσο και σε μειοπανιδικά δεδομένα (Coull 1972, Thistle 1978, Dinét & Vivier 1979, Thistle 1983, Boucher & Lamshead 1995, Lamshead et al. 2000, Lamshead et al. 2001, Rex et al. 2001, Mokievsky & Azovsky 2002). Στις μελέτες αυτές φάνηκε πως η σχέση της μεταβολής της ποικιλότητας με το βάθος είναι μάλλον παραβολική χωρίς ωστόσο να υπάρχει ένα σαφές βαθυμετρικό όριο γύρω από το οποίο ο αριθμός των ειδών σταματά να αυξάνει. Ταυτόχρονα, οι μεταβολές της ποικιλότητας συνδέθηκαν αρκετές φορές και με άλλους παράγοντες εκτός από το βάθος, όπως για παράδειγμα με τα χαρακτηριστικά του ιζήματος. Όσον αφορά στη διαβάθμιση της ποικιλότητας με το γεωγραφικό πλάτος, φαίνεται να επιβεβαιώνεται η άποψη του Sanders μόνο όμως για το βόρειο ημισφαίριο.

Στα οικοσυστήματα των αμμωδών παραλιών, οι προσπάθειες για την ανεύρεση προτύπων βιοποικιλότητας και επεξήγησης αυτών έχει εστιαστεί και πάλι γύρω από τη μακροπανίδα, η οποία κατά γενική ομολογία εμφανίζεται φτωχή σε είδη (McLachlan 1983, Brown & McLachlan 1990). Μία από τις βασικές διαπιστώσεις για την ποικιλότητα των μακροβενθικών οργανισμών στις παραλίες είναι η κατά πλάτος μεταβολή της, με τάσεις μείωσης από το χαμηλότερο σημείο της παλίρροιας προς το ανώτερο και προς το σημείο θραύσης των κυμάτων (Christie 1976, McLachlan 1983, McLachlan et al. 1984, Brazeiro 1999, Degraer et al. 2003). Το γενικό αυτό πρότυπο

συνοδεύει κι ένα δεύτερο, το οποίο συνδέει την ποικιλότητα με τον τύπο της παραλίας. Πρώτος ο Bally (1981), συνοψίζοντας τα αποτελέσματα από 105 μελέτες συμπέρανε πως ο αριθμός των ειδών μειωνόταν με την αύξηση του βαθμού έκθεσης από τις προστατευμένες προς τις εκτεθειμένες παραλίες. Αργότερα όμως ο McLachlan (1990), σε μια ενδιαφέρουσα εργασία όπου μελέτησε τα πρότυπα μεταβολής των κυριότερων μακροπανιδικών παραμέτρων από 23 παραλίες σε διαφορετικές περιοχές της υδρογείου (Αυστραλία, Αφρική, Αμερική), αν και κατέληγε στα ίδια αποτελέσματα με τον Bally, πρότεινε ως καταλληλότερη τη σύνδεση της ποικιλότητας με τη μορφοδυναμική κατάσταση των παραλιών μέσα από τη γραμμική σχέση της με την κλίση της παραλίας και το συντελεστή του Dean (ένα μέτρο της μορφοδυναμικής κατάστασης). Σύμφωνα λοιπόν με τον McLachlan, η ποικιλότητα της μακροπανίδας αυξάνει καθώς κινούμαστε από το ανακλαστικό προς το σκεδαστικό άκρο της κατάταξης των παραλιών, πρότυπο που επιβεβαιώθηκε αργότερα κι από άλλους μελετητές (Defeo et al. 1992, Jaramillo & McLachlan 1993, McLachlan et al. 1993, Brazeiro 1999). Για την ερμηνεία του συγκεκριμένου προτύπου υιοθετήθηκε η υπόθεση του «αποκλεισμού από το κύμα διαβροχής» (swash exclusion hypothesis) (McLachlan 1990, McLachlan et al. 1993), σύμφωνα με την οποία ο βασικός παράγοντας που περιορίζει την κατανομή και ποικιλότητα των ειδών είναι το κύμα διαβροχής, και προτείνει ότι ένας αριθμός ειδών αποκλείεται από τη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη καθώς αυξάνει η ένταση και η συχνότητα του κύματος διαβροχής που ξεπερνά το επίπεδο κορεσμού. Ο Brazeiro (2001), ωστόσο, δεν αποδέχεται την ιδέα της ύπαρξης ενός μόνο παράγοντα που μπορεί να ρυθμίζει αποκλειστικά την κατανομή των ειδών στις παραλίες, καθώς τα είδη που συναντώνται εκεί εμφανίζουν διαφορετικές οικολογικές απαιτήσεις και κύκλους ζωής, κι επομένως δεν μπορεί να επηρεάζονται στον ίδιο βαθμό από ένα μόνο παράγοντα. Προτείνει, λοιπόν, ως καλύτερη επεξήγηση του παρατηρούμενου προτύπου μεταβολής της ποικιλότητας μεταξύ των παραλιών, την υπόθεση της «περιβαλλοντικής δριμύτητας από πολλαπλούς παράγοντες» (multicausal environmental severity), στην οποία εξηγεί πως το σκληρό περιβάλλον που βιώνουν οι οργανισμοί στη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη προκαλείται από τουλάχιστον τρεις παράγοντες, τη δυναμική του κύματος διαβροχής, το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος και την ισορροπία μεταξύ απόθεσης υλικού και διάβρωσης. Οι παράγοντες αυτοί υποστηρίζει πως, αν και μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους, ωστόσο, μπορούν να επιδρούν ανεξάρτητα στα είδη ή στις βιολογικές διεργασίες.

Λίγες μόνο μελέτες έχουν διαπραγματευτεί το θέμα της ποικιλότητας στις μειοβενθικές κοινωνίες των αμμωδών παραλιών, έχει φανεί όμως πως ο αριθμός των ειδών είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από αυτόν της μακροπανίδας, με πολλές παραλίες να εμφανίζουν περισσότερα από 100 μειοπανιδικά είδη. Η μειοβενθική ποικιλότητα συνήθως εμφανίζει το αντίθετο πρότυπο από αυτό της μακροπανίδας κατά πλάτος της παραλίας, με περισσότερα είδη στο μέσο και ανώτερο τμήμα της παραλίας και στη ζώνη απόσβεσης (Brown & McLachlan 1990, Lampadariou 1993, Gheskiere et al. 2004, Gheskiere et al. 2005). Όσον αφορά στη μεταβολή της ποικιλότητας μεταξύ των διαφορετικών τύπων παραλιών, η μοναδική εργασία που υπάρχει και στηρίζεται στη σύγκριση της συνάθροισης των νηματωδών δύο παραλιών ενδιάμεσου τύπου από μία μόνο δειγματοληπτική προσπάθεια (Gheskiere et al. 2005), υποδεικνύει κι εδώ αντίστροφο πρότυπο από αυτό της μακροπανίδας, με μεγαλύτερη ποικιλότητα να σημειώνεται στην παραλία που τείνει προς το ανακλαστικό άκρο της μορφοδυναμικής κατάταξης. Ωστόσο, οι McLachlan & Turner (1994) σε μία σημαντική εργασία για το μεσοδιαστηματικό περιβάλλον των αμμωδών παραλιών, προβλέπουν πως πλουσιότερη και αφθονότερη μεσοδιαστηματική πανίδα θα πρέπει να συναντάται στις παραλίες ενδιάμεσου τύπου, εκεί όπου η επίδραση των φυσικοχημικών παραμέτρων βρίσκεται σε ισορροπία. Η συγκεκριμένη υπόθεση όμως προτείνεται για παραλίες όπου η επίδραση του κυματισμού και της παλίνρροιας βρίσκονται επίσης σε ισορροπία.

Η ποικιλότητα των αρπακτικοειδών κωπηπόδων στις αβαθείς περιοχές παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα μεταξύ όλων των γεωγραφικών περιοχών, καθώς στις χαρακτηριστικές συναθροίσεις τους εμφανίζουν οικολογικά ισοδύναμα είδη με ένα έως τρία από αυτά να κυριαρχούν (Hicks & Coull 1983). Ακόμη και όταν δύο παραλίες διαφέρουν κατά πολύ σε βασικά χαρακτηριστικά όπως είναι η σύσταση του ιζήματος (άμμος – λάσπη), ο βαθμός έκθεσης, η βλάστηση, οι διαφορές στην ποικιλότητα των συναθροίσεων κωπηπόδων έχει βρεθεί πως δεν είναι σημαντικές (Coull & Fleeger 1977, Bell 1979, Fleeger 1980), γεγονός που υποδηλώνει πως συγκρίσιμες τιμές ποικιλότητας αναμένονται σε όλες τις αβαθείς περιοχές παγκοσμίως. Πραγματικά, ο μέσος όρος αριθμού ειδών στη μεσοπαραλιακή ζώνη των παραλιών της Κρήτης φαίνεται να εμπίπτει μέσα στο εύρος τιμών που έχουν βρεθεί σε παλαιότερες μελέτες αντίστοιχων ενδιαιτημάτων από διάφορες γεωγραφικές περιοχές (Fenchel et al. 1967, Gray & Rieger 1971, Harris 1972b, Mielke 1976, Moore 1979b, Mielke 1984, 1987, Mitwally & Montagna 2001, Stobbe 2001, George

2004) με τη συνάθροιση των βενθικών κωπηπόδων να εμφανίζει ιδιαίτερα χαμηλή ποικιλότητα κι ένα ή δύο είδη να κυριαρχούν σε κάθε σταθμό, ανάλογα με τη χρονική περίοδο. Ο συνολικός όμως αριθμός ειδών που καταγράφηκε στο σύνολο της μελέτης (98) ξεπερνά κατά πολύ ακόμη και τις υψηλότερες από τις προηγούμενες μετρήσεις σε αμμώδεις παραλίες. Συγκεκριμένα, ο Mielke (1976) σε μία εκτενή αλλά ποιοτική μελέτη μιας αμμώδους παραλίας ενός από τα περισσότερα μελετημένα νησιά (Sylt, Βόρειος Θάλασσα) κατέγραψε 61 είδη αρπακτικοειδών κωπηπόδων, ενώ ο ίδιος για τα νησιά Γκαλάπαγκος αναφέρει 60 είδη (Mielke 2003). Μικρότερα νούμερα αναφέρει τόσο ο Moore (1979b) από μία μελέτη 6 παραλιών στις βρετανικές ακτές (37 είδη) όσο και ο Harris (1972b), ο οποίος σε μία ετήσια μελέτη μίας παραλίας στην Κορνουάλη κατέγραψε μόνο 13 είδη. Όλες οι παραπάνω μελέτες όμως έχουν περιορίσει αποκλειστικά στη μεσοπαραλιακή ζώνη, ενώ η στρατηγική και ο τρόπος συλλογής των δειγμάτων σε κάθε μία από αυτές ήταν διαφορετικά. Δεν αποκλείεται όμως, χωρίς ωστόσο να μπορεί να τεκμηριωθεί εξαιτίας της διαφορετικής μεθοδολογίας, μέρος αυτών των διαφορών να οφείλεται στο διαφορετικό και ιδιαίτερο περιβάλλον της Μεσογείου.

Υπάρχουν όμως ευκρινή πρότυπα ποικιλότητας για τη συνάθροιση των αρπακτικοειδών στις δύο παραλίες μελέτης; Για την παραλία του Ελαφονησίου, όλοι οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν έδειξαν μία σαφώς υψηλότερη ποικιλότητα στην υποπαραλιακή ζώνη για το μεγαλύτερο διάστημα της μελέτης, ενώ μεγαλύτερη φαίνεται να είναι και η ομοιομορφία κατανομής των ατόμων στα είδη για το σταθμό 4. Επιπλέον, ο αριθμός των ειδών για το σύνολο των δειγματοληπτικών περιόδων αυξάνει από το σταθμό 1 προς το σταθμό 4, όμως αυτή η τάση δεν υποστηρίζεται στατιστικά και ανεξάρτητα για κάθε δειγματοληπτική περίοδο. Στην εκτεθειμένη παραλία της Παχιάς Άμμου, τα πρότυπα ποικιλότητας είναι περισσότερο δυσανάγνωστα, καθώς αρκετές φορές κατά τη διάρκεια του ενός έτους μελέτης η ποικιλότητα, ανεξάρτητα από το δείκτη που χρησιμοποιήθηκε, κυμάνθηκε μέσα στο ίδιο εύρος τιμών για όλους τους σταθμούς, ενώ κάποιους μήνες (Νοέμβρης – Γενάρης) μεγαλύτερη ποικιλότητα σημειώθηκε σε σταθμό της μεσοπαραλιακής ζώνης. Από τα παραπάνω λοιπόν, φαίνεται πως τα οριζόντια πρότυπα ποικιλότητας διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο της παραλίας και εμφανίζονται περισσότερο ακανόνιστα στην εκτεθειμένη παραλία. Στην περίπτωση όμως ενός προστατευμένου περιβάλλοντος, το υποθαλάσσιο κομμάτι της παραλίας υποστηρίζει περισσότερα είδη μειοβενθικών κωπηπόδων, χωρίς ωστόσο να υπάρχει κάποια ουσιαστική

διαφοροποίηση στην ποικιλότητα μεταξύ των διαφορετικών ζωνών της μεσοπαραλιακής.

