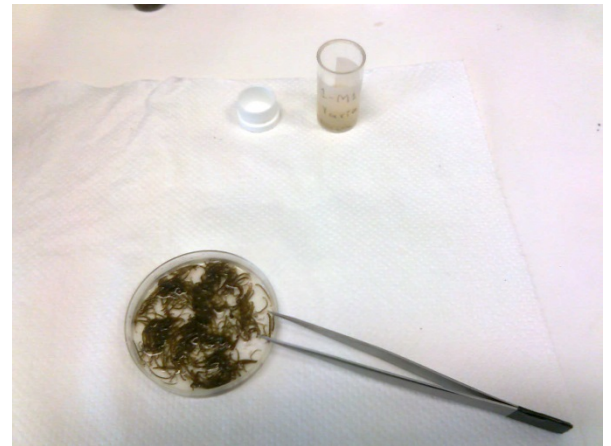


Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τμήμα Βιολογίας

Τομέας Ζωολογίας-Θαλάσσιας βιολογίας

Εποχικές διακυμάνσεις του ζωβένθους στη λιμνοθάλασσα Μάζωμα του Αμβρακικού κόλπου



Διπλωματική εργασία της φοιτήτριας Χριστίνας Τσίτουρα

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ Άρτεμις Νικολαΐδου¹

Υπεύθυνη ερευνήτρια: Δρ Σοφία Ρεΐζοπούλου²

1: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

2: Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών

ΑΘΗΝΑ 2016

Περιεχόμενα

Πρόλογος	σελ. 3
Περίληψη	σελ. 4
Εισαγωγή	σελ. 5
Υλικά και μέθοδοι	σελ. 15
Αποτελέσματα	σελ. 24
Συζήτηση	σελ. 47
Βιβλιογραφία	σελ. 59
Παράρτημα	σελ. 64

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου Διδάκτορα Άρτεμι Νικολαΐδου για την επιστημονική και ηθική συμβολή της στη διπλωματική μου εργασία, καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την ερευνήτρια του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσιών Ερευνών Διδάκτορα Σοφία Ρεϊζοπούλου για την εμπιστοσύνη και την αρωγή της. Ευχαριστώ και την υποψήφια Διδάκτορα Καλλιόπη Σιγάλα για την πρόθυμη πολύπλευρη βοήθειά της κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας στο Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου, Απόστολο και Μαρία Τσίτουρα, καθώς και την αδελφή μου Παναγιώτα Τσίτουρα για την ηθική και επιστημονική τους συμπαράσταση.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αναλύθηκαν σαράντα δείγματα από τη λιμνοθάλασσα Μάζωμα του Αμβρακικού Κόλπου που είχαν ληφθεί σε τέσσερις εποχές, μέσα και έξω από τη λιμνοθάλασσα. Παρατηρήθηκε εποχική διακύμανση του μακροζωοβένθους. Καταμετρήθηκαν 1.485 άτομα τα οποία ανήκαν σε 37 είδη. Μεγαλύτερος αριθμός ειδών παρατηρήθηκε στους εξωτερικούς σταθμούς οι οποίοι παρουσίασαν και τη μεγαλύτερη ποικιλότητα σε όλες τις εποχές. Οι κύριες ζωικές ομάδες που προσδιορίστηκαν ήταν τα Μαλάκια, τα Καρκινοειδή και οι Πολύχαιτοι. Τα Μαλάκια επικρατούσαν αριθμητικά τις περισσότερες εποχές εκτός από τον Σεπτέμβριο που επικρατούσαν τα Καρκινοειδή. Η ίδια ομάδα επικρατούσε μέσα και έξω από τη λιμνοθάλασσα με εξαίρεση τον Μάιο όταν μέσα επικρατούσαν οι Πολύχαιτοι και έξω τα Μαλάκια. Οι μονοπαραγοντικές και πολυπαραγοντικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν έδειξαν ότι οι παράγοντες, που επηρέαζαν σημαντικά την δομή της βενθικής βιοκοινωνίας, είναι το βάθος, η αλατότητα, η θερμοκρασία και το οργανικό υλικό. Όσο μικρότερο ήταν το μέγεθός τους, τόσο μικρότερη ήταν και η ποικιλότητα με μόνη εξαίρεση την θερμοκρασία, για την οποία ισχύει το αντίθετο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα εκβολικό σύστημα (εκβολή) είναι μια μερικώς κλειστή παράκτια εγκόλπωση, όπου συναντώνται και αναμιγνύονται το γλυκό και το θαλασσινό νερό. Ένας τύπος εκβολής είναι και η λιμνοθάλασσα. Στην περίπτωση αυτή, σχηματίζονται νησίδες κατά μήκος της ακτής, οι οποίες διαχωρίζουν μερικώς τα εσωτερικά νερά από τη θάλασσα. Έτσι σχηματίζεται μια ρηχή λιμνοθάλασσα, που συγκεντρώνει την απορροή των γλυκών υδάτων από την ξηρά. Οι λιμνοθάλασσες είναι προφυλαγμένες από τα κύματα και τα ρεύματα. Επειδή δεν υπάρχει σημαντική παλίρροια, η κυκλοφορία του νερού εξαρτάται κυρίως από τη διεύθυνση και την ένταση του ανέμου. Στα εκβολικά συστήματα με σημαντική εισροή γλυκού νερού και μειωμένη εξάτμιση (τυπικά συστήματα της εύκρατης ζώνης) το γλυκό νερό κινείται προς τα έξω, πάνω από το αλμυρό. Αναμιγνύεται με αυτό μόνο κοντά στην επιφάνεια μειώνοντας την αλατότητα και αφήνει ανεπηρέαστα τα βαθύτερα, αλμυρότερα στρώματα. Ο πυθμένας των λιμνοθαλασσών είναι αμμώδης ή λασπώδης και μπορεί να έχει μακρόφυτα.

Στις λιμνοθάλασσες οι φυσικοχημικές συνθήκες μεταβάλλονται τόσο σε ημερήσια όσο και σε εποχιακή βάση και δημιουργούν ένα μωσαϊκό ενδιαιτημάτων (Lardicci et al, 1993; Petihakis et al, 1999; Basset et al, 2001; Nicolaidou et al, 2005). Η θερμοκρασία ποικίλλει περισσότερο από αυτήν των γειτονικών ακτών. Αυτό οφείλεται στο μικρότερο όγκο νερού και τη μεγαλύτερη επιφάνεια, που οδηγούν σε ταχύτερη θέρμανση και ψύξη του νερού. Επίσης, οφείλεται στην επίδραση του γλυκού νερού, που υπόκειται σε μεγαλύτερες εποχιακές αλλαγές θερμοκρασίας από ό,τι το θαλασσινό νερό. Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό μειώνεται, όσο αυξάνονται η αλατότητα και η θερμοκρασία. Μέσα στο ίζημα του πυθμένα η κατανάλωση οξυγόνου είναι πολύ έντονη. Η θολερότητα του νερού είναι μέγιστη κοντά στις εισόδους γλυκού νερού και ελάχιστη κοντά στα ανοίγματα. Η μεγάλη μεταβλητότητα της αλατότητας, του pH, του διαλυμένου οξυγόνου και της θερμοκρασίας κάνουν τα συστήματα αυτά να θεωρούνται φυσικά επιβαρυμένα.



Παρ' όλα αυτά υπάρχουν οργανισμοί, που είναι ανθεκτικοί σε αυτές τις συνθήκες (Cognetti, 1982, 1992; Giangrande et al, 1994; Cognetti & Maltagliati, 2000; Elliott & Quintino, 2007). Τα χαρακτηριστικά, που τους δίνουν τη δυνατότητα επιβίωσης, είναι : α) οι γονότυποι, β) η φαινοτυπική προσαρμοστικότητα (Cognetti, 1992), γ) η απόθεση και η εκκόλαψη των αυγών σε ζελατινώδεις μάζες, δ) η άμεση ανάπτυξη ή η ύπαρξη βενθικών προνυμφών για μικρό χρονικό διάστημα, ε) η αναπαραγωγική στρατηγική (πολλοί απόγονοι και μικρή γονική φροντίδα) και τέλος στ) τα ληθαργικά στάδια (Giangrande et al, 1994).

Οι παράμετροι, που συσχετίζονται καλύτερα με την κατανομή των οργανισμών, είναι η απόσταση από τη θάλασσα, το βάθος, τα φυσικά χαρακτηριστικά της κίνησης του νερού και το οργανικό υλικό του ιζήματος (Nicolaidou et al, 1988; Reizoroulou & Nicolaidou, 2004; Mogias & Kevrekidis, 2005; Basset et al, 2006). Πιο σημαντική παράμετρος θεωρείται η πρώτη. Οι Guelorget και Perthuisot το 1983 εισήγαγαν την έννοια του «περιορισμού». Ονομάζεται έτσι ο χρόνος ανανέωσης του θαλασσινού νερού, ο οποίος αποτελεί τον κύριο παράγοντα καθορισμού της οριζόντιας ζώνωσης των βενθικών συναθροίσεων. Η αφθονία και η ποικιλότητα ακολουθούν τα πρότυπα ζώνωσης του μοντέλου αυτού και μειώνονται, καθώς προχωρούμε προς το εσωτερικό της λιμνοθάλασσας (Nicolaidou et al, 1988; Gravina et al, 1989; Reizoroulou et al, 1998; Arvanitidis et al, 1999; Koutsoubas et al, 2000; Mistri et al, 2001; Reizoroulou & Nicolaidou, 2004; Nicolaidou et al, 2005; Maggiore & Keppel, 2007). Σύμφωνα με τους παραπάνω συγγραφείς, οι πληθυσμοί των οικοσυστημάτων αυτών παραμένουν σταθεροί ανεξάρτητα από τις συχνές και σημαντικές αλλαγές των περιβαλλοντικών παραγόντων. Η θεωρία αυτή βρίσκει εφαρμογή σε πολλές μικρής παλίρροιας λιμνοθάλασσες, όπως αυτές της Μεσογείου.