Το επόμενο ερώτημα που προκύπτει και αποτελεί βασικό προβληματισμό στις μελέτες ανάλυσης ποικιλότητας, είναι η αναγνώριση των παραγόντων εκείνων που είναι υπεύθυνοι για την ετερογένεια στην ποικιλότητα. Ποιοι είναι οι λόγοι εκείνοι που οδηγούν σε μεγαλύτερη ποικιλότητα στην υποπαραλιακή ζώνη του Ελαφονησίου; Είναι οι ίδιοι που ευθύνονται για την παρόμοια ποικιλότητα μεταξύ των ζωνών στην Παχιά Άμμο; Οι αμμόδεις παραλίες θεωρούνται περιβάλλοντα με έντονη φυσική δυναμική και γι' αυτό υποστηρίζεται πως η δομή των βενθικών πληθυσμών τους είναι αποτέλεσμα της απόκρισης των οργανισμών στις μεταβολές βασικών φυσικών παραγόντων όπως είναι ο κυματισμός και το μέγεθος των σωματιδίων της άμμου (Jaramillo et al. 1993). Ο υδροδυναμισμός σίγουρα ήταν από τους καθοριστικούς παράγοντες στη διαμόρφωση της ποικιλότητας εντός κάθε παραλίας μελέτης, όπως φαίνεται από τις τιμές τόσο του συντελεστή ταξινόμησης όσο και του συντελεστή λοξότητας, δύο παραμέτρους που μπορούν να χαρακτηρίσουν το καθεστώς υδροδυναμισμού. Στο σταθμό της υποπαραλιακής ζώνης στο Ελαφονήσι, η χειρότερη ταξινόμηση του ιζήματος και οι αρνητικές τιμές του συντελεστή λοξότητας δηλώνουν ένα περιβάλλον που αν και υφίσταται κάποια φυσική διατάραξη, όπως μαρτυρούν οι ίδιες παράμετροι, εμφανίζει μεγαλύτερη σταθερότητα σε σχέση με αυτό της μεσοπαραλιακής ζώνης. Σύμφωνα με τη θεωρία της *Ενδιάμεσης Διατάραξης* που αρχικά υποστηρίχτηκε από τον Connell (1978) και αυξάνει αποδοχής συνεχώς από τους οικολόγους, σε ένα περιβάλλον μέτριων διαταράξεων αναμένεται μεγαλύτερη ποικιλότητα από ότι σε ένα περιβάλλον με μεγαλύτερο βαθμό διατάραξης ή μεγάλης σταθερότητας, αφού εκεί οι διαταράξεις δεν είναι τόσο ισχυρές ώστε να επιτρέψουν την ισχυρή κυριαρχία κάποιων ειδών, ενώ ταυτόχρονα, εμποδίζεται η δράση της ανταγωνιστικής εκτόπισης επιτρέποντας έτσι τη συνύπαρξη ανταγωνιστικών ειδών. Στην εκτεθειμένη παραλία της Παχιάς Άμμου, όμως, ο σταθμός της υποπαραλιακής ζώνης ανήκει στη ζώνη απόσβεσης, με αποτέλεσμα, όπως μαρτυρούν οι συντελεστές ταξινόμησης και λοξότητας, να δέχεται ισχυρές υδροδυναμικές διαταράξεις όπως και οι σταθμοί της μεσοπαραλιακής ζώνης, οδηγώντας έτσι σε μικρές αποκλίσεις της ποικιλότητας μεταξύ των δύο περιβαλλόντων.

Η διαθεσιμότητα τροφής, έτσι όπως καταμετρήθηκε μέσα από τις συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα και χρωστικών, φαίνεται να είναι άλλος ένας παράγοντας που

δικαιολογεί τη μεγαλύτερη ποικιλότητα κωπηπόδων στην υποπαραλιακή ζώνη του Ελαφονησίου. Οι υψηλότερες τιμές αυτών των παραμέτρων στο σταθμό 4, που ενδεχομένως συνοδεύονται κι από μεγαλύτερη ποικιλία διαφορετικών τύπων τροφής για τα κωπήποδα, (π.χ. διάτομα, βακτήρια, βλεφαριδοφόρα, φυτομαστιγωτά, τριπτόν, μύκητες, φύκη), επιτρέπουν, μάλλον, τη συνύπαρξη περισσότερων ειδών βενθικών κωπηπόδων, για τα οποία έχει βρεθεί μέσα από πειραματικές προσεγγίσεις ότι ακόμη και πολύ συγγενή είδη είναι επιλεκτικά σε διαφορετικές τροφές (σχετικές αναφορές εντός Hicks & Coull 1983). Αντίθετα, στην Παχιά Άμμο, οι διαφορές στις τιμές των συγκεντρώσεων αυτών των παραμέτρων μεταξύ των διαφορετικών ζωνών δεν είναι σημαντικές, υποστηρίζοντας, έτσι, τη σχετικά ομοιόμορφη ποικιλότητα σε αυτήν.

Η παραπάνω υποθέσεις για τη σπουδαιότητα της τροφής και του υδροδυναμισμού στη διαμόρφωση των προτύπων ποικιλότητας εντός των παραλιών δε φαίνεται να επιβεβαιώνεται επακριβώς από τις αναλύσεις συσχέτισης. Από τις ενδεικτικές για τον υδροδυναμισμό παραμέτρους, μόνο ο συντελεστής ταξινόμησης συσχετίστηκε θετικά και σε μικρό βαθμό με τους δείκτες ποικιλότητας στο Ελαφονήσι, ενώ ταυτόχρονα θετική συσχέτιση εμφανίστηκε μεταξύ της ποικιλότητας και των συγκεντρώσεων του ιζήματος σε οργανικό άνθρακα. Αντίθετα, οι περισσότεροι δείκτες ποικιλότητας στην ίδια παραλία έδειξαν αρνητική συσχέτιση με τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης *a*, γεγονός που θα πρέπει, μάλλον, να αποδοθεί στη επίδραση που ασκούν στο συντελεστή συσχέτισης οι μηνιαίες διακυμάνσεις της συγκεκριμένης παραμέτρου στους σταθμούς της μεσοπαραλιακής ζώνης.

Μέσα από τη μελέτη των δύο παραλιών επιβεβαιώνεται και το γενικό πρότυπο διαβάθμισης που έχει καταγραφεί για τη μακροπανιδική ποικιλότητα μεταξύ των διαφορετικών τύπων μεσοπαλιρροϊκών περιβαλλόντων, με την προστατευμένη παραλία του Ελαφονησίου να φιλοξενεί πλουσιότερη πανίδα βενθικών κωπηπόδων. Ουσιαστικά όμως, το συγκεκριμένο αποτέλεσμα αντιτίθεται στην πρόβλεψη των McLachlan & Turner που υποστηρίζει μεγαλύτερη ποικιλότητα μεσοδιαστηματικής ζωής σε ενδιάμεσου τύπου παραλίας, όπου κατατάσσεται η Παχιά Άμμος. Φαίνεται λοιπόν, πως σε παραλίες όπου πρακτικά δεν παρατηρούνται παλίρροιες κι έτσι ο κυματισμός αποτελεί το βασικό παράγοντα δυναμικής μεταβολής του περιβάλλοντος, τα προστατευμένα περιβάλλοντα πλεονεκτούν. Στις μεσογειακές ακτές, η έλλειψη σημαντικής παλίρροιας έχει ως αποτέλεσμα να μη δημιουργούνται στάσιμα νερά κι έτσι η οξυγόνωση του ιζήματος είναι επαρκής χωρίς να προκαλούνται εύκολα απότομες διαβαθμίσεις περιεκτικότητας σε οξυγόνο. Στην πραγματικότητα λοιπόν, σε

αυτά τα περιβάλλοντα οι μειοπανιδικοί οργανισμοί έχουν να αντιμετωπίσουν μόνο τη σφοδρότητα του κυματισμού, ο οποίος μπορεί, αφενός, να εξυπηρετεί την καλύτερη κυκλοφορία του νερού, αφετέρου όμως, προκαλεί την αποσταθεροποίηση του υποστρώματος, τη διαρκή μετακίνηση των σωματιδίων που βρίσκονται αναμειγμένα στο ίζημα, αλλά και την απομάκρυνση των οργανισμών από την αρχική τους θέση. Έτσι, σε ένα περισσότερο σταθερό περιβάλλον όπως αυτό στο Ελαφονήσι, όπου το ξέπλυμα του ιζήματος δεν είναι ισχυρό και η καθίζηση σωματιδίων τροφής είναι πιο εύκολη, τα μειοβενθικά μετάζωα μπορούν να κρατούν πιο εύκολα τις αρχικές τους θέσεις και να εκμεταλλεύονται τους περιβαλλοντικούς πόρους με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται μια πιο σταθερή βιοκοινωνία.

4.6 Μειοπανίδα και περιβάλλον: ποιοι παράγοντες καθορίζουν τη σύνθεση και κατανομή της στις αμμώδεις παραλίες χωρίς παλίρροια;

Η βασικότερη ιδέα που διέπει τη μελέτη των αμμωδών παραλιών είναι η διαμόρφωση του προφίλ μιας παραλίας και της σύνθεσης της πανίδας της μέσα από τους σύνθετους μηχανισμούς που δημιουργεί η αλληλεπίδραση δύο βασικών παραγόντων, της άμμου και των κυμάτων. Ο τύπος του υποστρώματος σε συνδυασμό με την υδροδυναμική που χαρακτηρίζει ένα παράκτιο περιβάλλον, οδηγεί σε διαφορετικούς τύπους παραλιών, σε διαφορετικές ζώνες κατά πλάτος μιας παραλίας και σε χρονικές μεταβολές της μορφής της, που ακολουθούνται από αντίστοιχες διαβαθμίσεις και διακυμάνσεις της χαρακτηριστικής πανίδας των συγκεκριμένων περιβαλλόντων.

Στις παραλίες της Κρήτης εντοπίστηκαν περιβαλλοντικές διαβαθμίσεις και διακυμάνσεις και στα τρία επίπεδα. Όμως, η μειοπανίδα στις μεσογειακές αυτές αμμώδεις παραλίες ρυθμίζεται μόνο από φυσικούς παράγοντες;

Και στους δύο τύπους παραλιών οι διαφορετικές αναλύσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν έδειξαν μία εμφανή μεταβολή στη σύνθεση και κατανομή της πανίδας μεταξύ της μεσοπαραλιακής και υποπαραλιακής ζώνης, αλλαγή η οποία φαίνεται να ακολουθεί τη διαφοροποίηση του περιβάλλοντος των δύο ζωνών. Ο περιβαλλοντικός αυτός διαχωρισμός των δύο ζωνών είναι περισσότερο ευκρινής στην προστατευμένη παραλία και εξηγείται μέχρι ενός βαθμού από τη διαφορετική επίδραση του υδροδυναμισμού, έτσι όπως αυτός εκφράζεται μέσα από βασικά ίζηματολογικά χαρακτηριστικά (συντελεστής λοξότητας, συντελεστής ταξινόμησης),

και από τη μεταβολή της τροφής εκφρασμένης ως συγκέντρωση χλωροφύλλης a και οργανικού άνθρακα. Η σύνθεση της συνάθροισης των κωπηπόδων φαίνεται να συνδέεται με αυτές τις παραμέτρους, με τη χλωροφύλλη a να φέρει κεντρικό ρόλο. Πραγματικά, όπως έδειξε η πολυμεταβλητή ανάλυση BIOENV, η σύνθεση και κατανομής της πανίδας των βενθικών κωπηπόδων στο Ελαφονήσι εξηγείται καλύτερα από την ταυτόχρονη δράση τεσσάρων παραγόντων, τη διαθεσιμότητα σε οργανικό άνθρακα και χλωροφύλλη a , τη συνολική ποσότητα φυτικής βιομάζας (CPE) και τη μέση διάμετρο των κόκκων του ιζήματος. Όταν η ανάλυση περιορίζεται σε μικρότερο υποσύνολο δεδομένων ώστε να συμπεριλάβει και το δυναμικό οξειδοαναγωγής, τότε αυτό αναδεικνύεται ως ένας από τους σημαντικούς παράγοντες για την ερμηνεία των πανιδικών προτύπων, όπως επίσης φαίνεται πως ο συντελεστής ταξινόμησης του ιζήματος μπορεί να εξηγήσει καλύτερα από τη μέση διάμετρο των κόκκων του ιζήματος τις μεταβολές στην πανίδα. Για άλλη μία φορά, στην εκτεθειμένη παραλία της Παχιάς Άμμου τα πρότυπα περιπλέκονται, καθώς ο διαχωρισμός της συνάθροισης των κωπηπόδων μεταξύ μεσοπαραλιακής και υποπαραλιακής ζώνης δε συνοδεύεται από την αντίστοιχη διαφοροποίηση των δύο περιβαλλόντων, γεγονός που θα πρέπει να εξηγεί και τη μικρή συσχέτιση της κατανομής των κωπηπόδων με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους που μετρήθηκαν. Όμως, και σε αυτή την περίπτωση, ο παράγοντας τροφή και τα ιζηματολογικά χαρακτηριστικά φαίνεται να παίζουν κάποιο ρόλο. Το αξιοσημείωτο όμως είναι πως οι παράμετροι αυτοί εκτοπίζονται από το δυναμικό οξειδοαναγωγής στα αποτελέσματα της ανάλυσης BIOENV, όταν αυτή εφαρμόζεται για το χρονικό διάστημα που υπάρχουν τιμές για το δυναμικό οξειδοαναγωγής.