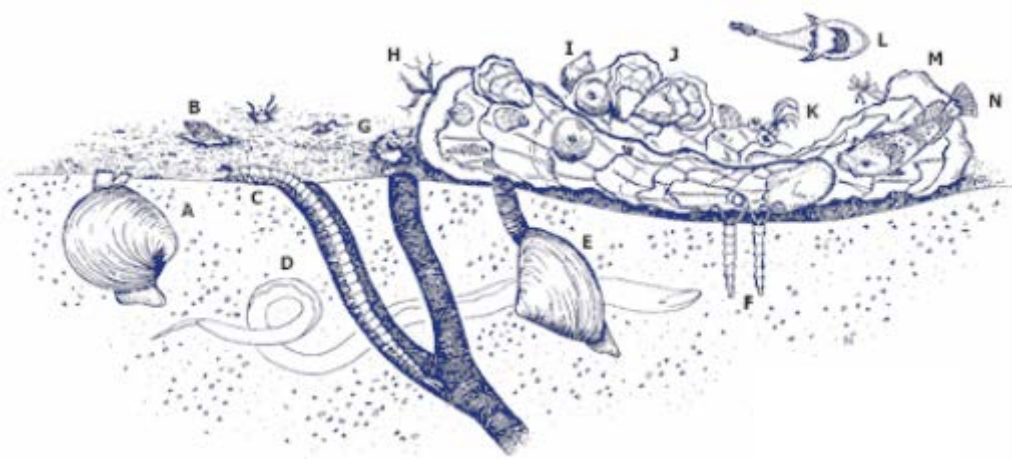
Οι βενθικές βιοκοινωνίες είναι πιο σταθερές σε λιμνοθάλασσες με καλή ανανέωση νερού (Bachelet et al, 2000). Επίσης επηρεάζονται σημαντικά από την εισροή γλυκού νερού (Stora et al, 1995). Σε λιμνοθάλασσες περισσότερο κλειστές και άρα πιο απομονωμένες από τη θάλασσα παρατηρείται χαμηλότερη βιοποικιλότητα. Αντίθετα, εκεί όπου η ανανέωση του νερού και η επικοινωνία με τη θάλασσα είναι καλύτερες, η ποικιλότητα είναι μεγαλύτερη. Διαφορά στην ποικιλότητα παρατηρείται και μεταξύ διαφορετικών τμημάτων της ίδιας λιμνοθάλασσας. Έτσι, το εσωτερικό έχει μικρότερη ποικιλότητα από τα κανάλια, που επικοινωνούν με τη θάλασσα (Arvanitidis et al, 1999; Reizoroulou & Nicolaidou, 2004). Οι βιοκοινωνίες στο εσωτερικό επηρεάζονται περισσότερο από αβιοτικούς παράγοντες (Mistri et al, 2000).

Οι λιμνοθάλασσες περιέχουν αυξημένη ποσότητα θρεπτικών χάρη στην εισροή από τα ποτάμια και στην ανακύκλωση μεταξύ ιζήματος και στήλης του νερού, η οποία διευκολύνεται από το μικρό τους βάθος (Mee, 1978; McComb, 1995; Nixon,

1995; Orfanidis et al, 2005). Υποστηρίζουν υψηλή πρωτογενή και δευτερογενή παραγωγή. Παραγωγή είναι η ροή μάζας ή ενέργειας σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Δευτερογενής παραγωγή υπάρχει, όταν ένας φωτοσυνθετικός οργανισμός λαμβάνει ενέργεια και από την κατανάλωση οργανικών ουσιών. Σε πολλές περιπτώσεις, κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, όταν η συγκέντρωση των θρεπτικών είναι υψηλή, παρατηρούνται φαινόμενα ευτροφισμού στις λιμνοθάλασσες, τα οποία ακολουθούνται από υψηλά ποσοστά ζωικής θνησιμότητας. Οι βενθοπανιδικοί οργανισμοί επηρεάζονται τότε περισσότερο από τους οργανισμούς με μεγαλύτερη ικανότητα κίνησης. Πάντως, η επανάκαμψη επιτυγχάνεται συνήθως γρήγορα μέσω επανεποίκισης της περιοχής.

Οι ζωοβενθικές κοινωνίες των λιμνοθαλασσών χαρακτηρίζονται από μικρό αριθμό ειδών ως αποτέλεσμα των ειδικών συνθηκών, που επικρατούν σε αυτές. Η βιοκοινωνία επηρεάζεται από την ευμεταβλητότητα του περιβάλλοντος και παρουσιάζει αφ' ενός μικρή ποικιλότητα και αφετέρου κατανομή των οργανισμών κατά συναθροίσεις. Η συνάθροιση προσφέρει προστασία έναντι των θηρευτών και τροποποιεί το μικροπεριβάλλον ευνοϊκά για τους οργανισμούς. Η βιομάζα των βενθικών οργανισμών τείνει να είναι μεγάλη λόγω του υψηλού οργανικού υλικού. Επίσης παρατηρείται μεγάλη αφθονία λίγων ειδών. Ωστόσο, έχει συμβεί να παρατηρηθεί και υψηλότερη ποικιλότητα, κάτι που οφείλεται σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες (Basset et al, 2006).

Ο βαθμός επικοινωνίας με τη θάλασσα επηρεάζει τις περισσότερες περιβαλλοντικές παραμέτρους και άρα και τις βιοκοινωνίες. Επίσης πολύ σημαντική για τη διαφοροποίηση τους είναι η είσοδος γλυκού νερού. Εκτός από τον υδρολογικό και τον τροφικό παράγοντα, την αφθονία καθορίζουν η εποχή αναπαραγωγής, ο κύκλος ζωής, η θήρευση και ο ανταγωνισμός (Nicolaidou et al, 2005; Reizoroulou & Nicolaidou, 2007; Maggiore & Koppel, 2007, Como & Magni, 2009). Η θηρευτική δραστηριότητα των ασπονδύλων και των σπονδυλωτών (πρωτίστως των ιχθύων) επί των βενθικών ζώων είναι ένας πολύ σημαντικός ρυθμιστής της χωρικής και χρονικής δομής των πληθυσμών τους. Η διαφορά στις βενθικές βιοκοινωνίες μεταξύ διαφορετικών λιμνοθαλασσών ή τμημάτων της ίδιας λιμνοθάλασσας αφορά κυρίως στην επικράτηση διαφορετικών ειδών και όχι στην παρουσία-απουσία ειδών (Nicolaidou et al, 2005). Σύμφωνα με συγκριτικές μελέτες λιμνοθαλασσών της Μεσογείου η πανιδική σύνθεση τους είναι τόσο πιο όμοια, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ειδών τους. Όταν ο αριθμός των ειδών είναι μικρός, τότε η διαφορά στο μακροζωοβένθος είναι μεγαλύτερη (Arvanitidis et al, 2005a, 2005b).



Τέσσερις είναι οι κύριες ομάδες βενθικών ασπονδύλων που απαντώνται στις λιμνοθάλασσες : α) είδη των γλυκών νερών, β) ευρύαλα είδη των υφάλμυρων νερών, γ) θαλάσσια είδη, που προτιμούν ρηχές και προφυλαγμένες θέσεις και δ) ευκαιριακά είδη. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει προνύμφες εντόμων (π.χ. Chironomidae) και Ολιγόχαιτους, οι οποίοι εντοπίζονται σε απομονωμένες από τη θάλασσα περιοχές με αυξημένη παροχή γλυκού νερού. Τα τυπικά ευρύαλα είδη των υφάλμυρων νερών είναι τα Μαλάκια *Cyclope neritea*, *Abra segmentum*, *Mytilaster minimus* και *Cerastoderma glaucum*, ο Πολύχαιτος *Hediste diversicolor* και το Καρκινοειδές *Gammarus aequicauda*. Αυτά αποτελούν και τα πιο ευρέως διαδεδομένα και άφθονα μακροβενθικά είδη στα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα (Nicolaidou et al, 2005). Χαρακτηριστικά θαλάσσια είδη στις ελληνικές λιμνοθάλασσες είναι το Μαλάκιο *Loripes lacteus*, ο Πολύχαιτος *Nephtys hombergii* και το Αμφίποδο *Corophium insidiosum*. Τα συχνότερα απαντώμενα από τα ευκαιριακά (σε οργανικά εμπλουτισμένες περιοχές) είναι οι Πολύχαιτοι *Capitella capitata*, *Heteromastus filiformis*, *Polydora ciliata* και *Hydroides dianthus*.