Ποιος είναι όμως ο λόγος που και στις δύο παραλίες μελέτης, όπου στο ίζημα δεν εμφανίζονται προβλήματα οξυγόνωσης, το δυναμικό οξειδοαναγωγής αναδεικνύεται σε σημαντικό παράγοντα; Ενσωματώνοντας στην ανάλυση BIOENV τους μέσους όρους των μετρήσεων του συγκεκριμένου παράγοντα από διαφορετικά βάθη στο ίζημα, εκτός από ένα μέτρο της οξυγόνωσης του ιζήματος έχουμε ταυτόχρονα και μία ένδειξη της μεταβολής του βάθους του στρώματος Ασυνέχειας Δυναμικού Οξειδοαναγωγής. Το συγκεκριμένο στρώμα μετατοπίζεται ανάλογα με τις μεταβολές διαφόρων παραγόντων όπως είναι η θερμοκρασία, η βακτηριακή δραστηριότητα, η συγκέντρωση των διατόμων αλλά και ο κυματισμός (Giere 1993). Μπορούμε λοιπόν να υποθέσουμε ότι η σύνδεση της συνάθροισης των κωπηπόδων με το δυναμικό

οξειδοαναγωγής αποτελεί πιθανόν έναν ακόμη τρόπο συσχέτισης της υδροδυναμικής των παραλιών με τα πανιδικά πρότυπα.

Με την πολυμεταβλητή ανάλυση BIOENV γίνεται μία ακόμη σημαντική υπόδειξη. Φυσικοί παράγοντες όπως η κυματική δράση και τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος αποδεικνύονται και σε αυτή τη μελέτη βασικές παράμετροι στη διαμόρφωση της πανιδικής σύνθεσης όπως έχει υποστηριχθεί και για τη μακροπανίδα αντίστοιχων περιβαλλόντων (Jaramillo & McLachlan 1993, McLachlan et al. 1993, Defeo et al. 1997, Brazeiro 2001), όμως ο ρόλος τους φαίνεται να είναι περισσότερο καθοριστικός στη μεσοπαραλιακή ζώνη και στον εκτεθειμένο τύπο παραλίας, γεγονός μάλλον αναμενόμενο αφού σε αυτά τα περιβάλλοντα η ένταση του υδροδυναμισμού δεν είναι ευκαταφρόνητη. Αντίθετα, στο προστατευμένο άκρο των παραλιών και για τη διαφοροποίηση της πανίδας σε όλο το πλάτος της παραλίας, η διαθεσιμότητα της τροφής όπως εκφράζεται μέσα από την ποσότητα οργανικού άνθρακα και ιδιαίτερα της χλωροφύλλης *a*, φάνηκε να αυξάνει σε σπουδαιότητα και να καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τη συνάθροιση των μειοβενθικών κοπηπόδων. Δυστυχώς, η βιοχημική σύσταση του ιζήματος αν και θεωρείται βασικός παράγοντας για τη δομή των υποθαλάσσιων βιοκοινωνιών, στις περισσότερες μελέτες αμμωδών παραλιών έχει αγνοηθεί. Μόνο στην πολύ πρόσφατη μελέτη για τη νηματοπανίδα δύο μικροπαλιρροϊκών αμμωδών παραλιών (Gheskiere et al. 2005) η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα στο ίζημα βρέθηκε να επηρεάζει τα χαρακτηριστικά της δομής της συνάθροισης μιας σκεδαστικής παραλίας.

Μέσα από αυτή τη μελέτη φάνηκε για άλλη μία φορά πως η δομή των διαφορετικών βιοκοινωνιών στις αμμώδεις παραλίες δε μπορεί να εξηγηθεί από ένα μόνο παράγοντα. Το κύριο χαρακτηριστικό των συγκεκριμένων περιβαλλόντων είναι η συνεχής μεταβολή τους, η οποία όμως μπορεί να οφείλεται σε διαφορετικούς κάθε φορά παράγοντες ανάλογα με τη σχετική ένταση αυτών. Είναι επόμενο λοιπόν, οι μεταβολές των φυσικών παραγόντων να είναι ιδιαίτερης σημασίας για αυτά τα περιβάλλοντα, όμως, θα πρέπει να επανεξεταστεί η άποψη κατά πόσο είναι οι αποκλειστικές παράμετροι που συμβάλλουν στη διαμόρφωση των πανιδικών προτύπων.

4.7 Η θέση της παρούσας μελέτης στην έρευνα των αμμωδών παραλιών

Η βιολογική και οικολογική μελέτη του θαλάσσιου τμήματος των αμμωδών παραλιών υπολείπεται πολύ της μελέτης των παράκτιων οικοσυστημάτων. Το γεγονός αυτό δεν οφείλεται τόσο στο μικρό ενδιαφέρον που εκδηλώνεται στις μέρες μας για τα συγκεκριμένα οικοσυστήματα, αλλά κυρίως στην καθυστέρηση της εμφάνισης των πρώτων κατάλληλα σχεδιασμένων επιστημονικών ερευνών. Επιπλέον, οι πρώτες μελέτες των αμμωδών παραλιών αφορούσαν πρακτικά μόνο προστατευμένες ακτές και μόλις τη δεκαετία του '50 εμφανίστηκαν οι πρώτες μελέτες για ανοικτές ωκεάνιες παραλίες. Ο λόγος γι' αυτή την πρώτη 'αδιαφορία' απέναντι στις αμμώδεις παραλίες είναι πολύ απλός: για έναν οποιοδήποτε απλό παρατηρήτη οι αμμώδεις παραλίες μοιάζουν σχεδόν χωρίς ζωή.

Ακόμη και στις μέρες μας, πολύ βιολόγοι έχουν την άποψη πως τα είδη σε μία παραλία είναι μόνο λίγα. Ειδικά για την Ελλάδα, το κέντρο της ολιγοτροφικής Ανατολικής Μεσογείου, η άποψη αυτή μπορεί να φαίνεται πολύ πιθανή. Γι' αυτό, η παρούσα μελέτη, μέσα από την καταγραφή της εκπληκτικής αφθονίας της μειοπανίδας των ακτών της Κρήτης και την αποκάλυψη μιας πλούσιας συνάθροισης μικροσκοπικών καρκινοειδών, φιλοδοξεί ότι έπεισε και τον πιο δύσπιστο για το αντίθετο.

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '80 μπορούμε να ισχυριστούμε πως δεν υπήρχαν κάποιες βασικές αρχές που να θεμελιώνουν και να χαρακτηρίζουν τα οικοσυστήματα των αμμωδών παραλιών. Σε μεγάλο βαθμό αυτό ήταν το αποτέλεσμα του επιστημονικού υπόβαθρου των βιολόγων που δούλευαν με τις αμμώδεις παραλίες μέχρι τότε, καθώς οι περισσότεροι προέρχονταν από τον οργανωμένο ερευνητικό χώρο των ακτών σκληρού υποστρώματος. Έτσι, μάλλον ασυνείδητα, προσέγγιζαν τα πρότυπα ζωής στις αμμώδεις παραλίες ως τροποποιήσεις αυτών που είχαν συναντήσει στα σκληρά υποστρώματα. Δυστυχώς, ένα από τα σημαντικά προβλήματα που δημιούργησε αυτή η προσέγγιση ήταν ο περιορισμός των περισσότερων μελετών σε ένα μικρό κομμάτι των παραλιών, στη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη. Η συζήτηση γύρω από την αλληλεπίδραση και την πολυπλοκότητα των σχέσεων μεταξύ ζώνης απόσβεσης, μεσοπαλιρροϊκής ζώνης και της ενδότερης ζώνης της παραλίας ξεκίνησε μόλις το 1983 στο πρώτο διεθνές συνέδριο για τις αμμώδεις παραλίες (McLachlan & Erasmus 1983). Ωστόσο, η ζώνη απόσβεσης εξακολουθεί να αγνοείται στις περισσότερες μελέτες της θαλάσσιας συνιστώσας των αμμωδών παραλιών, καθώς σε πολλές

παραλίες αποτελεί τμήμα της υποπαραλιακής ζώνης. Η παρούσα όμως διατριβή θέλησε να ξεπεράσει αυτό τον 'εθισμό' και να παρουσιάσει μία πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στη μελέτη του σύνθετου αυτού οικοσυστήματος, αποδεικνύοντας πως η πανίδα της κοντινής υποπαραλιακής ζώνης παρουσιάζει μεγάλη συνάφεια με την πανίδα της μεσοπαραλιακής περιοχής.

Από τα σημαντικά μειονεκτήματα στο χώρο της οικολογίας των αμμωδών παραλιών που χρειάζεται πολλές ακόμη προσπάθειες για να ξεπεραστεί, είναι η προσπάθεια ανεύρεσης πανιδικών προτύπων στηριζόμενοι σχεδόν αποκλειστικά στη φτωχή μακροπανιδική συνιστώσα. Ένας ακόμη στόχος που φαίνεται λοιπόν να επιτεύχθηκε μέσα από αυτή τη μελέτη είναι η κάλυψη του παραπάνω σημαντικού κενού. Η επιτυχία αυτού του στόχου είναι διπλή, γιατί η παρούσα μελέτη συμβάλλει όχι μόνο στην ανίχνευση μειοπανιδικών προτύπων στις αμμώδεις παραλίες, αλλά επιπλέον, θέτει τις βάσεις για τα χαρακτηριστικά αυτών των προτύπων στο ιδιαίτερο περιβάλλον των αμμωδών παραλιών της Μεσογείου.

Παρά την προσπάθεια μέσα από αυτή τη μελέτη να γίνει μία πρώτη ολοκληρωμένη περιγραφή του μειοβενθικού οικοσυστήματος των ουσιαστικά απαλιρροϊκών παραλιών της Μεσογείου και να προσεγγιστούν βασικά ερωτήματα γύρω από αυτό, παραμένουν πολλά ακόμη υπό συζήτηση. Θα ήταν επομένως σημαντικό, να σχεδιαστούν πλέον νέες μελέτες, που όχι μόνο θα ρίχνουν φως στη βιολογία και οικολογία μεμονωμένων ομάδων του μειοβένθους, αλλά θα προσεγγίζουν διαφορετικές πτυχές του οικοσυστήματος με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Για παράδειγμα, ποιο είναι το βαθυμετρικό εκείνο σημείο που η μειοβενθική πανίδα σταματά να έχει τα χαρακτηριστικά μίας αμμώδους παραλιακής συνάθροισης και πώς αυτό διαφοροποιείται μεταξύ διαφορετικών τύπων παραλιών; Μεταβάλλονται τα μειοπανιδικά πρότυπα κατανομής κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα; Πώς επηρεάζουν το οικοσύστημα οι διαφορετικής έντασης τουριστικές δραστηριότητες;

Το μεσοδιαστηματικό περιβάλλον των αμμωδών παραλιών έχει περιγραφεί ως «ένα μεγάλο σύστημα επώασης και πέψης» (Pearse et al. 1942) λόγω του ρόλου του στην ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών και στην ανοργανοποίηση του οργανικού υλικού. Αυτές οι σημαντικές λειτουργίες καθορίζονται από τη φυσική διεργασία της διήθησης του νερού και πραγματοποιούνται μέσα από τη δραστηριότητα της μεσοδιαστηματικής πανίδας. Η σπουδαιότητα επομένως του μεσοδιαστήματος είναι αδιαμφισβήτητη. Παραμένει πλέον ως στόχος να κατανοήσουμε τους μηχανισμούς με τους οποίους το σύστημα αυτό μπορεί να παραμείνει βιώσιμο.

Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα

1. Οι συγκεντρώσεις οργανικού υλικού στις παραλίες μελέτης κυμάνθηκαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα (<0,3%) επιβεβαιώνοντας τη γενική εικόνα της χαμηλής περιεκτικότητας των παραλιών σε οργανικό υλικό. Ειδικά στην εκτεθειμένη παραλία της Παχιάς Άμμου οι συγκεντρώσεις ήταν ιδιαίτερα χαμηλές, ενισχύοντας έτσι την άποψη που θέλει τις προστατευμένες παραλίες να περικλείουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οργανικού υλικού.
2. Τα ιζηματολογικά χαρακτηριστικά, ο υδροδυναμισμός και η ποσότητα τροφής είναι βασικοί παράγοντες για τη διαφοροποίηση του περιβάλλοντος της μεσοπαραλιακής ζώνης του Ελαφονησίου από αυτό της υποπαραλιακής. Αντίθετα, στο περιβάλλον έντονου υδροδυναμισμού της εκτεθειμένης παραλίας της Παχιάς Άμμου, ο διαχωρισμός των δύο κύριων ζωνών μέσα από περιβαλλοντικές διαβαθμίσεις δεν είναι ευκρινής.
3. Οι συναθροίσεις των μειοβενθικών κωπηπόδων στις παραλίες μελέτης υποστηρίζουν ξεκάθαρα την ύπαρξη δύο βασικών βιολογικών ζωνών, οι οποίες αντιστοιχούν στις δύο κύριες ζώνες, την υποπαραλιακή και τη μεσοπαραλιακή.
4. Στη μεσοπαραλιακή ζώνη της προστατευμένης παραλίας η συνάθροιση των κωπηπόδων εμφανίζει ασθενή διαβάθμιση που ακολουθεί το γνωστό πρότυπο ζωνώσεων του Salvat. Στην εκτεθειμένη παραλία, όμως, ο εντονότερος υδροδυναμισμός 'ομογενοποιεί' την πανίδα της μεσοπαραλιακής, η οποία δε διαχωρίζεται σε επιμέρους βιολογικές ζώνες.
5. Το παράδειγμα της συνάθροισης των μειοβενθικών κωπηπόδων των δύο παραλιών επιβεβαιώνει το συμπέρασμα των McLachlan & Jaramillo για τη μακροπανίδα, που θέλει τις βιολογικές ζωνώσεις στις αμμώδεις παραλίες δυναμικές και μεταβαλλόμενες, καθώς ακολουθούν τις συνεχείς μεταβολές του περιβάλλοντος.
6. Η μελέτη των μειοβενθικών συναθροίσεων των δύο παραλιών επιβεβαιώνει την άποψη της ύπαρξης πολλαπλών καθοριστικών παραγόντων για τη διαμόρφωση της σύνθεσης και κατανομής της πανίδας στις αμμώδεις παραλίες. Φυσικοί παράγοντες όπως η κυματική δράση και τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος αποδεικνύονται

και σε αυτή τη μελέτη καθοριστικοί για τη διαμόρφωση της πανιδικής σύνθεσης, ιδιαίτερα στη μεσοπαραλιακή ζώνη και στην εκτεθειμένη παραλία. Αντίθετα, στην προστατευμένη παραλία και για τη διαφοροποίηση της πανίδας σε όλο το πλάτος μιας παραλίας, η διαθεσιμότητα της τροφής αυξάνει σε σπουδαιότητα και αποδεικνύεται μείζων παράγοντας.

7. Η ποικιλότητα των μειοβενθικών κωπηπόδων εμφανίζεται υψηλότερη στην προστατευμένη παραλία του Ελαφονησίου, γεγονός που συμφωνεί με το γενικό μακροπανιδικό πρότυπο της μείωσης της ποικιλότητας από το προστατευμένο προς το εκτεθειμένο άκρο των παραλιών.

8. Τα οριζόντια πρότυπα ποικιλότητας στις παραλίες της Κρήτης διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο της παραλίας. Στην περίπτωση ενός προστατευμένου περιβάλλοντος, το υποθαλάσσιο κομμάτι της παραλίας υποστηρίζει περισσότερα είδη, ενώ σε μια εκτεθειμένη παραλία τα πρότυπα εμφανίζονται ακανόνιστα. Ο υδροδυναμισμός και η τροφή φαίνεται να είναι οι καθοριστικοί παράγοντες για τη διαμόρφωση των προτύπων μειοπανιδικής ποικιλότητας.

9. Η σύνθεση της μειοβενθικής κοινωνίας μεταξύ των διαφορετικών τύπων παραλιών, με τους νηματώδεις να αποτελούν την κυρίαρχη ομάδα στο Ελαφονήσι και τα αρπακτικοειδή κωπήποδα στην Παχιά Άμμο.

10. Στην προστατευμένη παραλία του Ελαφονησίου, η μειοπανίδα εμφανίζεται αφθονότερη στην υποπαραλιακή ζώνη, καθώς το σταθερά υποθαλάσσιο περιβάλλον επιτρέπει την παρουσία μίας κλασικής θαλάσσιας μειοβενθικής συνάθροισης με τους κυρίαρχους νηματώδεις να σημειώνουν υψηλές αφθονίες. Αντίθετα, στην εκτεθειμένη παραλία της Παχιάς Άμμου, τα μειοβενθικά μετάζωα και τα κωπήποδα, εμφανίζουν τάσεις μείωσης της αφθονίας τους καθώς κινούμαστε προς την υποπαραλιακή ζώνη.

11. Στη μεσοπαραλιακή ζώνη και των δύο παραλιών χαμηλότερες μειοβενθικές αφθονίες καταγράφονται στη ζώνη κορεσμού. Εκεί, η ανανέωση και κυκλοφορία του νερού είναι ελάχιστη με αποτέλεσμα η μειοπανίδα να μην έχει κατακόρυφα πολύ διαθέσιμο χώρο προς ανάπτυξη.

12. Η μειοπανιδική αφθονία παρουσίασε μία γενική τάση αύξησης τους θερμούς μήνες και στις δύο παραλίες μελέτης, ενώ επιπλέον, στην εκτεθειμένη παραλία της

Παχιάς Άμμου, σημειώθηκαν ιδιαίτερα χαμηλές τιμές το χειμώνα. Το κλασικό εποχικό πρότυπο της μειοπανίδας με ένα μέγιστο αφθονίας την άνοιξη κι ένα δεύτερο το φθινόπωρο παρατηρείται μόνο στη ζώνη κατακράτησης, εκεί όπου η επίδραση της θάλασσας είναι μικρότερη και της θερμοκρασίας και των εποχών εντονότερη.

13. Τα διαφορετικά κυρίαρχα είδη κωπηπόδων χαρακτηρίζονται από αρκετά μέγιστα κατά τη διάρκεια ενός έτους. Πιθανότερη εξήγηση των παρατηρούμενων αυτών διακυμάνσεων είναι η μετανάστευση ατόμων του ίδιου είδους από διαφορετικές θέσεις της παραλίας ως απόκριση στις μεταβολές της ακτογραμμής, στην κυματική δράση και στις μεταβολές των καιρικών συνθηκών.

14. Η κατακόρυφη διαβάθμιση των μειοβενθικών οργανισμών της μεσοπαραλιακής ζώνης διαφέρει μεταξύ των δύο παραλιών, με τη μειοπανίδα της εκτεθειμένης παραλίας να αποφεύγει τα πρώτα εκατοστά του ιζήματος, ενώ, σε γενικές γραμμές, συγκεντρώνεται στα ανώτερα στρώματα του ιζήματος στην προστατευμένη παραλία. Η κυματική δράση φαίνεται πως είναι ο παράγοντας κλειδί για την επεξήγηση των κατακόρυφων προτύπων κατανομής, με τον εντονότερο κυματισμό να ωθεί τη μειοπανίδα βαθύτερα στο ίζημα.

15. Τα περισσότερα από τα κυρίαρχα είδη αρπακτικοειδών κωπηπόδων της μεσοπαραλιακής ζώνης και των δύο παραλιών κατανέμονται σχετικά ομοιόμορφα στη στήλη του ιζήματος για το μεγαλύτερο διάστημα της μελέτης και σημειώνουν μέγιστες αφθονίες τις περισσότερες φορές στα υποεπιφανειακά στρώματα. Ωστόσο, στο περιβάλλον έντονου υδροδυναμισμού της ακτογραμμής, τα κυρίαρχα είδη και των δύο παραλιών έδειξαν μία σαφή τάση αποφυγής της επιφάνειας του ιζήματος.

16. Ο συνολικός αριθμός ειδών μειοβενθικών κωπηπόδων που καταγράφηκε στο σύνολο της μελέτης (98) ξεπερνά κατά πολύ τις μέχρι σήμερα αναφορές από αμμώδεις παραλίες.

17. Η παρούσα διατριβή συμβάλλει στην προσπάθεια ανίχνευσης μειοπανιδικών προτύπων στις αμμώδεις παραλίες και ταυτόχρονα, καλύπτει το κενό που υπάρχει στη μελέτη των μεσογειακών ακτών και της μειοπανίδας, θέτοντας τις βάσεις για την ανάπτυξη της έρευνας στο ιδιαίτερο περιβάλλον των αμμωδών παραλιών της Μεσογείου.

Περίληψη

Οι αμμώδεις παραλίες αποτελούν τους λειτουργικούς συνδέσμους μεταξύ της θάλασσας και της χέρσου, όπου πραγματοποιείται μεταφορά θρεπτικών και προς τις δύο κατευθύνσεις. Ο διπλός ρόλος τους ως ασπίδες προστασίας απέναντι στη θάλασσα κι ως χώροι αναψυχής έχει δημιουργήσει τα τελευταία χρόνια ένα διαρκώς αυξανόμενο οικολογικό ενδιαφέρον για τη μελέτη των ιδιαίτερα δυναμικών και έντονα μεταβαλλόμενων αυτών περιβαλλόντων. Ωστόσο, οι μελέτες που εστιάζονται στην πλούσια και κυρίαρχη μειοπανίδα των αμμωδών παραλιών είναι ελάχιστες και μόνο λίγες, κυρίως περιγραφικές, αφορούν στο ιδιαίτερο σχεδόν απαλιρροϊκό περιβάλλον των ακτών της Μεσογείου. Η παρούσα διατριβή σχεδιάστηκε λοιπόν για να καλύψει αυτό το κενό μελετώντας την οικολογία του μειοβένθους και των κωπηπόδων των αμμωδών παραλιών μέσα από τη δυναμική των εποχικών και χωρικών μεταβολών τους.

13 μηνιαίες δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε δύο παραλίες της Κρήτης με διαφορετική γεωγραφική θέση, το Ελαφονήσι και την Παχιά Άμμο, οι οποίες σύμφωνα με το σύστημα κατάταξης του McLachlan κατατάσσονται στο προστατευμένο και εκτεθειμένο άκρο των διαφορετικών τύπων παραλιών αντίστοιχα. Σε κάθε παραλία οι δειγματοληψίες πραγματοποιούνταν κατά μήκος μίας διατομής με τέσσερις σταθμούς, η οποία εκτεινόταν μεταξύ της μεσοπαραλιακής και της κοντινής υποπαραλιακής ζώνης. Οι τρεις πρώτοι σταθμοί ανήκαν πάντα στη ζώνη διαβροχής και αντιστοιχούσαν στη ζώνη κατακράτησης, τη ζώνη συνεχούς ροής και τη ζώνη κορεσμού έτσι όπως περιγράφονται από το Salvat, ενώ ο τέταρτος σταθμός βρισκόταν σε βάθος 1 m. Κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών συλλέγονταν από κάθε σταθμό με πυρηνοδειγματολήπτη πέντε επαναληπτικά δείγματα ιζήματος μέχρι βάθος 30 cm, τα οποία στη συνέχεια διαχωρίζονταν σε κλάσματα των 5 cm. Τρία από τα επαναληπτικά δείγματα προορίζονταν για πανιδική ανάλυση και δύο για τη μέτρηση στο εργαστήριο περιβαλλοντικών παραμέτρων (συγκέντρωση χλωροπλαστικών χρωστικών και οργανικού άνθρακα, ιζηματολογικά χαρακτηριστικά). Επιπλέον, στο πεδίο γίνονταν μετρήσεις θερμοκρασίας, αλατότητας και δυναμικού οξειδοαναγωγής στο ίζημα, ενώ ταυτόχρονα καταγράφονταν μηνιαία το προφίλ κάθε παραλίας.

Μία σειρά από στατιστικές μεθόδους μονομεταβλητής και πολυμεταβλητής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν για την πανιδική ανάλυση δεδομένων και η σειρά των

αριθμών του Hill υπολογίστηκε για τη μέτρηση της ποικιλότητας των βενθικών κωπηπόδων. Οι συγκρίσεις της αφθονίας των κύριων τάξων και των κυρίαρχων ειδών κωπηπόδων καθώς επίσης και οι συγκρίσεις των δεικτών ποικιλότητας στο χώρο και στο χρόνο έγιναν με χρήση ANOVA και δοκιμασίας Kruskal-Wallis. Ο δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis υπολογίστηκε μεταξύ των διαφορετικών σταθμών και μηνών προκειμένου να διερευνηθούν τα πιθανά πρότυπα πανιδικών ζωνώσεων μέσα από την εφαρμογή μη-μετρικής Πολυδιάστατης Διαβάθμισης (nMDS) και Ανάλυσης Συστάδων (Cluster Analysis). Για την εξέταση της ύπαρξης περιβαλλοντικών διαβαθμίσεων στο χώρο και στο χρόνο εφαρμόστηκε στα περιβαλλοντικά δεδομένα Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA).

Αν και διαφορετικού τύπου, οι δύο παραλίες μελέτης εμφάνισαν κοινά χαρακτηριστικά στη μεσοπαραλιακή ζώνη, όπως είναι το καλά οξυγονωμένο υπόστρωμα μέτριας άμμου, η απότομη κλίση στο μέτωπο της παραλίας και η χαμηλή περιεκτικότητα του ιζήματος σε οργανικό άνθρακα και χλωροπλαστικές χρωστικές. Σε αυτές τις παραμέτρους στηρίχθηκε η διαφοροποίηση του περιβάλλοντος της μεσοπαραλιακής ζώνης της προστατευμένης παραλίας του Ελαφονησίου από τη ρηχή υποπαραλιακή ζώνη.

Μεταξύ των δύο παραλιών παρατηρείται διαφορετική μειοβενθική σύνθεση, με επικράτηση των νηματωδών στην προστατευμένη παραλία και κυριαρχία των κωπηπόδων στην εκτεθειμένη. Οι μειοβενθικές αφθονίες παρουσιάζουν μία γενική τάση αύξησης τους θερμούς μήνες με την εποχικότητα να είναι ιδιαίτερα εμφανής στη ζώνη κατακράτησης. Ο υδροδυναμισμός φαίνεται να παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της κάθετης κατανομής της μειοπανίδας ωθώντας τους μεσοδιαστηματικούς οργανισμούς βαθύτερα στο ίζημα στην εκτεθειμένη παραλία της Παχιάς Άμμου, ενώ συγκεντρώνονται στα πρώτα κλάσματα του ιζήματος στο Ελαφονήσι. Τα περισσότερα κυρίαρχα είδη κωπηπόδων εμφάνισαν πολλαπλά μέγιστα κατά τη διάρκεια της μελέτης και τάσεις αποφυγής του επιφανειακού στρώματος ιζήματος και στις δύο παραλίες ως αποτέλεσμα της διαρκούς μετακίνησης της ακτογραμμής, των καιρικών μεταβολών και της κυματικής δράσης.

Η ποικιλότητα των βενθικών κωπηπόδων στις παραλίες μελέτης εμφανίζει παρόμοιο πρότυπο με αυτό που έχει περιγραφεί για τις μακροπανιδικές συναθροίσεις, καθώς υψηλότερες τιμές σημειώνονται στην προστατευμένη παραλία. Ωστόσο, τα οριζόντια πρότυπα ποικιλότητας διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο παραλίας, με την υποπαραλιακή ζώνη της προστατευμένης παραλίας να φιλοξενεί μεγαλύτερο αριθμό

ειδών σε σχέση με τη μεσοπαραλιακή ζώνη. Αντίθετα, στο περιβάλλον της εκτεθειμένης παραλίας τα πρότυπα ποικιλότητας εμφανίζονται ακανόνιστα και ετερογενή στο χρόνο. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις, καθοριστικοί παράγοντες για τα παρατηρούμενα πρότυπα ποικιλότητας είναι ο κυματισμός και η τροφή.

Οι συναθροίσεις των μειοβενθικών κωπηπόδων υποστηρίζουν την ύπαρξη δύο βιολογικών ζωνών και στις δύο παραλίες μελέτης, οι οποίες αντιστοιχούν στην υποπαραλιακή και μεσοπαραλιακή ζώνη. Τα παρατηρούμενα πρότυπα ζωνώσεων στη μεσοπαραλιακή δε φαίνεται να ακολουθούν τα παραδοσιακά μακροπανιδικά σχήματα, ειδικά στην εκτεθειμένη παραλία, επιβεβαιώνοντας την άποψη των έντονα και δυναμικά μεταβαλλόμενων βιολογικών ζωνώσεων ως απόκριση στο επίσης έντονα μεταβαλλόμενο περιβάλλον των αμμωδών παραλιών.

Summary

Sandy beaches are dynamic interfaces between sea and land, where nutrients are transferred in both directions. In recent years, an increasing interest for the study of these dynamic and continuously changing environments has arisen due to their significance both as buffer zones against the sea and as recreational assets. However, there is a limited number of studies focused on the rich and dominant meiofauna of the sandy beaches while, only few of them, mainly descriptive, are considering the unique, almost atidal environment of most mediterranean shores. Therefore, the present study is aiming at contributing to the knowledge of the ecology of sandy beach meiobenthos through the investigation of the seasonal and spatial dynamics of the meiofauna and the meiobenthic copepods in particular.

A 13-month sampling design was applied to two geographically spaced sandy beaches in Crete, namely Elafonissi and Pahia Ammos (Greece, Eastern Mediterranean), which according to the exposure rating system of McLachlan are classified as sheltered and exposed respectively. At each beach, sediment samples were collected by means of an acrylic tube corer along a transect extending from the mediolittoral to the nearshore sublittoral zone. Three stations were located on the swash zone corresponding to the retention, resurgence and saturation zones of Salvat's intertidal zonation scheme, while a fourth station at 1 m depth was sampled at the sublittoral. Triplicate cores of 30 cm sediment depth from each station were used for meiofaunal analyses while two additional cores were collected for measuring organic carbon and chloroplastic pigments concentrations as well as for grain size analysis. Each sediment core was subdivided in 6 equal fractions in order to investigate the vertical distribution of faunal and environmental parameters. Temperature, salinity and Eh were also measured for each sediment layer and the beach profile of each site was measured monthly.

Several uni- and multi-variate statistical techniques were applied for the data analyses and Hill's diversity numbers were calculated for estimating the diversity of meiobenthic copepods. The abundances of major taxa and dominant harpacticoid species as well as diversity indices were compared in space and time using ANOVA and the Kruskal-Wallis test. Bray-Curtis similarities were calculated between different stations and months in order to examine the faunal zonation patterns by non-metric

Multi-Dimensional Scaling (nMDS) and Cluster Analysis. For defining the plausible environmental gradients Principal Component Analysis (PCA) was applied on the environmental data.

Though the two study sites experience different degree of exposure, they share common features, namely, the well oxygenated substratum of medium sand, the steep slope of the beach face and the low level of organic carbon and chloroplastic pigments in the sediment. These factors are also accounting for the differentiation of the medio- and sub-littoral zones in the sheltered sandy beach at Elafonissi.

Meiobenthic composition differs between the two beaches, as nematodes predominate in sheltered conditions and copepods in the exposed environment. Meiobenthic abundances were higher during warm months and seasonal differences were more pronounced in the retention zone. Hydrodynamism seems to be the key factor explaining the vertical meiofaunal distribution forcing the interstitial animals to move deeper into the sediment at the exposed beach of Pahia Ammos, while in the sheltered beach at Elafonissi, the meiofauna appears closer to the upper layers of the sediment. During this study, most of the dominant copepod species displayed several peaks of abundance as well as a trend towards avoidance of the surface sediment layer in both types of beaches as a result of the movement of the shoreline, the wave action and weather changes.

Benthic copepod diversity is higher in the sheltered environment of Elafonissi beach, exhibiting a pattern similar to that described for macrofaunal communities. However, the across-shore diversity patterns differ with regard to the beach type. In the sheltered beach the sublittoral zone hosts a higher number of species in comparison with the mediolittoral zone, while at the exposed sandy beach the horizontal diversity patterns appear irregular and heterogeneous in time. Hydrodynamic conditions and food availability are always assumed to be the main control factors influencing the observed patterns.

The meiobenthic copepod assemblages support the existence of two biological zones in both types of beaches, which correspond to the medio- and sub-littoral zones. However, the zonation patterns in the mediolittoral zone do not agree with the traditional macrofaunal schemes, especially with regard to the exposed beach, reinforcing thus the view that biological zonations are intensively and dynamically changing as a response to the continuously fluctuating environment of sandy beaches.

Βιβλιογραφία

- Amjad S, Gray JS (1983) Use of the Nematode-Copepod ratio as an index of organic pollution. *Marine Pollution Bulletin* 14:178-181
- Arlt G, Holtfreter J (1975) Verteilung, Zusammensetzung und jahreszeitliche fluctuationen der meiofauna im Barther Bodden (Darss-Zingster Boddenkette). *Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe* 6:743-751
- Austen MC, Warwick RM (1989) Comparison of univariate and multivariate aspects of estuarine meiobenthic community structure. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 29:23-42
- Bally R (1981) The ecology of three sandy beaches on the west coast of South Africa. PhD Thesis, University of Cape Town
- Barros F, Underwood AJ, Lindegarth M (2002) A preliminary analysis of the structure of benthic assemblages of surf zones on two morphodynamic types of beach. *Journal of the Marine Biological Association* 82:353-357
- Bayed A (2003) Influence of morphodynamic and hydroclimatic factors on the macrofauna of Moroccan sandy beaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58:71-82
- Bell SS (1979) Short- and long- term variation in a high marsh meiofauna community. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 9:331-350
- Bianchi TS, Findlay S, Fontvieille D (1991) Experimental degradation of plant materials in Hudson River sediments. I. Heterotrophic transformations of plant pigments. *Biogeochemistry* 12:171-187
- Bodin P (1977) Les peuplements de copépodes harpacticoides (Crustacea) des sédiments meubles de la zone intertidale des côtes charentaises (Atlantique). *Mémoires du Muséum National d' Histoire Naturelle, serie A* 104:1-120
- Bodin P (1997) Catalogue of the new marine harpacticoid copepods. *Documents de travail de l' Institut des Sciences Naturelles de Belgique*, 89:1-304
- Bodiou JY, Chardy P (1973) Analyse en composantes principales du cycle annuel d' un peuplement de copépodes harpacticoides des sables infralittoraux de Banyuls-sur-Mer. *Marine Biology* 20:27-34

- Bodiou JY, Delille D, Tito de Morais L (1990) Influence of organic matter and climatic factors on the harpacticoid copepod (Crustacea) population from the well sorted fine sands of Banyuls Bay. *Helgolander Meeresuntersuchungen* 44:265-274
- Boucher G (1972) Distribution quantitative et qualitative des nématodes d' une station de vase terrigène côtière de Banyuls-Sur-Mer. *Cahiers de Biologie Marine* 13:457-474
- Boucher G, Lamshead PJD (1995) Ecological biodiversity of marine nematodes in samples from temperate, tropical and deep sea regions. *Conservation Biology* 9:1594-1604
- Bray RJ, Curtis JT (1957) An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27:325-349
- Brazeiro A (1999) Community patterns in sandy beaches of Chile: richness, composition, distribution and abundance of species. *Revista Chilena de Historia Natural* 72:99-111
- Brazeiro A (2001) Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: what are the underlying factors? *Marine Ecology Progress Series* 224:35-44
- Brazeiro A, Defeo O (1996) Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: is it possible to identify patterns in such variable environments? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 42:523-536
- Brown AC, McLachlan A (1990) *Ecology of sandy shores*. Elsevier, Amsterdam
- Brown J, Colling A, Park D, Phillips J, Rothery D, Wright J (1994) *Waves, tides and shallow-water processes*. The Open University, Pergamon
- Buchanan JB (1984) Sediment analysis. In: Holme NA, McIntyre AD (eds) *Methods for the study of Marine Benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p 41-65
- Caswell H (1976) Community structure: a neutral model analysis. *Ecological Monographs* 46:327-354
- Christie ND (1976) A numerical analysis of the distribution of a shallow sublittoral sand macrofauna along a transect at Lamberts Bay, South Africa. *Transactions of the Royal Society of the South Africa* 42:149-172
- Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143