Τα Μαλάκια χωρίζονται στα Γαστερόποδα και στα Δίθυρα (Πελεκύποδα). Τα περισσότερα σαλιγκάρια διατρέφονται με φύκη, σωματίδια θρύμματος και βακτήρια. Μέσα στο στόμα υπάρχει το ξύστρο, που μοιάζει με γλώσσα, διαθέτει δοντάκια και το οποίο προεκβάλλει και ξύνει. Όταν το διαλυμένο οξυγόνο είναι χαμηλό, τα πνευμονοφόρα σαλιγκάρια των γλυκών υδάτων ανέρχονται στην επιφάνεια και αναπνέουν αέρα. Τα Δίθυρα είναι μακρόβια. Τα σωματίδια τροφής αποκομίζονται από το νερό διά διηθήσεως, μέσω των βραγχίων και των βλεφαρίδων. Τα τάχη διήθησης μειώνονται με τη μείωση της θερμοκρασίας. Πολλά Δίθυρα γλυκών υδάτων υπομένουν την υποξία ή ακόμα και τις αναερόβιες συνθήκες. Τα Αμφίποδα Καρκινοειδή διαμένουν πάνω στα ιζήματα. Έχουν μεγάλες απαιτήσεις ως προς το οξυγόνο και γενικά είναι παμφάγα.

Στις λιμνοθάλασσες απαντώνται Πολύχαιτοι είτε της θαλάσσιας είτε της εκβολικής πανίδας. Ζουν σε σωλήνες ή διεισδύουν στο υπόστρωμα. Ένας αριθμός σαρκοφάγων Πολύχαιτων είναι ενδοπανιδικοί θηρευτές. Τα Οστρακώδη, που είναι

μικρά δίθυρα Καρκινοειδή, κατανέμονται στα επιφανειακά ιζήματα. Είναι παμφάγα. Σχεδόν σε όλα τα σημαντικά υδρόβια έντομα μόνο τα ανώριμα στάδια ζουν στο νερό. Τα περισσότερα είναι βενθικά και διαβιούν επί ή ανιχνεύοντας εντός των ιζημάτων. Σχεδόν όλες οι πλευρές του βιολογικού κύκλου και της κατανομής των υδροβίων εντόμων επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Είναι ένας κυρίαρχος παράγοντας, που επηρεάζει την κατανομή, ποικιλότητα και τα πρότυπα αφθονίας στη λιμνοθάλασσα. Στα Δίπτερα ανήκουν τα Chironomidae, τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλότητα ως προς τους τροφικούς μηχανισμούς. Οι Νημερτίνοι είναι σχεδόν όλοι θαλάσσια είδη. Επίσης, στις λιμνοθάλασσες από την ομοταξία Ανθόζωα συναντούμε την Τάξη Ακτινάρια, δηλαδή τις θαλάσσιες ανεμώνες. Είναι σαρκοφάγες και μερικές φιλοξενούν συμβιωτικά Δινομαστιγωτά.

Οι Ολιγόχαιτοι συχνά σχηματίζουν μια πρωτεύουσα συνιστώσα της βενθικής πανίδας των γλυκών νερών. Κάθε είδος Ολιγοχαιτών επιτυγχάνει τη μέγιστη αφθονία του σε διαφορετικό βάθος του ιζήματος. Οι Ολιγόχαιτοι προσλαμβάνουν ως τροφή επιφανειακά ιζήματα, που περιέχουν οργανικό υλικό αυτόχθονης και αλλόχθονης προέλευσης. Με την αύξηση της οργανικής ρύπανσης σε γλυκά ύδατα παρατηρείται συνήθως μια αφθονία Ολιγοχαιτών. Αυτός ο οργανικός εμπλουτισμός συνοδεύεται από οξεία μείωση ή πλήρη απώλεια του διαλυμένου οξυγόνου. Η οξεία μείωση του οξυγόνου είναι θανατηφόρα για την πλειονότητα των βενθικών ζώων. Οι αποικίες και οι μέδουσες της ομοταξίας Hydrozoa ανήκουν σε μια κατ'εξοχήν θαλάσσια ομάδα, που αντιπροσωπεύεται ανεπαρκώς στα γλυκά νερά. Τα Σιπούνκουλα είναι θαλάσσιοι σκώληκες, που φαίνεται να είναι θρυμματοφάγοι, αιωρηματοφάγοι ή ιζηματοφάγοι.

Οι λιμνοθάλασσες χωρίζονται σε έξι ζώνες: α) η Ζώνη I αποτελεί συνέχεια της θάλασσας και περιλαμβάνει αυστηρά θαλάσσια είδη, β) η Ζώνη II, όπου εκλείπουν τα πιο στενόαλα είδη, ενώ επικρατούν είδη όπως τα Μαλάκια *Maetra corallina*, *Maetra glauca*, *Tellina tenuis*, *Donax semistriatus*, *Donax trunculus*, *Acanthocardia echinata*, *Dosinia exoleta*, οι Πολύχαιτοι *Audouinia tentaculata*, *Magelona papillicornis*, *Owenia fusiformis*, *Phyllodoce mucosa*, *Pectinaria koreni*, το Καρκινοειδές *Portumnus latipes* και τα Εχινόδερμα *Asterina gibbosa*, *Holoturia polii* και το *Paracentrotus lividus*. γ) Η ζώνη III περιλαμβάνει ανάμεικτα είδη, όπως *Venerupis decussata*, *Venerupis aurea*, *Scrobicularia plana*, *Corbula gibba*, *Loripes lacteus*, *Gastrana fragilis*, *Akera bullata*, *Nephtys hombergii*, *Armandia cirrosa*, *Glycera convoluta*, *Urogebia litorallis* κ.ά. δ) Η Ζώνη IV περιλαμβάνει αυστηρά είδη των υφάλμυρων νερών, όπως τα *Abra segmentum*, *Cerastoderma glaucum*, *Hydrobia acuta*, *Nereis diversicolor*, *Gammarus insesibilis*, *Gammarus aequicauda*, *Corophium insidiosum* κ.ά. ε) Η ζώνη V με είδη των γλυκών ή των υφάλμυρων νερών (η συγκεκριμένη ζώνη είναι η πιο επιρρεπής στην ανοξία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού) κυρίως εποίκειται από είδη, όπως τα *Sphaeroma hookeri*, *Sphaeroma rugicauda*, *Corophium insidiosum*, *Idotea baltica*, *Hydrobia acuta*,

Pirinella conica, *Nereis diversicolor*, προνύμφες *Chironomidae* και Ολιγόχαιτους. στ) Η Ζώνη VI, της οποίας το υπόστρωμα εποικίζεται σχεδόν ολοκληρωτικά από κυανοβακτήρια.

Η μεταβλητότητα του περιβάλλοντος των λιμνοθαλασσών παρατηρείται τόσο στο χώρο, όσο και στο χρόνο. Σε μια λιμνοθάλασσα μπορεί να εμφανίζονται όλες ή μερικές από τις παραπάνω ζώνες, ενώ τα όρια μεταξύ των ζωνών διαφέρουν ανάλογα με την εποχή. Αυτό επισημαίνει τον δυναμικό χαρακτήρα των λιμνοθαλάσσιων περιβαλλόντων (Koutsoubas et al, 2000). Η βιοποικιλότητα και η παραγωγικότητα είναι μεγαλύτερες στις ζώνες III και IV. Επομένως, οι λιμνοθάλασσες με την υψηλότερη οικολογική ποιότητα είναι αυτές, στις οποίες οι συγκεκριμένες ζώνες καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση.

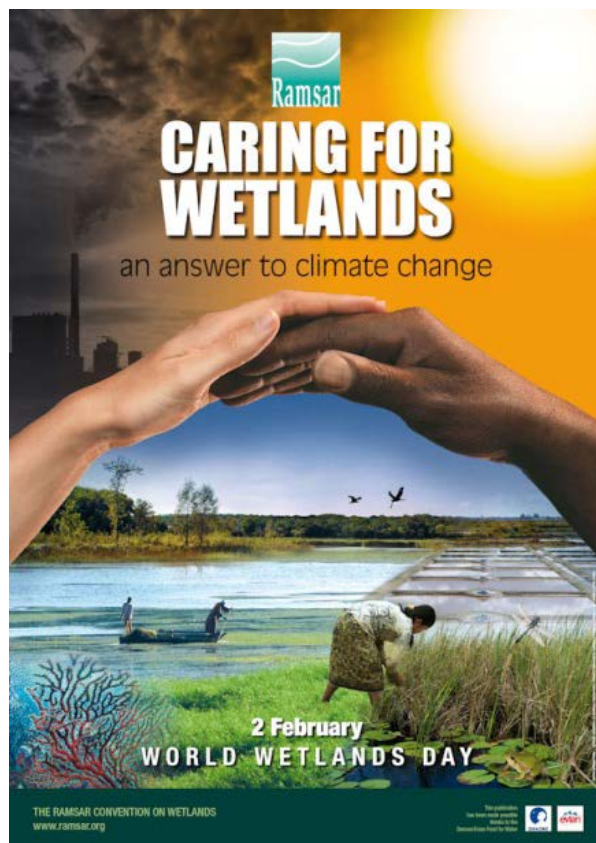


Τα τελευταία χρόνια, ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως η κατασκευή και η λειτουργία φραγμάτων και τεχνικών έργων, η υπεραλίευση, η καταστροφή ενδιαιτημάτων, η αστικοποίηση και η ρύπανση υποβάθμισαν τα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Τα οικοσυστήματα αυτά λόγω της φύσης τους (υφάλμυρα, που επηρεάζονται έντονα από την εισροή γλυκών νερών) και λόγω του μικρού βάθους τους, θεωρούνται πολύ ευαίσθητα, στα οποία τα βενθικά στοιχεία και οι διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα στο βένθος, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο για τη λειτουργία του οικοσυστήματος (Viaroli et al, 2004).

Ο έλεγχος της οικολογικής ποιότητας ενός θαλάσσιου οικοσυστήματος μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω παρακολούθησης πολλών διαφορετικών παραμέτρων του νερού, του ιζήματος και των οργανισμών. Τέτοιου είδους έλεγχοι επικεντρώνονται σε φυσικοχημικές και οικοτοξικολογικές παραμέτρους. Ωστόσο, τα βιολογικά κριτήρια θεωρούνται πλέον σημαντικά στοιχεία της ποιότητας του νερού, επειδή α) αποτελούν άμεσες μετρήσεις της κατάστασης της πανίδας, β) ενδέχεται να αποκαλύψουν προβλήματα, τα οποία είτε δε μπορούν να διαγνωστούν, είτε

υποεκτιμώνται από άλλες μεθόδους και γ) παρέχουν μετρήσεις της προόδου και της ανάκαμψης του περιβάλλοντος.

Το βένθος αποτελεί αξιόπιστο δείκτη για το οικοσύστημα, εφόσον οι οργανισμοί του έχουν περιορισμένη ικανότητα μετακίνησης. Κατά συνέπεια έχουν μεγάλη δυνατότητα αποτύπωσης των μη αναστρέψιμων αλλαγών του υδάτινου περιβάλλοντος. Οι οργανισμοί του είναι εκτεθειμένοι σε χημικά και οργανικά



κατάλοιπα και ενίοτε σε υποξικές συνθήκες. Επίσης ο χρόνος ζωής τους είναι αρκετά μεγάλος, ώστε αποτυπώνονται σε αυτούς οι επιπτώσεις των δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών. Τέλος οι βιοκοινωνίες τους εμφανίζουν μεγάλη βιοποικιλότητα και κατά συνέπεια και την δυνατότητα απόκρισης σε διαφορετικούς τύπους πιέσεων. Παρ' όλο που το βένθος έχει μακρό χρόνο απόκρισης στις περιβαλλοντικές αλλαγές, οι επιπτώσεις διαρκούν περισσότερο και η εικόνα του βένθους ολοκληρώνει την εικόνα των επιπτώσεων για το χρόνο, που προηγήθηκε. Για όλους τους παραπάνω λόγους, η πληροφορία,

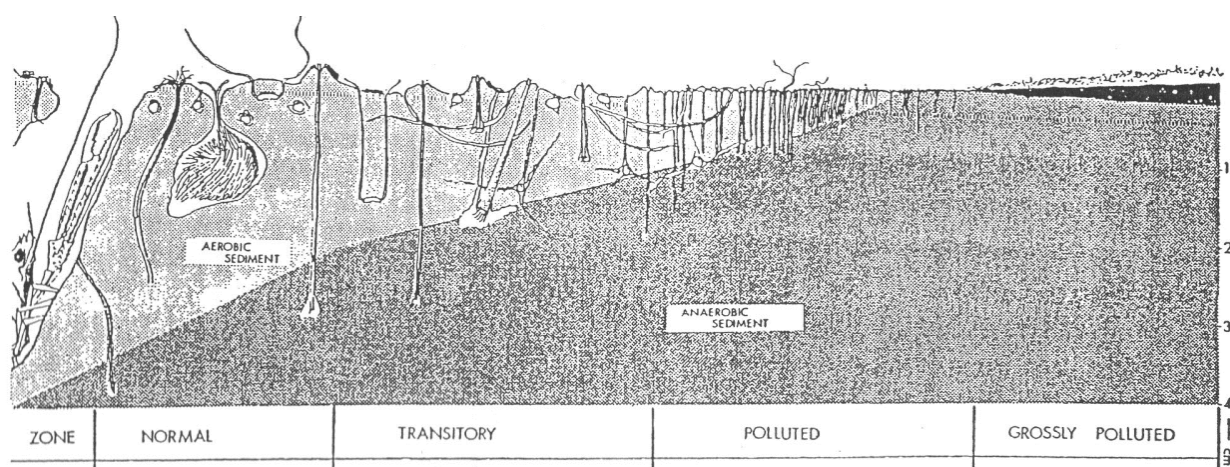
που λαμβάνεται από το βένθος, είναι συχνά περισσότερο αξιόπιστη από μια χημική ανάλυση.

Επιπλέον, το ζωβένθος αποτελεί έναν από τους βασικότερους κρίκους στην τροφική αλυσίδα του οικοσυστήματος. Τρέφει τα αλιεύματα, που παράγονται στις λιμνοθάλασσες και σύμφωνα με την οδηγία 2000/60/ΕΚ αποτελεί ένα από τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία αξιολόγησης της οικολογικής κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένων και των μεταβατικών. Κριτήρια εκτίμησης αποτελούν η σύσταση, η κατανομή και η αφθονία των βενθικών βιοκοινωνιών.

Έτσι, η χρήση της μακροπανίδας σε πρόγραμμα παρακολούθησης του βενθικού οικοσυστήματος και των αλλαγών, που υφίσταται λόγω διαφόρων ανθρωπογενών παραγόντων, αποτελεί μια διαδεδομένη τεχνική. Τα τελευταία χρόνια, πολλές χώρες της Ε.Ε. έχουν δημιουργήσει προγράμματα ταξινόμησης της οικολογικής ποιότητας βάσει βιοτικών δεικτών. Για να συνεισφέρουν αποτελεσματικά και ορθά

στην εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των μεταβατικών οικοσυστημάτων, οι δείκτες θα πρέπει να αντιδρούν με προγνώσιμο και συνεπή τρόπο σε κάποιο τύπο διατάραξης ανθρωπογενούς προέλευσης. Συνεπώς, οι δείκτες επιλέγονται με κριτήριο την ικανότητά τους να εκφράζουν δομικές και λειτουργικές πτυχές των βιοκοινωνιών, καθώς και την ευαισθησία τους σε συγκεκριμένες ανθρωπογενείς πιέσεις.

Η ένταση του φαινομένου του οργανικού εμπλουτισμού εξαρτάται από τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Περιοχές με έντονα ρεύματα και επομένως γρήγορη ανανέωση νερού μπορούν να δέχονται μεγαλύτερες ποσότητες οργανικών υπολειμμάτων ανά μονάδα επιφάνειας από ό,τι οι κλειστοί κόλποι (τα υπολείμματα απομακρύνονται γρηγορότερα). Επίσης, περιοχές με έντονα πυκνοκλινή και επομένως σαφή στρωμάτωση του νερού είναι περισσότερο ευάλωτες. Καθώς οι περισσότερες από τις παραπάνω παραμέτρους διαφέρουν ανάλογα με την εποχή, η εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης μιας περιοχής εξαρτάται και από την εποχή της δειγματοληψίας. Οι οργανισμοί της μακροπανίδας (οργανισμοί μεγέθους μεγαλύτερου του ενός χιλιοστού) ακολουθούν το μοντέλο της μακροβενθικής διαδοχής κατά μία διαβάθμιση οργανικού εμπλουτισμού, των Pearson και Rosenberg, 1978 (σχήμα 1), το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί κατά κόρον τις τελευταίες τρεις δεκαετίες.



Σχήμα 1 : Μοντέλο διαδοχής του μακροβένθους συναρτήσεως της απόστασης από την πηγή του οργανικού υλικού (Pearson & Rosenberg, 1978).

Συγκεκριμένα, ακριβώς κάτω από την πηγή του εμπλουτισμού, όταν ο ρυθμός καθίζησης των οργανικών υπολειμμάτων είναι υψηλός, η πανίδα μπορεί και να εξαφανιστεί εντελώς, αφήνοντας μια αζωική ζώνη, όπου επιβιώνουν μόνο αναερόβια βακτήρια. Ακολουθεί μία ζώνη με χαμηλή ποικιλότητα ειδών, η οποία χαρακτηρίζεται από μεγάλη αφθονία λίγων ευκαιριακών ειδών, των οποίων τα αναπαραγωγικά και αναπτυξιακά χαρακτηριστικά τους παρέχουν το πλεονέκτημα της εκμετάλλευσης οικοθέσεων, που προκύπτουν από ξαφνικές περιβαλλοντικές

αλλαγές (Pearson & Rosenberg, 1978) (π.χ. *Capitella capitata*). Αυξανόμενη της απόστασης από την πηγή ρύπανσης, αυξάνεται και η ποικιλότητα, με την προσθήκη λιγότερο ανθεκτικών στη ρύπανση ειδών. Το μοντέλο αυτό έχει εφαρμοστεί σε διάφορες λιμνοθάλασσες και φαίνεται ότι δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Η απόκριση των μακροπανιδικών οργανισμών στην οργανική ρύπανση εξαρτάται από τα βιολογικά χαρακτηριστικά κάθε είδους. Τα είδη διαφέρουν ως προς τη δραστηριότητά τους και επομένως ως προς την επιρροή τους στο οικοσύστημα. Για παράδειγμα τα ευκαιριακά είδη επηρεάζονται λιγότερο από την ιζηματοπόθεση και είναι πιθανό να αντιδρούν θετικά ως προς αυτήν. Επιπλέον, αυξανόμενη της ρύπανσης αυξάνεται ο αριθμός των ευκαιριακών (ανθεκτικών) ειδών και των υποεπιφανειακών ιζηματοφάγων και μειώνεται το ποσοστό των αιωρηματοφάγων και των σαρκοφάγων οργανισμών. Η αυξημένη οργανική ρύπανση έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των μεγαλύτερων και μακροβιότερων οργανισμών K στρατηγικής, ενώ ευνοούνται τα πιο ανθεκτικά και με μικρότερη διάρκεια ζωής ευκαιριακά είδη r στρατηγικής, τα οποία είναι μικρότερου μεγέθους. Επομένως, σε έντονα ρυπασμένες περιοχές η βιομάζα είναι μικρότερη.