- Clarke KR, Ainsworth M (1993) A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series* 92:205-219
- Clarke KR, Green RH (1988) Statistical design and analysis for a "biological effects" study. *Marine Ecology Progress Series* 46:213-226
- Clarke KR, Warwick RM (1994) Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine Biology* 118:167-176
- Colman JS, Segrove F (1955) The fauna living in Stoupe Beck Sands Robin Hood's Bay (Yorkshire, North Riding). *Journal of Animal Ecology* 24:426-444
- Commito JA, Tita G (2002) Differential dispersal rates in an intertidal meiofauna assemblage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 268:237-256
- Connell JH (1978) Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science* 199:1302-1310
- Coull BC (1972) Species diversity and faunal affinities of meiobenthic Copepoda in the deep sea. *Marine Biology* 14:48-51
- Coull BC (1977) Marine flora and fauna of the northeastern United States. Copepoda: Harpacticoida. NOAA Technical Reports, NMFS Circular No. 399
- Coull BC (1988) Ecology of the marine meiofauna. In: Higgins RP, Thiel H (eds) *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press, p 18-38
- Coull BC, Dudley BW (1985) Dynamics of meiobenthic copepod populations: a long-term study (1973-1983). *Marine Ecology Progress Series* 24:219-229
- Coull BC, Fleeger JW (1977) Long-term temporal variation and community dynamics of meiobenthic copepods. *Ecology* 58:1136-1143
- Coull BC, Vernberg WB (1975) Reproductive periodicity of meiobenthic copepods: seasonal or continuous? *Marine Biology* 32:289-293
- Covazzi A, Pusceddu A, Della Croce N, Danovaro R (2000) Spatial and temporal changes in beach meiofaunal communities of the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Revista de Biologia Marina y Oceanografía* 35:57-64
- Currie RI (1962) Pigments in zooplankton faeces. *Nature* 193:956-957
- Dahl E (1952-53) Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. *Oikos* 4:1-27
- Danovaro R, Della Croce N, Eleftheriou A, Fabiano M, Papadopoulou N, Smith C, Tselepides A (1995) Meiofauna of the deep Eastern Mediterranean Sea: distribution and abundance in relation to bacterial biomass, organic matter

- composition and other environmental factors. *Progress in Oceanography* 36:329-341
- Danovaro R, Fabiano M (1995) Meiofaunal abundance and distribution in bathyal sediments of the Mediterranean Sea: An overview. *Biologia Marina Mediterranea* 2:217-225
- Danovaro R, Tselepides A, Otegui A, Della Croce N (2000) Dynamics of meiofaunal assemblages on the continental shelf and deep-sea sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean): relationships with seasonal changes in food supply. *Progress in Oceanography* 46:367-400
- Davies JL (1972) *Geographic variation in coastal development*. Longmans, London
- de Bovee F (1981) *Ecologie et dynamique des Nématodes d' une vase sublittorale (Banyuls-sur-Mer)*. Thèse Doctorale d' Etat, Université P et M Curie, Paris
- de Bovee F, Guidi LD, Soyer J (1990) Quantitative distribution of deep-sea meiobenthos in the northwestern Mediterranean (Gulf of Lions). *Continental Shelf Research* 10:1123-1145
- de Bovee F, Soyer J (1974) Cycle annuel quantitatif du méiobenthos des vases terrigènes côtières. *Distribution verticale. Vie et Milieu* 24:141-157
- de Jonge VN, Bouwman LA (1977) A simple density separation technique for quantitative isolation of meiobenthos using the colloidal silica Ludox-TM. *Marine Biology* 42:143-148
- de Zio S, Grimaldi P (1966) Ecological aspects of Tardigrada distribution in S. Adriatic beaches. *Meeresbiologie Symposium Veroeffentlichungen des Instituts fuer Meeresforschung, Sonderband, Bremerhaven*, p 87-94
- Defeo O, Brazeiro A, de Alava A, Riestra G (1997) Is sandy beach macrofauna only physically controlled? Role of substrate and competition in isopods. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 45:453-462
- Defeo O, Jaramillo E, Lyonnet A (1992) Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna on the atlantic coast of Uruguay. *Journal of Coastal Research* 8:830-839
- Defeo O, Rueda M (2002) Spatial structure, sampling design and abundance estimates in sandy beaches macroinfauna: some warnings and new perspectives. *Marine Biology* 140:1215-1225

- Degraer S, Volckaert A, Vincx M (2003) Macrobenthic zonation patterns along a morphodynamical continuum of macrotidal, low tide bar/rip and ultra-dissipative sandy beaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56:459-468
- Delamare-Deboutteville C (1960) *Biologie des eaux souterraines littorales et continentales*. Herman, Paris
- Dinet A (1972) Etude écologique des variations quantitatives annuelles d' un peuplement de copépodes harpacticoides psammiques. *Tethys* 4:95-112
- Dinet A (1976) Etude quantitative du méiobenthos dans le secteur nord de la mer Egée. *Acta Adriatica* 18:83-88
- Dinet A, Nodot C, Vitiello P, Vivier MH (1982) Impact d' un effluent thermique sur une communauté de copépodes harpacticoides benthiques. *Tethys* 10:355-363
- Dinet A, Vivier MH (1979) Le méiobenthos abyssal du golfe de Gascogne. II. Les peuplements de nématodes et leur diversité spécifique. *Cahiers de Biologie Marine* 20:109-123
- Dujardin F (1845) *Histoire naturelle des Helminthes ou vers intestinaux*. Librairie Encyclopédique de Roret, Paris
- Dujardin F (1851) Sur un petit animal marin, l' Echinodère, formant un type intermédiaire entre les Crustacés et les Vers. *Annales de Sciences Naturelles Zoologie Serie 3* 15:158-160
- Eleftheriou A, Nicholson MD (1975) The effects of exposure on beach fauna. *Cahier de Biologie Marine* 15:695-710
- Ellison RL (1984) Foraminifera and meiofauna on an intertidal mudflat, Cornwall, England: populations respiration and secondary production; and energy budget. *Hydrobiologia* 109:131-148
- Emberton KC (1981) Season depth relations in subtidal meiofauna of Cape Cod Bay. *Estuaries* 4:121-126
- Ewens WJ (1972) The sampling theory of selectively neutral alleles. *Theoretical Population Biology* 3:87-112
- Fava G, Volkmann B (1975) *Tisbe* (Copepoda: Harpacticoida) species from the lagoon of Venice. I. Seasonal fluctuations and ecology. *Marine Biology* 30:151-165
- Feder HM, Paul AJ (1980) Seasonal trends in meiofaunal abundance on two beaches in Port Valdez, Alaska. *Syesis* 13:27-36

- Fenchel T, Jansson BO, Von Thun W (1967) Vertical and horizontal distribution of the metazoan microfauna and of some physical factors in a sandy beach in the northern part of the Oresund. *Ophelia* 4:227-243
- Field JG, Clake KR, Warwick RM (1982) A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series* 8:37-52
- Findlay SEG (1982) Influence of sampling scale on apparent distribution of meiofauna on a sandflat. *Estuaries* 5:322-324
- Fleeger JW (1980) Community structure of an estuarine meiobenthic copepod assemblage. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 10:107-118
- Fleeger JW, Gee, J. M. (1986) Does interference competition determine the vertical distribution of meiobenthic copepods? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 95:173-181
- Fleeger JW, Shirley T, C. (1990) Meiofaunal responses to sedimentation from an Alaskan spring bloom. II. Harpacticoid population dynamics. *Marine Ecology Progress Series* 59:239-247
- Fleeger JW, Thistle D, Thiel H (1988) Sampling equipment. In: Higgins RP, Thiel H (eds) *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press, p 115-125
- Fleeger JW, Yund PO, Sun B (1995) Active and passive processes associated with initial settlement and post-settlement dispersal of suspended meiobenthic copepods. *Journal of Marine Research* 53:609-645
- Folk RL (1966) A review of grain-size parameters. *Sedimentology* 6:73-93
- Gee JM (1989) An ecological and economic review of meiofauna as food for fish. *Zoological Journal of the Linnean Society* 96:243-261
- George KH (2004) First record of a monospecific harpacticoid fauna on a sandy beach. *Meiofauna Marina* 13:87-94
- Gheskiere T, Hoste E, Vanaverbeke J, Vincx M, Degraer S (2004) Horizontal zonation patterns and feeding structure of marine nematode assemblages on a microtidal, ultra-dissipative sandy beach De Panne, Belgium. *Journal of Sea Research* 52:211-226
- Gheskiere T, Vincx M, Urban-Malinga B, Rossano C, Scapini F, Degraer S (2005) Nematodes from wave-dominated sandy beaches: diversity, zonation patterns and testing of the isocommunities concept. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62:365-375

- Giard A (1904) Sur une faunule caracteristique des sables a Diatomées d' Ambleteuse. *Compte Rendu des Seances de la Societe de Biologie Paris* 56:107-165
- Giere O (1993) *Meiobenthology. The microscopic fauna in aquatic sediments.* Springer-Verlag, Berlin
- Gimenez L (2000) Longshore patterns of distribution of macroinfauna on a Uruguayan sandy beach: an analysis at different spatial scales and their potential causes. *Marine Ecology Progress Series* 199:111-125
- Gimenez L, Yannicelli B (1997) Variability of zonation patterns in temperate microtidal Uruguayan beaches with different morphodynamic types. *Marine Ecology Progress Series* 160:197-207
- Gowing MM, Hulings NC (1976) A spatial study of the meiofauna on a sewage-polluted lebanese sand beach. *Acta Adriatica* 18:341-363
- Gray JS (1981) *The ecology of marine sediments.* Cambridge University Press, London
- Gray JS (2000) The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 250:23-49
- Gray JS (2002) Species richness of marine soft sediments. *Marine Ecology Progress Series* 244:285-297
- Gray JS, Rieger RM (1971) A quantitative study of the meiofauna of an exposed sandy beach, at Robin Hood's bay, Yorkshire. *Journal of the Marine Biological Association* 51:1-19
- Green RH (1979) *Sampling design and statistical methods for environmental biologists.* John Wiley and sons, New York
- Guille A, Soyer J (1974) Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane Française. 8. Macrofaune et meiofaune rapports quantitativs et biocénotiques. *Vie et Milieu* 24:301-320
- Hall SJ, Raffaelli D, Thrush SF (1994) Patchiness and distribution in shallow water benthic assemblages. In: Giller PS, Hildrew AG, Raffaelli DG (eds) *Aquatic ecology, scale pattern and process.* Blackwell Scientific Publications, Oxford, p 333-375
- Harris RP (1972a) The distribution and ecology of the interstitial meiofauna of a sandy beach at Whitsand Bay, East Cornwall. *Journal of the Marine Biological Association* 52:1-18

- Harris RP (1972b) Horizontal and vertical distribution of the interstitial Harpacticoid Copepods of a sandy beach. *Journal of the Marine Biological Association* 52:375-387
- Hatziyanni E (2003) Study of the ecology of meiobenthos with a special reference to foraminifera at the bathyal and abyssal zone of the Eastern Mediterranean Sea. PhD Thesis, University of Crete
- Heip C (1974) A new index measuring evenness. *Journal of the Marine Biological Association* 54:555-557
- Heip C, Herman PJ, Soetaert K (1988) Data processing evaluation and analysis. In: Higgins RP, Thiel H (eds) *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press, p 197-231
- Heip C, Vincx M, Vranken G (1985) The ecology of marine nematodes. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review* 23:399-489
- Hicks GRF, Coull BC (1983) The ecology of marine meiobenthic harpacticoid copepods. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review* 21:67-175
- Hill MO (1973) Diversity and evenness: a notation and its consequences. *Ecology* 54:427-431
- Hopper BE, Meyers SP (1967) Population studies on benthic nematodes within a tropical seagrass. *Marine Biology* 1:85-96
- Hulings NC (1971a) A comparative study of the sand beach meiofauna of Lebanon, Tunisia, and Morocco. *Thalassia Jugoslavica* 7:117-122
- Hulings NC (1971b) A quantitative study of the sand beach meiofauna in Tunisia - Preliminary report. *Bulletin de l' Institut National Scientifique et Technique d' Océanographique et de Pêche de Salammbô* 2:237-256
- Hulings NC (1974) A temporal study of Lebanese sand beach meiofauna. *Cahiers de Biologie Marine* 15:319-335
- Hulings NC, Gray JS (1976) Physical factors controlling abundance of meiofauna on tidal and atidal beaches. *Marine Biology* 34:77-83
- Hummon WD (1990) Marine Gastrotricha of Greece a preliminary report. *Proceedings of the 5th International Congress on the Zoogeography and Ecology of Greece and Adjacent Regions, Iraklion, Crete*, p 7
- Hummon WD, Todaro MA, Balsamo M, Tongiorgi P (1990) Effects of pollution on marine Gastrotricha in the Northwestern Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 21:241-243

- Huys R, Gee JM, Moore CG, Hamond R (1996) Marine and brackish water harpacticoid copepods: Part I. Synopses of the British Fauna (New Series), Vol 51, Cambridge University Press
- Huys R, Herman RL, Heip C (1986) Seasonal fluctuations in vertical distribution and breeding activity of a subtidal harpacticoid community in the southern Bight, North Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 20:375-383
- Incera M, Cividanes SP, Lastra M, Lopez J (2003) Temporal and spatial variability of sedimentary organic matter in sandy beaches on the northwest coast of the Iberian Peninsula. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58:55-61
- Ito T (1978) Meiobenthos of a shallow-water sandy bottom in Ishikari Bay, Hokkaido: a general account. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series VI* 21:287-294
- Jansson BO (1967) The significance of grain size and pore water content for the interstitial fauna of sandy beaches. *Oikos* 18:311-322
- Jaramillo E, McLachlan A (1993) Community and population responses of the macroinfauna to physical factors over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 37:615-624
- Jaramillo E, McLachlan A, Coetzee P (1993) Intertidal zonation patterns of macroinfauna over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 101:105-118
- Jeffers JNR (1978) An introduction to systems analysis with ecological applications. Arnold, London
- Keller M (1986) Structure des peuplements méiobenthiques dans le secteur pollué par le rejet en mer de l'égout de Marseille. *Annales de l'Institut Océanographique* 62:13-36
- Kenkel NC, Orloci L (1986) Applying metric and nonmetric multidimensional scaling to some ecological studies: some new results. *Ecology* 67:919-928
- Kern JC, Taghon GL (1986) Can passive recruitment explain harpacticoid copepod distributions in relation to epibenthic structure? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 101:1-23
- King CAM (1972) *Beaches and Coasts*. Arnold, London
- Komar PD (1998) *Beach processes and sedimentation*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey

- Koukouras A (1979) Bionomic study of the macrofauna of the mediolittoral soft substratum in Strymonikos and Thermaikos gulfs. PhD Thesis, University of Thessaloniki
- Koukouras A, Russo A (1991) Midlittoral soft substratum macrofaunal assemblages in the North Aegean Sea. *Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli. Section I, Marine Ecology* 12:293-316
- Kowalewsky A (1901) Les Hedyliides edutes anatomiques. *Memoires de l'Academie des Science St. Petersburg (Sciences Mathematiques Physique Naturelle)* 12:1-32
- Lagardère VP (1966) Recherches sur la biologie et l'écologie de la macrofaune des substrats meubles de la côte des Landes et de la côte basque. *Bulletin du centre d'études et de recherches scientifiques. Biarritz* 6:143-209
- Lamshead PJD, Platt HM (1988) Analysing disturbance with the Ewens/Caswell neutral model: theoretical review and practical assessment. *Marine Ecology Progress Series* 43:31-41
- Lamshead PJD, Platt HM, Shaw KM (1983) The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *Journal of Natural History* 17:859-874
- Lamshead PJD, Tietjen J, Ferrero T, Jensen P (2000) Latitudinal diversity gradients in the deep sea with special reference to North Atlantic nematodes. *Marine Ecology Progress Series* 194:159-167
- Lamshead PJD, Tietjen J, Moncrieff CB, Ferrero TJ (2001) North Atlantic latitudinal diversity patterns in deep-sea marine nematode data: a reply to Rex et al. *Marine Ecology Progress Series* 210:299-301
- Lampadariou N (1993) Meiobenthos of the littoral zone from the Gulf of Heraklion with a special emphasis on nematodes. MSc Dissertation, University of Crete
- Lampadariou N (2001) Study of the meiobenthic ecosystem of the Aegean Sea with a special emphasis on nematodes. PhD Thesis, University of Crete
- Lang K (1944) *Monographie der Harpacticiden (Vorläufige Mitteilung)*. Almqvist & Wiksell, Uppsala
- Lang K (1965) Copepoda Harpacticoidea from the Californian Pacific coast. *Kungl. svenska vetenskapsakademiens Handlingar, Fjaerde Serien, Band 10(2)*:1-566, Almqvist & Wiksell, Uppsala

- Lee JJ, Tietjen JH, Garrison JR (1976) Seasonal switching in the nutritional requirement of *Nitocra typica*, a harpacticoid copepod from salt marsh Aufwuchs communities. *Transactions of the American Microscopical Society* 95:628-637
- Lee JJ, Tietjen JH, Mastropaolo C, Rubin H (1977) Food quality and the heterogeneous spatial distribution of meiofauna. *Helgoländer wiss. Helgoländer Meeresuntersuchungen* 30:272-282
- Legendre L, Legendre P (1983) *Numerical ecology*. Elsevier, Amsterdam
- Lercaria D, Defeo O (2003) Variation of a sandy beach macrobenthic community along a human-induced environmental gradient. *Estuarine and Coastal Marine Science* 58:17-24
- Lewin J, Schaefer CT (1983) The role of phytoplankton in surf ecosystems. In: McLachlan A, Erasmus T (eds) *Sandy beaches as ecosystems*. W Junk, The Hague, p 381-389
- Lorenzen C, Jeffrey J (1980) Determination of chlorophyll in sea water. *UNESCO Technical Papers in Marine Science* 35: 1-20
- Magurran AE (1988) *Ecological diversity and its measurement*. Princeton, NJ: Princeton University Press
- Magurran AE (2004) *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing
- Marcotte BM, Coull BC (1974) Pollution, diversity and meiobenthic communities in the North Adriatic (Bay of Piran, Yugoslavia). *Vie et Milieu* 24B:281-300
- Mare MF (1942) A study of a marine benthic community with special reference to the micro-organisms. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 25:517-554
- Masry D (1970) Ecological study of some sandy beaches along the Israel Mediterranean coast, with a description of the interstitial harpacticoida (Crustacea, copepoda). *Cahiers de Biologie Marine* 11:229-258
- Masselink G, Short AD (1993) The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research* 9:785-800
- May RM (1975) Patterns of species abundance and diversity. In: Cody ML, Diamond JM (eds) *Ecology and evolution of communities*. Belknap Press, Massachusetts, p 81-120
- McArdle SB, McLachlan A (1992) Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna. *Journal of Coastal Research* 8:398-407

- McIntyre AD (1969) Ecology of marine meiobenthos. *Biological Reviews* 44:245-290
- McIntyre AD (1970) The range of biomass of intertidal sand with special reference to the bivalve *Tellina tenuis*. *Journal of the Marine Biological Association* 50:561-575
- McIntyre AD, Murison DJ (1973) The meiofauna of a flatfish nursery ground. *Journal of the Marine Biological Association* 53:93-118
- McLachlan A (1977a) Studies on the psammolittoral meiofauna of Algoa Bay II. The distribution, composition and biomass of the meiofauna and macrofauna communities. *Zoologica Africana* 12:33-60
- McLachlan A (1977b) Composition, distribution, abundance and biomass of the macrofauna and meiofauna of four sandy beaches. *Zoologica Africana* 12:279-306
- McLachlan A (1978) A quantitative analysis of the meiofauna and the chemistry of the Redox Potential Discontinuity Zone in a sheltered sandy beach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 7:275-290
- McLachlan A (1980a) The definition of sandy beaches in relation to exposure: a simple rating system. *South African Journal of Science* 76:137-138
- McLachlan A (1980b) Intertidal zonation of macrofauna and stratification of meiofauna on high-energy sandy beaches in the Eastern Cape, South Africa. *Transactions of the Royal Society of the South Africa* 44:213-223
- McLachlan A (1983) Sandy beach ecology - a review. In: McLachlan A, Erasmus T (eds) *Sandy beaches as ecosystems*. W Junk, The Hague, p 321-380
- McLachlan A (1990) Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. *Journal of Coastal Research* 6:57-71
- McLachlan A (1996) Physical factors in benthic ecology: effects of changing sand particle size on beach fauna. *Marine Ecology Progress Series* 131:205-217
- McLachlan A, Cockcroft AC, Malan DE (1984) Benthic faunal response to a high energy gradient. *Marine Ecology Progress Series* 16:51-53
- McLachlan A, de Ruyck A, Hacking A (1996) Community structure on sandy beach: patterns of richness and zonation in relation to tide range and latitude. *Revista Chilena de Historia Natural* 69:451-467
- McLachlan A, Erasmus T (1983) *Sandy beaches as ecosystems*, W Junk, The Hague
- McLachlan A, Erasmus T, Furstenberg JP (1977a) Migrations of sandy beach meiofauna. *Zoologica Africana* 12:257-277

- McLachlan A, Jaramillo E (1995) Zonation on sandy beaches. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review* 33:305-335
- McLachlan A, Jaramillo E, Defeo O, Dugan J, de Ruyck A, Coetzee P (1995) Adaptation of bivalves to different beach types. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 187:147-160
- McLachlan A, Jaramillo E, Donn TE, Wessels F (1993) Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. *Journal of Coastal Research* 15:27-38
- McLachlan A, Turner I (1994) The interstitial environment of sandy beaches. *Marine Ecology P.S.Z.N.I.* 15:177-211
- McLachlan A, Winter PED, Botha L (1977b) Vertical and horizontal distribution of sub-littoral meiofauna in Algoa Bay, South Africa. *Marine Biology* 40:355-364
- Mielke W (1976) Ökologie der Copepodas eines sandstrandes der Nordseeinsel Sylt. *Mikrofauna Meeresbodens* 59:1-86
- Mielke W (1984) Interstitielle Fauna von Galapagos. XXXI. Paramesochridae (Harpacticoida). *Microfauna Marina* 1:63-147
- Mielke W (1987) Interstitielle Copepoda von Nord- und Sud-Chile. *Microfauna Marina* 3:309-361
- Mielke W (2003) Meiobenthic copepods of Galapagos: species composition, distribution, colonization, speciation. *Bulletin of Marine Science* 73:557-568
- Mitwally H, Montagna PA (2001) Egyptian interstitial copepoda harpacticoida with the description of two new species and one new subspecies. *Crustaceana* 74:513-544
- Moeller S, Brenning U, Arlt G (1976) Untersuchungen über die meiofauna des Barther Boddens unter besonderer Berücksichtigung der nematoden. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelms-Universität Rostock, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe* 3:271-291
- Mokievsky V, Azovsky A (2002) Re-evaluation of species diversity patterns of free-living marine nematodes. *Marine Ecology Progress Series* 238:101-108
- Moore CG (1979a) The distribution and ecology of psammolittoral meiofauna around the Isle of Man. *Cahiers de Biologie Marine* 20:383-415
- Moore CG (1979b) The zonation of psammolittoral harpacticoid copepods around the Isle of Man. *Journal of the Marine Biological Association* 59:711-724