Τα μεταβατικά οικοσυστήματα παρουσιάζουν σημαντικό ενδιαφέρον λόγω της σπουδαιότητάς τους ως πεδία αναπαραγωγής και διατροφής πολλών και διαφορετικών ιχθυοπληθυσμών, ως χώροι κατάλληλοι για υδατοκαλλιέργειες και για τουρισμό και εξαιτίας του ρόλου τους για τα μεταναστευτικά πτηνά. Επιπλέον, κάποιες από τις ελληνικές λιμνοθάλασσες υπόκεινται στη σύμβαση Ramsar (1971), η οποία προβλέπει τη διατήρηση των υγροτόπων λόγω της συμμετοχής τους στον κύκλο του νερού και λόγω της υποστήριξης ιδιαίτερης πανίδας και χλωρίδας. Οι βενθικές βιοκοινωνίες έχουν μελετηθεί σε αρκετές ελληνικές λιμνοθάλασσες, όπως αυτές του Έβρου (Kevrekidis, 2004; Mogias & Kevrekidis, 2005), του Αμβρακικού κόλπου (Reizoroulou & Nicolaidou, 2004; Nicolaidou et al, 2006), του Ιονίου (Arvanitidis et al, 1999; Koutsoubas et al, 2000) και του Αιγαίου (Evangelopoulos et al, 2007).

Τα τελευταία χρόνια γίνεται επίσης, μεγάλος λόγος για τη βιοποικιλότητα και τη διατήρησή της. Η διατήρηση σε επίπεδο οικοσυστήματος και αριθμού ειδών, αποτελεί σήμερα προτεραιότητα και είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διατήρηση της φυσικής κληρονομιάς, καθώς και των αγαθών και υπηρεσιών, που παρέχουν τα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα. Βασικές μελέτες, που αφορούν στη βιοποικιλότητα μιας περιοχής, έχει αποδειχτεί ότι είναι εξαιρετικά χρήσιμες, αφού παρέχουν ένα μέτρο σύγκρισης για μελλοντικές μελέτες και εκτίμηση της εξέλιξης των βιοκοινωνιών και των οικοσυστημάτων και της επίπτωσης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε αυτά.

Μέσω αυτής της εργασίας επιχειρείται κατ' αρχάς η μελέτη της εποχιακής διακύμανσης στους ζωοβενθικούς πληθυσμούς της λιμνοθάλασσας του

Μαζώματος, καθώς και η σύγκριση μεταξύ δύο διαφορετικών σταθμών της λιμνοθάλασσας αυτής. Θα γίνει μία εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης της λιμνοθάλασσας και θα συσχετισθεί η αφθονία των οργανισμών με το οργανικό υλικό, τη θερμοκρασία, την αλατότητα, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο, την μέση διάμετρο κόκκων (MD), την διαλογή (σ_1), την λοξότητα (SK1) και την Ιλύ & Πηλό %. Η μέση διάμετρος κόκκων, η διαλογή, η λοξότητα και η Ιλύς & Πηλός % είναι χαρακτηριστικά των υλικών του πυθμένα της λιμνοθάλασσας.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

Ο Αμβρακικός κόλπος είναι ένας ημίκλειστος κόλπος, που συνδέεται με το Ιόνιο Πέλαγος διαμέσου του καναλιού της Πρέβεζας (μία στενή δίοδος). Είναι ρηχός κόλπος με μέγιστο βάθος περίπου 60 μέτρα. Επηρεάζεται από τις εισροές γλυκών υδάτων, που δέχεται από τους ποταμούς Άραχθο και Λούρο (Nicolaidou et al, 1983). Η είσοδος γλυκού νερού είναι εποχιακή (Reizoroulou & Nicolaidou, 2004).

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν στη λιμνοθάλασσα Μάζωμα του Αμβρακικού κόλπου (Εικ. 1a) στις 9 Σεπτεμβρίου 2010, στις 19 Φεβρουαρίου, στις 21 Μαΐου και 21 Ιουλίου του 2011.



Εικόνα 1.(a) Αμβρακικός κόλπος. M: Μάζωμα, T: Τσοπέλι, Ts: Τσουκαλιό, R: Ροδιά, L: Λογαρού. (Reizoroulou & Nicolaidou, 2004)

Επιλέχθηκαν δύο σταθμοί, ο M in και ο M out. Οι σταθμοί επιλέχθηκαν με βάση την απόστασή τους από το σημείο επικοινωνίας με τη θάλασσα και τη γειτνίασή τους με τις παροχές γλυκού νερού. Έτσι ο in βρίσκεται στο εσωτερικό της λιμνοθάλασσας, ενώ ο out κοντά στο διάυλο επικοινωνίας με τον υπόλοιπο κόλπο του Αμβρακικού. Οι συντεταγμένες του κάθε σταθμού και τα αντίστοιχα βάθη δίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Συντεταγμένες και βάθη των δύο σταθμών

Σταθμός	M in	M out
Μήκος x	39,015472	39,011444
Πλάτος y	20,745222	20,752556
Βάθος (m)	2	0,7

Οι λιμνοθάλασσες του Αμβρακικού κόλπου παρουσιάζουν ευρύ φάσμα αλατότητας, θερμοκρασίας και διαλυμένου οξυγόνου λόγω του μεγάλου βαθμού απομόνωσης και του μικρού βάθους, που τις χαρακτηρίζουν (Reizorouliou & Nicolaidou, 2004). Οι μεταβλητές, που επηρεάζουν περισσότερο την διασπορά και την ποικιλότητα των ειδών, είναι ο βαθμός επικοινωνίας με τη θάλασσα και το θρεπτικό φορτίο, που απολήγει από τις παροχές γλυκού νερού (Nicolaidou et al, 2005). Σε μαλακά υποστρώματα, όπως στην περίπτωση αυτή, το μέγεθος των κόκκων του πυθμένα επηρεάζει σημαντικά τους βενθικούς οργανισμούς.

Επί τόπου έγιναν μετρήσεις του βάθους, της αλατότητας, της θερμοκρασίας, του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου και του pH με πολύμετρο τύπου YSI 650. Πέντε δείγματα μακροβένθους συλλέχθηκαν από κάθε σταθμό με δειγματολήπτη τύπου box corer συλλεκτικής επιφάνειας 0,03m². Επιπλέον, από κάθε σταθμό συλλέχθηκε αδιατάραχτο ίζημα για κοκκομετρική ανάλυση (Buchannan, 1984) και πιο συγκεκριμένα για να γίνει μέτρηση της μέσης διαμέτρου κόκκων (MD), της διαλογής (σ₁), της λοξότητας (Sk₁), καθώς και για μέτρηση του ολικού οργανικού υλικού (%) (πίνακας 2). Κατόπιν τα δείγματα για την πανιδική ανάλυση κοσκινίστηκαν επί τόπου με κόσκινο ανοίγματος 0,5 mm και φυλάχθηκαν σε πλαστικά δοχεία. Στα δοχεία προστέθηκε διάλυμα φορμόλης 4%, για τη συντήρηση των οργανισμών και διάλυμα Rose Bengal 20%, το οποίο χρωματίζει εκλεκτικά τους ζωντανούς οργανισμούς. Αυτό είναι απαραίτητο για το στάδιο της διαλογής των οργανισμών, που ήταν ζωντανοί κατά τη δειγματοληψία και το οποίο γίνεται στο εργαστήριο.

Πίνακας 2. Αβιοτικές παράμετροι του Μαζώματος (1: Σεπτέμβριος, 2: Φεβρουάριος, 3: Μάιος, 4: Ιούλιος).

Δείγμα	Βάθος (m)	Ολικό οργανικό υλικό (%)	Θερμοκρασία (°C)	Αλατότητα (psu)	pH	Διαλυμένο O ₂ (mg/lt)	Μέση διάμετρος κόκκων (mm)	Διαλογή	Λοξότητα	Ιλύς & Πηλός (%)
1-Min	2,0	22,86	25,3	33,30	7,93	5,28	0,52	1,32	0,42	5,29
1-Mout	0,7	14,07	26,6	33,20	7,86	5,57	0,22	1,54	-0,34	3,28
2-Min	2,0	20,44	11,0	14,60	8,58	9,43	0,73	1,11	0,28	1,30
2-Mout	0,7	11,06	11,8	15,20	8,73	8,73	0,66	1,07	0,56	1,74
3-Min	2,0	21,44	24,0	11,06	7,96	7,40	0,48	1,41	0,16	4,68
3-Mout	0,7	6,93	23,0	12,35	8,35	7,52	0,75	0,99	0,38	1,08
4-Min	2,0	21,93	28,2	34,50	7,66	4,73	0,49	1,24	0,29	3,26
4-Mout	0,7	16,80	27,0	33,70	8,16	5,66	0,14	1,47	-0,29	8,92

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Στην επόμενη φάση, στο εργαστήριο, πραγματοποιήθηκε η διαλογή των οργανισμών και διακρίθηκαν με γυμνό μάτι ή με τη βοήθεια στερεοσκοπίου οι κύριες ζωοβενθικές ομάδες, δηλαδή Πολύχαιτοι, Μαλάκια, Καρκινοειδή και Διάφορα (περιλαμβάνει μικρότερα Φύλα όπως Νημερτίνοι, Προνύμφες εντόμων, Σιπούγκουλα κ.ά.). Οι οργανισμοί φυλάχθηκαν σε διάλυμα 75% οινόπνευματος.