- Moore CG, Bett BJ (1989) The use of meiofauna in marine pollution impact assessment. *Zoological Journal of the Linnean Society* 96:263-280
- Moreno M, Granelli V, Mistic C, Albertelli G, Fabiano M (2004) Meiofaunal abundance and taxa composition in microtidal mixed beaches of the Ligurian Sea (NW Mediterranean) 12th International Meiofauna Conference, Ravenna, Italy, p 136
- Mortensen T (1921) Biologisk studier over sandstrandfaunen, saerlig ved de danske Kyster. *Videnskabelige Meddelesler Dansk Naturhistorisk Forening* 74:23-56
- Nicholas WL, Hodda M (1999) The free-living nematodes of a temperate, high energy, sandy beach: faunal composition and variation over space and time. *Hydrobiologia* 394:113-127
- Nicholls AG (1935) Copepods from the interstitial fauna of a sandy beach. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 20:379-405
- Nodot C (1976/78) Cycles biologiques de quelques espèces de copépodes harpacticoides psammiques. *Téthys* 8:241-248
- Nodot C (1977) Cycles biologiques du méiobenthos des sables fins infralittoraux. Analyse en situ et étude expérimentale des effets du facteur thermique. Thèse Doctorale 3e cycle, Université Aix, Marseille
- Noodt W (1957) Zur ökologie der Harpacticoida (Crust. Cop.) des eulittorals der deutschen meeresküste und der angrenzenden brackgewässer. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* 46:149-242
- Ólafsson E (1991) Intertidal meiofauna of four sandy beaches in Iceland. *Ophelia* 33:55-65
- Ólafsson E (1992) Small-scale spatial distribution of marine meiobenthos: the effects of decaying macrofauna. *Oecologia* 90:37-42
- Ólafsson E, Elmgren R (1997) Seasonal dynamics of sublittoral meiobenthos in relation to phytoplankton sedimentation in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 45:149-164
- Palmer MA (1988) Dispersal of marine meiofauna: a review and conceptual model explaining transport and active emergence with implications for recruitment. *Marine Ecology Progress Series* 48:81-91
- Palmer MA, Coull BC (1980) The prediction of development rate and the effect of temperature for the meiobenthic copepod, *Microarthridion littorale* (Poppe). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 48:73-83

- Pearse AS, Humm HJ, Wharton GW (1942) Ecology of sand beaches at Beaufort, N.C. *Ecological Monographs* 12:135-519
- Pfannkuche O (1985) The deep-sea meiofauna of the Porcupine Seabight and abyssal plain (NE Atlantic): population structure, distribution, standing stocks. *Oceanologica Acta* 8:343-353
- Pfannkuche O, Theeg R, Thiel H (1983) Benthos activity, abundance and biomass under an area of low upwelling of Morocco, Northwest Africa. *Meteor Forschungs Ergebnisse* 36:85-96
- Pichon M (1967) Contribution to the study of populations of tropical sandy beaches in the vicinity of Tulear, Madagascar. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoune, Faculté des Sciences de Marseille* 7:57-100
- Pielou EC (1969) *An introduction to Mathematical Ecology*. Wiley, New York
- Pielou EC (1976) *Population and community ecology*. Gordon & Breach, Chicago
- Pielou EC (1984) *The interpretation of Ecological Data*. Wiley, New York
- Pollock LW, Hummon WD (1971) Cyclic changes in interstitial water content, atmospheric exposure, and temperature in a marine beach. *Limnology and Oceanography* 16:522-535
- Raffaelli D, Karakassis I, Galloway A (1991) Zonation schemes on sandy shores: a multivariate approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 148:241-253
- Raffaelli DG, Mason CF (1981) Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. *Marine Pollution Bulletin* 12:158-163
- Rao GC (1970) On some interstitial fauna in the marine sands on Indian coast. *Current Science (Bangalore)* 39:504-507
- Rees CB (1940) A preliminary study of the ecology of a mud-flat. *Journal of the Marine Biological Association* 24:185-199
- Remane A (1933) Verteilung und organization der benthonischen mikrofauna der Kieler Bucht. *Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* 21:161-221
- Remane A (1952) Die besiedlung des sandbodens im meere und die bedeutung der lebensformtypen für die ökologie. *Zoologischer Anzeiger, Supplementband* 16:327-359
- Renaud-Mornant J, Serene P (1967) Note sur la microfaune de la côte orientale de la Malaisie. *Cahiers du Pacifique* 11:51-73

- Rex MA, Stuart CT, Etter RJ (2001) Do deep-sea nematodes show a positive latitudinal gradient of species diversity? The potential role of depth. *Marine Ecology Progress Series* 210:297-298
- Rieder K (2001) Spatial and temporal variabilities of nematodes in the eulittoral zone of a sandy beach on northern Crete, Greece. Diploma Dissertation, University of Rostock
- Rodriguez JG (2004) Community structure of intertidal meiofauna along a gradient of morphodynamic states on an exposed North Sea beach. *Sarsia* 89:22-32
- Rodriguez JG, Lastra M, Lopez J (2003) Meiofauna distribution along a gradient of sandy beaches in northern Spain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58:63-69
- Rodriguez JG, Lopez J, Jaramillo E (2001) Community structure of the intertidal meiofauna along a gradient of morphodynamic sandy beach types in Southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 74:885-897
- Roidou E, Eleftheriou A (1989) The meiofauna of the northeastern Mediterranean sea. Preliminary observations from the Aegean and Cretan. Sea. 7th International Meiofauna Conference, Vienna
- Rosenzweig ML (1995) Species diversity in space and time. Cambridge University Press, Cambridge
- Saad MAH, Arlt G (1977) Studies on Bottom Deposits and Meiofauna of Shatt-Al-Arab and Arabian Gulf. *Cahiers de Biologie Marine* 18:71-84
- Salvat B (1964) Les conditions hydrodynamiques interstitielles des sédiment meubles intertidaux et la repartition verticale de la jemme endogée. *Academie des Sciences (Paris), Comptes Rendus* 259:1576-1579
- Sanders HL (1968) Marine benthic diversity: a comparative study. *American Naturalist* 102:243-282
- Schizas NV, Shirley TC (1994) Autecology of an intertidal Alaskan harpacticoid copepod *Apolethon* sp. *Hydrobiologia* 292/293:361-367
- Schizas NV, Shirley TC (1996) Seasonal changes in structure of an Alaskan intertidal meiofaunal assemblage. *Marine Ecology Progress Series* 133:115-124
- Schwinghamer P (1981) Characteristic size distribution of integral benthic communities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38:1255-1263
- Sheldon AL (1969) Equitability indices: dependence on the species count. *Ecology* 50:466-467

- Short AD, Wright LD (1983) Physical variability of sandy beaches. In: McLachlan A, Erasmus T (eds) Sandy beaches as ecosystems. Junk, W, The Hague, p 133-144
- Sibert JR (1979) Detritus and juvenile salmon production in the Nanaimo Estuary: 2. Meiofauna available as food to juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada 36:497-503
- Soetaert K, Heip C (1989) The size structure of nematode assemblages along a Mediterranean deep-sea transect. Deep-Sea Research 36:93-102
- Soetaert K, Heip C (1995) Nematode assemblages of deep-sea and shelf break sites in the North Atlantic and Mediterranean Sea. Marine Ecology Progress Series 125:171-183
- Soetaert K, Heip C, Vincx M (1991a) Diversity of nematode assemblages along a Mediterranean deep-sea transect. Marine Ecology Progress Series 75:275-282
- Soetaert K, Heip C, Vincx M (1991b) The meiobenthos along a Mediterranean Deep-sea transect off Calvi (Corsica) and in Adjacent Canyon. P.S.Z.N. I: Marine Ecology 12:227-242
- Soetaert K, Vincx M, Heip C (1995) Nematode community structure along a Mediterranean shelf-slope gradient. P.S.Z.N. I: Marine Ecology 16:189-206
- Southward AJ (1953) The fauna of some sandy and muddy shores in the south of Isle of Man. Proceedings and Transactions of the Liverpool Biological Society. 59:51-71
- Souza-Santos LP, Castel J, Santos PJP (1996) The role of phototrophic sulfur bacteria as food for meiobenthic harpacticoid copepods inhabiting eutrophic coastal lagoons. Hydrobiologia 329:79-89
- Soyer J (1971) Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. V. Densités et biomasses du meiobenthos. Vie et Milieu 12:351-424
- Soyer J (1980) Cycle biologique d' un copépode harpacticoïde des vases terrigènes côtières de Banyuls-sur-Mer: *Cletodes pusillus* (Sars). Vie et Milieu 30:35-44
- Soyer J (1985) Mediterranean sea meiobenthos. In: Moraitou-Apostolopoulou M., Kiortsis V (eds) Mediterranean marine ecosystems. Plenum Press, New York, p 85-108
- Stephenson TA, Stephenson A (1949) The universal features of zonation between tide marks on rocky coasts. Journal of Ecology 37:289-305

- Stobbe K (2001) Temporal and spatial variabilities of harpacticoid copepods in the eulittoral zone of a sandy beach on Crete, Greece. Diploma Dissertation, University of Rostock
- Strickland JD, Parsons TR (1972) A practical handbook of seawater analysis, Vol 167. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa
- Swedmark B (1964) The interstitial fauna of marine sand. *Biological Review* 39:1-42
- Thiel H, Pfannkuche O, Theeg R, Schriever G (1987) Benthic metabolism and standing stock in the central and northern Red Sea. *P.S.Z.N. I: Marine Ecology* 8:1-20
- Thistle D (1978) Harpacticoid dispersion patterns: implications for deep-sea diversity maintenance. *Deep-Sea Research* 36:377-397
- Thistle D (1983) The stability-time hypothesis as a predictor of diversity in deep-sea soft-bottom communities: a test. *Deep-Sea Research* 30:267-277
- Thistle D (2003) Harpacticoid copepod emergence at a shelf site in summer and winter: implications for hydrodynamic and mating hypotheses. *Marine Ecology Progress Series* 248:177-185
- Tito de Morais L, Bodiou JY (1984) Predation on meiofauna by juvenile fish in a Western Mediterranean flatfish nursery ground. *Marine Biology* 82:209-215
- Trevallion A, Ansell AD, Sivadas P, Narayanan B (1970) A preliminary account of two beaches in South West India. *Marine Biology* 6:268-279
- Tselepides A, Lampadariou N (2004) Deep-sea meiofaunal community structure in the Eastern Mediterranean: are trenches benthic hotspots? *Deep-Sea Research, Part I* 51:833-847
- Ullberg J, Olafsson E (2003) Free-living marine nematodes actively choose habitat when descending from the water column. *Marine Ecology Progress Series* 260:141-149
- Veloso VG, Cardoso RS (2001) Effect of morphodynamics on the spatial and temporal variation of macrofauna on three sandy beaches, Rio de Janeiro State, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association* 81:369-375
- Vernberg WB, Coull BC (1981) Meiofauna. In: Vernberg FJ, Vernberg WB (eds) *Functional adaptations of marine organisms*, p 147-177
- Vidakovic J (1984) Sea bottom meiofauna in the area of Rovinj (the Northern Adriatic Sea, Yugoslavia). *Thalassia Jugoslavica* 20:1-11

- Vidakovic J (1988) Meio- and nematofauna from Rasa bay (North Adriatic sea, Yugoslavia). *Vie et Milieu* 38:213-220
- Vidakovic J, Zavodnik D (1984) Benthos of the Po river mouth-subject to stress conditions? In: CIESM, 7^e Journé Etude Pollution, p 205-209
- Vitiello P, Aissa P (1979) Observations sur la meiofaune d' une lagune sud-méditerranéenne. *Rapport Commission Internationale Mer Méditerranée* 25/26:1-137
- Vivier MH (1978) Influence d' un déversement industriel profond sur la nématofaune (Canyon de Cassidaigne, Méditerranée). *Téhys* 8:307-321
- Vrizer B (1984) The structure and abundance of meiofauna in the inner parts of Piran, Strunjan and Koper bays (Gulf of Trieste, North Adriatic). *Bioloski Vestnik* 32:121-136
- Walters K, Jones E, Etherington L (1996) Experimental studies of predation on metazoans inhabiting *Spartina alterniflora* stems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 195:251-265
- Warwick RM (1984) Species size distributions in marine benthic communities. *Oecologia* 61:32-41
- Warwick RM, Collins NR, Gee JM, George CL (1986) Species size distributions of benthic and pelagic Metazoa: evidence for interaction? *Marine Ecology Progress Series* 34:63-68
- Warwick RM, Platt HM, Clarke KR, Agard J, Gobin J (1990) Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 138:119-142
- Wells JBJ (1971) A brief review of methods of sampling the Meiobenthos. In: Hulings NC (ed), 1st International Conference on Meiofauna. *Smithsonian Contribution of Zoology, Tunisia*, p 183-186
- Whittaker RH (1960) Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* 30:279-338
- Whittaker RH (1965) Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147:250-260
- Whittaker RH (1972) Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21:213-251
- Wiegel RL (1964) *Oceanographic engineering*. Prentice-Hall, New York

- Wieser W (1959) The effect of grain size on the distribution of small invertebrates inhabiting the beaches of Puget Sound. *Limnology and Oceanography* 4:181-194
- Yentsch CS, Menzel DW (1963) A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep-Sea Research* 10:221-231
- Zobell CE (1946) Studies on the redox potential of marine sediments. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists* 30:477-513