Μετά από αυτόν τον βασικό διαχωρισμό, έγινε ο προσδιορισμός των οργανισμών σε επίπεδο είδους και η καταμέτρηση τους με στερεοσκοπική και μικροσκοπική εξέτασή τους, καθώς και με τη χρήση κλειδών προσδιορισμού. Στην διαδικασία του προσδιορισμού συμμετείχαν η Δρ Σοφία Ρεϊζοπούλου και η μεταπτυχιακός Καλλιόπη Σιγάλα.



ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στη συνέχεια βάσει των ποιοτικών και ποσοτικών αποτελεσμάτων, που προέκυψαν από τις βιολογικές αναλύσεις (πίνακες των ειδών και της αριθμητικής τους αφθονίας), υπολογίσθηκαν ορισμένοι οικολογικοί δείκτες. Οι οικολογικοί δείκτες χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της κατάστασης των βενθικών βιοκοινωνιών στο χώρο και στο χρόνο και έχουν καθιερωθεί διεθνώς για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής κατάστασης των οικοσυστημάτων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπολογίσθηκαν οι εξής δείκτες:

- α) ο αριθμός ειδών ανά σταθμό (S),
- β) η πυκνότητα πληθυσμών (N) εκφρασμένη σε αριθμό ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο,
- γ) ο δείκτης ποικιλότητας (H') κατά Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963),
- δ) ο δείκτης ομοιομορφίας (J) κατά Pielou (1969).

Ο υπολογισμός των τιμών των δεικτών έγινε μέσα από την εφαρμογή του λογισμικού πακέτου εργασίας PRIMER 6 (Plymouth Marine Laboratory).

Αριθμός ειδών (S)

Ο αριθμός ειδών εκφράζει το συνολικό αριθμό ειδών (S) που αντιστοιχεί σε κάθε σταθμό.

Πυκνότητα ατόμων (N)

Η πυκνότητα ατόμων εκφράζει το συνολικό αριθμό ατόμων (N) σε κάθε σταθμό, ανά τετραγωνικό μέτρο (m²).

Δείκτης ποικιλότητας (H')

Ο δείκτης ποικιλότητας H' (*Community Diversity Index*), γνωστός και ως «*Shannon-Wiener*» (Shannon & Weaver, 1963), χρησιμοποιείται για να συσχετίσει τον αριθμό ειδών με τον τρόπο που κατανέμονται τα άτομα στα διάφορα είδη. Είναι σχετικά ανεξάρτητος από την επιφάνεια των δειγμάτων. Όσο περισσότερα είναι τα είδη σε ένα σταθμό, αλλά και όσο πιο ισότιμα κατανέμονται τα άτομα ανάμεσα στα είδη, τόσο μεγαλύτερη είναι και η τιμή της ποικιλότητας.

Ο δείκτης ποικιλότητας εκφράζεται μαθηματικά από τη σχέση:

$$H' = - \sum_i p_i \log p_i$$

όπου p_i το ποσοστό των ατόμων στο είδος i , $p_i = n_i/N$,

n_i ο αριθμός των ατόμων στο είδος i ,

N ο συνολικός αριθμός ατόμων.

Δείκτης ομοιομορφίας (J)

Ο δείκτης ομοιομορφίας J (*Evenness Index*) (Pielou, 1969) είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος δείκτης ομοιομορφίας. Ο υπολογισμός του θεωρείται απαραίτητος, γιατί ξεκαθαρίζει αν η διαφορά στην ποικιλότητα μεταξύ των σταθμών οφείλεται στο διαφορετικό αριθμό ειδών ή στην ομοιομορφία κατανομής των ατόμων στα είδη.

Ο δείκτης εκφράζεται από τη σχέση:

$$J = H' / H_{max} = H' / \log S$$

όπου H' ο δείκτης ποικιλότητας,

S ο συνολικός αριθμός ειδών σε κάθε σταθμό,

H_{max} η μεγαλύτερη δυνατή τιμή ποικιλότητας, που θα προέκυπτε, αν τα άτομα του δείγματος ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένα ανάμεσα στα είδη.

ΠΟΛΥΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Χρησιμοποιήθηκαν πολυπαραγοντικές αναλύσεις για την ομαδοποίηση των σταθμών με βάση τις πληροφορίες, που είχαν συλλεχθεί για κάθε έναν από αυτούς. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι τεχνικές αυτές.

Δείκτες ομοιότητας. Δείκτης ομοιότητας των *Bray-Curtis*

Η ομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων εκτιμάται βάσει των δεικτών ομοιότητας. Η επιλογή του κατάλληλου δείκτη γίνεται σύμφωνα με τη φύση των δεδομένων. Στη θαλάσσια οικολογία προτείνεται η χρήση του δείκτη ομοιότητας των *Bray-Curtis* (Bray & Curtis, 1957), ο οποίος έχει τα πλεονεκτήματα, ότι αλλαγή κλίμακας μέτρησης δεν τον αλλάζει και ότι δεν επηρεάζεται από την κοινή απουσία ειδών ανάμεσα στα δείγματα.

Ο δείκτης αυτός εκφράζει την ομοιότητα (S_{jk}) μεταξύ κάθε ζευγαριού δειγμάτων j και k σύμφωνα με τον τύπο:

$$S_{jk} = 100 * \{1 - \sum |y_{ij} - y_{ik}| / \sum (y_{ij} + y_{ik}) \}$$

όπου y_{ij} ο αριθμός ατόμων για κάθε ταξινομική μονάδα στο δείγμα j ,

y_{ik} ο αριθμός ατόμων για κάθε ταξινομική μονάδα στο δείγμα k ,

$j, k = (1, 2, \dots, n)$,

n = σύνολο δειγμάτων,

i = αριθμός ταξινομικής μονάδας ($i = 1, 2, \dots, p$),

p = ο συνολικός αριθμός των ειδών.

Η τροποποίηση των δεδομένων έγινε με βάση το $\log(x+1)$. Με τους υπολογισθέντες δείκτες ομοιότητας μεταξύ όλων των δυνατών ζευγαριών δειγμάτων κατασκευάζεται ένας τριγωνικός πίνακας ομοιότητας (*similarity matrix*).

Ιεραρχική ταξινόμηση ή Ομαδοποίηση (*Cluster analysis*)

Η Ομαδοποίηση τις τελευταίες τρεις δεκαετίες έχει αποδειχθεί μια χρήσιμη τεχνική για έναν αριθμό οικολογικών μελετών. Θεωρείται κατάλληλη για την απεικόνιση των διαφόρων ομάδων, που περιλαμβάνουν περιοχές των οποίων οι βιοκοινωνίες παρουσιάζουν ευδιάκριτη δομή. Αποτελεί την πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο για το συνδυασμό των δειγμάτων σε συστάδες. Τοποθετεί δηλαδή τα δείγματα σε ομάδες με βάση το βαθμό ομοιότητάς τους σε κάποιες μεταβλητές. Τα δείγματα τοποθετούνται σε ομάδες ξεκινώντας από αυτά με τις μεγαλύτερες ομοιότητες. Σταδιακά το επίπεδο ομοιότητας μειώνεται, έως ότου φτάνουμε στο επίπεδο όπου όλες οι επιμέρους ομάδες συγχωνεύονται σε μια κοινή ομάδα (Clarke, 1988). Η σύνδεση των δειγμάτων σε ομάδες γίνεται με τη βοήθεια κάποιων κριτηρίων ομαδοποίησης. Το κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την εργασία ήταν αυτό του μέσου όρου (*group – average linking*), κατά το οποίο η ομαδοποίηση μεταξύ δύο συστάδων πραγματοποιείται στο μέσο επίπεδο ομοιότητας μεταξύ των δύο συστάδων. Τα αποτελέσματα, που προκύπτουν από την ομαδοποίηση αυτή, παρουσιάζονται με τη μορφή δενδρογράμματος.

Ανάλυση Πολυδιάστατης Διαβάθμισης ή Διευθέτηση (*Multidimensional Scaling, MDS*)

Σημείο εκκίνησης για την Ανάλυση Πολυδιάστατης Διαβάθμισης αποτελεί ο προαναφερθείς τριγωνικός πίνακας ομοιότητας. Στη συνέχεια δημιουργείται ένας νέος τριγωνικός πίνακας, ο πίνακας κατάταξης ομοιότητας (*rank similarity matrix*),

οι τιμές του οποίου βασίζονται στις τιμές ομοιότητας του προηγούμενου πίνακα. Συγκεκριμένα, σε κάθε τιμή ομοιότητας μεταξύ των δειγμάτων του πίνακα ομοιότητας αντιστοιχίζεται μια νέα, ακέραια τιμή στον πίνακα κατάταξης ομοιότητας. Οι τιμές αυτές εξαρτώνται από τη σειρά ομοιοτήτων μεταξύ των δειγμάτων στον πίνακα ομοιότητας. Η κατάταξη της σειράς γίνεται με τη χρήση αριθμητικής κλίμακας από το 1 μέχρι και το $n(n-1)/2$, όπου n ο αριθμός των δειγμάτων. Στη μεγαλύτερη τιμή ομοιότητας αντιστοιχίζεται η τιμή 1, ενώ στη μικρότερη η τιμή $n(n-1)/2$.

Στη συνέχεια μέσω της Διευθέτησης κατασκευάζεται ένα διάγραμμα δύο διαστάσεων, πάνω στο οποίο απεικονίζονται σα σημεία τα δείγματα με βάση την ευκλείδεια απόστασή τους. Η απόστασή τους εξαρτάται από τη σειρά των ομοιοτήτων στον πίνακα κατάταξης ομοιότητας. Όσο μεγαλύτερη ομοιότητα παρουσιάζουν δύο δείγματα, τόσο πιο κοντά τοποθετούνται στο διδιάστατο διάγραμμα. Ωστόσο δεν υπάρχει «απόλυτη απόσταση» μεταξύ των δειγμάτων. Υπάρχει σχετική απόσταση. Η τήρησή της, όταν τα δείγματα είναι πολλά, είναι δύσκολη. Παρατηρείται τότε κάποια διαστρέβλωση (stress) ανάμεσα στη σειρά ομοιοτήτων και στη σειρά του σχήματος. Η αξιοπιστία της απεικόνισης ομαδοποίησης μετρείται με το συντελεστή έντασης (*stress coefficient*), που εκφράζει το βαθμό παραμόρφωσης των αποστάσεων μεταξύ των σημείων. Διαστρέβλωση μικρότερη από 0,05 υποδεικνύει εξαιρετική απεικόνιση. Διαστρέβλωση μικρότερη από 0,2 υποδεικνύει καλή απεικόνιση, ενώ μεγαλύτερη του 0,2 χρήσιμη. Για τιμή μεγαλύτερη του 0,3 η απεικόνιση θεωρείται μόλις λίγο καλύτερη από την τυχαία τοποθέτηση των σημείων (Clarke & Warwick, 1994).

Στην παρούσα εργασία έγινε και μία απεικόνιση της διευθέτησης με ταυτόχρονη παρουσίαση της μεταβλητής Ιλύς & Πηλός % (*silt & clay %*). Σε αυτήν τα δείγματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά ανά μήνα και σταθμό, για να συσχετισθεί η μεταβλητή με την ομοιότητα ή μη των δειγμάτων. Η τιμή, που παίρνει η μεταβλητή, παριστάνεται στο σχήμα με το μέγεθος του κύκλου γύρω από το αντίστοιχο δείγμα. Επίσης πραγματοποιήθηκε και ένα άλλο είδος απεικόνισης διευθέτησης, στο οποίο τοποθετείται ένας κύκλος στο ίδιο επίπεδο με τα δείγματα. Μέσα σε αυτόν τον κύκλο απεικονίζονται οι διάφορες αβιοτικές παράμετροι με τη μορφή ανυσμάτων. Με μεγαλύτερο μήκος παριστάνονται τα ανύσματα εκείνα, που αντιστοιχούν στις μεταβλητές, που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μεταβλητότητα ανάμεσα στα δείγματα. Μάλιστα η τιμή της εκάστοτε μεταβλητής λαμβάνει τη μεγαλύτερή της τιμή στην περιοχή του επιπέδου, που είναι στραμμένο το άνυσμα και όπου βρίσκονται τα αντίστοιχα δείγματα.



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΟΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Στα δείγματα, που επεξεργαστήκαμε, βρήκαμε τα άτομα από τα τάξα, που παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες. Προσδιορίστηκαν συνολικά 37 είδη. Για τα Διάφορα δεν έγινε προσδιορισμός μέχρι το επίπεδο του είδους. Οι πίνακες, που ακολουθούν (Πίνακες 3-4), αναφέρονται στη δειγματοληπτική επιφάνεια των 0,03m² και περιέχουν το μέσο όρο της αφθονίας των πέντε επαναληπτικών δειγμάτων σε κάθε περίπτωση. Ο πίνακας με τα δεδομένα όλων των επαναληπτικών δειγμάτων παρατίθεται στο τέλος στο Παράρτημα.

Πίνακας 3. Μέσοι όροι της αφθονίας των πέντε επαναληπτικών δειγμάτων για τα Μαλάκια και τους Πολύχαιτους (S: Σεπτέμβριος, F: Φεβρουάριος, M: Μάιος, J: Ιούλιος).

Δείγμα Είδος	S-Min	S-Mout	F-Min	F-Mout	M-Min	M-Mout	J-Min	J-Mout
Μαλάκια								
<i>Abra segmentum</i>	1,75	3,8	7	8,6	5	15,5	69,6	232,8
<i>Loripes lacteus</i>	0	0,6	0,2	2,2	0	0,5	0	6,2
<i>Cyclope neritea</i>	0	0	0,2	0	0,67	0,5	1,2	1,6
<i>Mytilaster minimus</i>	115,75	2,6	13,8	6,4	2,33	7,5	1,6	0,4
<i>Cerastoderma glaucum</i>	2,5	0,8	0,2	22,2	0,67	5,5	12,6	4,6
<i>Venerupis sp.</i>	0	0,2	0	0,2	0	0	0	4,6
<i>Haminoea navicula</i>	0	0,2	0	0	0	0	0	0,2
<i>Hinia reticulata</i>	0	0	0	0,2	0	0,5	0	0
<i>Gibbula adansoni</i>	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0
<i>Mollusca sp.</i>	0	0,2	0	0	0	0	0	0
Πολύχαιτοι								
<i>Nephtys hombergii</i>	0	0,8	0,4	2	0,67	4	1,6	2
<i>Nereiphylla pusilla</i>	6	1,6	0	0,8	0	1	0	5,4
<i>Hediste diversicolor</i>	0	0	0	0,2	28,67	0,5	7,6	5,6
<i>Harmothoe spinifera</i>	0	0,6	0	0	0	0	0,4	1,4
<i>Heteromastus filiformis</i>	0	0	0	0	0,67	1	0	28,4
<i>Spio decoratus</i>	0	0	0	1,4	0	0	0	0
<i>Prionospio cirrifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,4
<i>Capitomastus minimus</i>	0	0,2	0	0,8	0	0	0	0
<i>Capitella capitata</i>	0	0,2	0	0,4	0	0	0	0
<i>Spiophanes bombyx</i>	0	0	0	0	0,33	0	0	0
<i>Platynereis dumerilii</i>	0,25	2	0	0	0	0,5	0	0
<i>Amphicteis gunneri</i>	0	0	0	0	0	0,5	0	0
<i>Lagis koreni</i>	0	0,2	0	0	0	0	0	0
<i>Nainereis laevigata</i>	1,25	1	0	0	0	0	0	0
<i>Hydroides dianthus</i>	0,5	6,4	0	0	0	0	0	0
<i>Syllis gracilis</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schistomeringos rudolphi</i>	0	1,2	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4. Μέσοι όροι της αφθονίας των Καρκινοειδών και των Διαφόρων για κάθε πέντε επαναληπτικά δείγματα (S: Σεπτέμβριος, F: Φεβρουάριος, M: Μάιος, J: Ιούλιος).

Δείγμα Είδος	S-Min	S-Mout	F-Min	F-Mout	M-Min	M-Mout	J-Min	J-Mout
Καρκινοειδή								
<i>Idotea balthica</i>	139,75	37	0	0,6	1,67	0	2	132,4
<i>Gammarus insensibilis</i>	21,25	5,6	0	0	0,33	0,5	0,4	7,4
<i>Lekanesphaera monodi</i>	7	0,2	0,2	1,8	0	0	1	1,8
<i>Corophium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0,2	0
<i>Corophium insidiosum</i>	38	2,8	15	10,8	19	8	0,6	0,4
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	0	3	0	0,4	1	0	0,8	0,8
<i>Hippolyte longirostris</i>	1	2	0	0	0	0	0	0,2
<i>Dexamine spinosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,8
<i>Erichthonius bifidus</i>	2,75	10,4	0	0	0	0	0	0,4
<i>Ligia sp.</i>	0	0	0	0,4	0	0	0	0
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	0	0	0	0,2	0	0	0	0
<i>Tanais dulongii</i>	57,5	10,2	0	0	0	0	0	0
<i>Leptochelia savignyi</i>	0	0,4	0	0	0	0	0	0
<i>Stenothoe monoculoides</i>	0	0,8	0	0	0	0	0	0
<i>Ostracoda sp.</i>	0	0	0,6	0	0	0	0	0
Διάφορα								
<i>Chironomidae sp.</i>	232,75	0,6	3,6	1	2	1	0	0,4
<i>Nemertea sp.</i>	0	0,2	0	0	0	1	0,2	1,2
<i>Actiniaria sp.</i>	1,25	0,8	0,8	0	0	0	0,4	0,4
<i>Platyhelminthes sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,2
<i>Phoronis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,2
<i>Anomura sp.</i>	0	0	0	0,2	0	0	0	0
<i>Oligochaeta sp.</i>	0	0	0	0,2	0	0	0	0
<i>Hydrozoa sp.</i>	0	0	0,2	0	0	0	0	0
<i>Insecta larvae</i>	2,75	0,2	0	0	0	0	0	0
<i>Sipuncula sp.</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0
<i>Madreporaria sp.</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0

Στη συνέχεια, έγινε αναγωγή της αφθονίας, ούτως ώστε να προκύψει αυτή στο τετραγωνικό μέτρο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 5 και 6.

Πίνακας 5. Μέση αφθονία στο τετραγωνικό μέτρο για τα Μαλάκια και τους Πολύχαιτους.

Δείγμα Είδος	S-Min	S-Mout	F-Min	F-Mout	M-Min	M-Mout	J-Min	J-Mout
Μαλάκια								
<i>Abra segmentum</i>	58,33	126,67	233,33	286,67	166,67	516,67	2320	7760
<i>Loripes lacteus</i>	0	20	6,67	73,33	0	16,67	0	206,67
<i>Cyclope neritea</i>	0	0	6,67	0	22,22	16,67	40	53,33
<i>Mytilaster minimus</i>	3858,33	86,67	460	213,33	77,78	250	53,33	13,33
<i>Cerastoderma glaucum</i>	83,33	26,67	6,67	740	22,22	183,33	420	153,33
<i>Venerupis sp.</i>	0	6,67	0	6,67	0	0	0	153,33
<i>Haminoea navicula</i>	0	6,67	0	0	0	0	0	6,67
<i>Hinia reticulata</i>	0	0	0	6,67	0	16,67	0	0
<i>Gibbula adansoni</i>	16,67	6,67	0	0	0	0	0	0
<i>Mollusca sp.</i>	0	6,67	0	0	0	0	0	0
Πολύχαιτοι								
<i>Nephtys hombergii</i>	0	26,67	13,33	66,67	22,22	133,33	53,33	66,67
<i>Nereiphylla pusilla</i>	200	53,33	0	26,67	0	33,34	0	180
<i>Hediste diversicolor</i>	0	0	0	6,67	955,56	16,67	253,33	186,67
<i>Harmothoe spinifera</i>	0	20	0	0	0	0	13,33	46,67
<i>Heteromastus filiformis</i>	0	0	0	0	22,22	33,34	0	946,67
<i>Spio decoratus</i>	0	0	0	46,67	0	0	0	0
<i>Prionospio cirrifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	13,33
<i>Capitomastus minimus</i>	0	6,67	0	26,67	0	0	0	0
<i>Capitella capitata</i>	0	6,67	0	13,33	0	0	0	0
<i>Spiophanes bombyx</i>	0	0	0	0	11,11	0	0	0
<i>Platynereis dumerilii</i>	8,33	66,67	0	0	0	16,67	0	0
<i>Amphicteis gunneri</i>	0	0	0	0	0	16,67	0	0
<i>Lagis koreni</i>	0	6,67	0	0	0	0	0	0
<i>Nainereis laevigata</i>	41,67	33,34	0	0	0	0	0	0
<i>Hydroides dianthus</i>	16,67	213,33	0	0	0	0	0	0
<i>Syllis gracilis</i>	16,67	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schistomeringos rudolphi</i>	0	40	0	0	0	0	0	0

Για τα Μαλάκια κύρια είδη είναι το *Abra segmentum* και το *Mytilaster minimus*, καθότι τα συναντούμε σε όλους τους σταθμούς και όλα τα δείγματα και έχουν μεγαλύτερες αφθονίες. Τρίτο κύριο είδος είναι το *Cerastoderma glaucum*. Όσον αφορά στους Πολύχαιτους, κύρια είδη είναι το *Nephtys hombergii*, που βρίσκεται και στους δυο σταθμούς σχεδόν όλους τους μήνες και τα *Hediste diversicolor* και

Heteromastus filiformis, που έχουν τις μεγαλύτερες αφθονίες. Τεράστια ήταν η αφθονία των Δίθυρων *Abra segmentum* τον Ιούλιο, αλλά παρατηρήθηκε και πάρα πολύ μεγάλη αφθονία των *Mytilaster minimus* τον Σεπτέμβριο. Παρατηρούμε τον Ιούλιο πολύ μεγάλη αφθονία των *Heteromastus filiformis*, καθώς και των ατόμων *Hediste diversicolor* το Μάιο. Τα είδη *Heteromastus filiformis* και *Hydroides dianthus* είναι δείκτες οικολογικής διατάραξης. Το Σεπτέμβριο καταγράψαμε μεγάλη αφθονία των Πολύχαιτων *Hydroides dianthus*.

Πίνακας 6. Μέση αφθονία στο τετραγωνικό μέτρο για τα Καρκινοειδή και τα Διάφορα.

Δείγμα Είδος	S-Min	S-Mout	F-Min	F-Mout	M-Min	M-Mout	J-Min	J-Mout
Καρκινοειδή								
<i>Idotea balthica</i>	4658,33	1233,33	0	20	55,56	0	66,67	4413,33
<i>Gammarus insensibilis</i>	708,33	186,67	0	0	11,11	16,67	13,33	246,67
<i>Lekanesphaera monodi</i>	233,33	6,67	6,67	60	0	0	33,33	60
<i>Corophium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	6,67	0
<i>Corophium insidiosum</i>	1266,67	93,33	500	360	633,33	266,67	20	13,33
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	0	100	0	13,33	33,33	0	26,67	26,67
<i>Hippolyte longirostris</i>	33,33	66,67	0	0	0	0	0	6,67
<i>Dexamine spinosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	26,67
<i>Ericthonius bifidus</i>	91,67	346,67	0	0	0	0	0	13,33
<i>Ligia sp.</i>	0	0	0	13,33	0	0	0	0
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	0	0	0	6,67	0	0	0	0
<i>Tanais dulongii</i>	1916,67	340	0	0	0	0	0	0
<i>Leptochelia savignyi</i>	0	13,33	0	0	0	0	0	0
<i>Stenothoe monoculoides</i>	0	26,67	0	0	0	0	0	0
<i>Ostracoda sp.</i>	0	0	20	0	0	0	0	0
Διάφορα								
<i>Chironomidae sp.</i>	7758,33	20	120	33,33	66,67	33,33	0	13,33
<i>Nemertea sp.</i>	0	6,67	0	0	0	33,33	6,67	40
<i>Actinaria sp.</i>	41,67	26,67	26,67	0	0	0	13,33	13,33
<i>Platyhelminthes sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	6,67
<i>Phoronis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	6,67
<i>Anomura sp.</i>	0	0	0	6,67	0	0	0	0
<i>Oligochaeta sp.</i>	0	0	0	6,67	0	0	0	0
<i>Hydrozoa sp.</i>	0	0	6,67	0	0	0	0	0
<i>Insecta larvae</i>	91,67	6,67	0	0	0	0	0	0
<i>Sipuncula sp.</i>	8,33	0	0	0	0	0	0	0
<i>Madreporaria sp.</i>	8,33	0	0	0	0	0	0	0

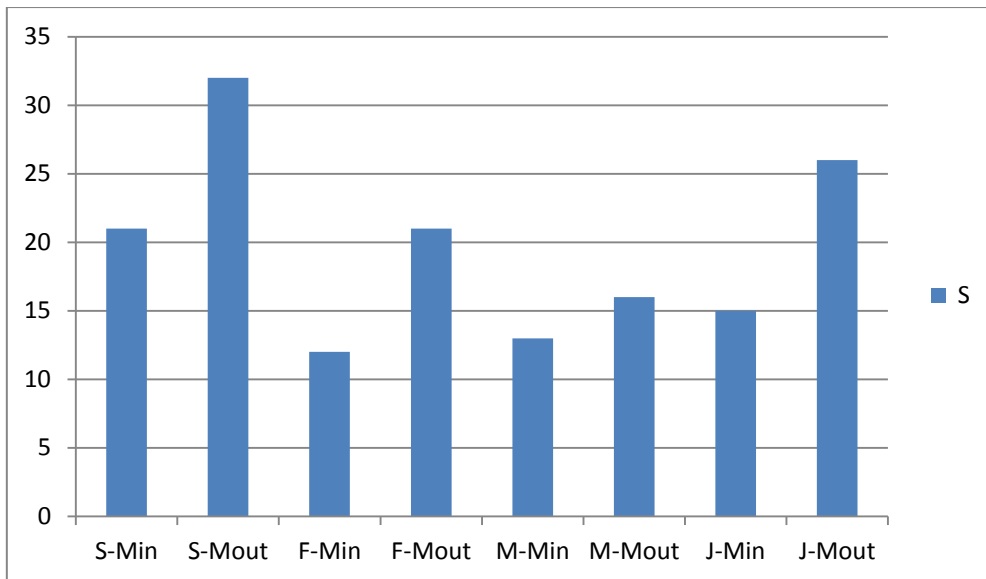
Κύρια είδη στα Καρκινοειδή είναι τα *Corophium insidiosum*, *Idotea balthica* και *Tanais dulongii*. Το *Corophium insidiosum* το συναντάμε σε όλα τα δείγματα και έχει μεγάλη αφθονία. Το *Idotea balthica* υπάρχει στα περισσότερα δείγματα και είναι πάρα πολύ άφθονο το Σεπτέμβριο και τον Ιούλιο. Το *Tanais dulongii* αριθμούσε 1.917 άτομα στον εσωτερικό σταθμό το Σεπτέμβριο. Στα Διάφορα κύριο είδος είναι οι προνύμφες *Chironomidae*, που τις συναντήσαμε σε όλους τους σταθμούς σχεδόν όλους τους μήνες και είχαν τη μεγαλύτερη αφθονία. Παρατηρούμε πάρα πολύ μεγάλη αφθονία Καρκινοειδών *Idotea baltica*, *Corophium insidiosum* και *Tanais dulongii* το μήνα Σεπτέμβριο. Τα *Idotea baltica* ήταν πάρα πολύ άφθονα και τον Ιούλιο. Οι προνύμφες *Chironomidae* είχαν τεράστια αφθονία το Σεπτέμβριο, η οποία μειώνεται καθώς προχωράμε από το Σεπτέμβριο προς τον Ιούλιο. Από τα υπόλοιπα Διάφορα την επόμενη μεγαλύτερη πυκνότητα έχουν οι υπόλοιπες προνύμφες εντόμων το Σεπτέμβριο.

Στη συνέχεια μέσω του προγράμματος Primer 6 υπολογίστηκαν οι οικολογικοί δείκτες, που παρατίθενται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7. Οικολογικοί δείκτες για κάθε σταθμό και για κάθε μήνα δειγματοληψίας.

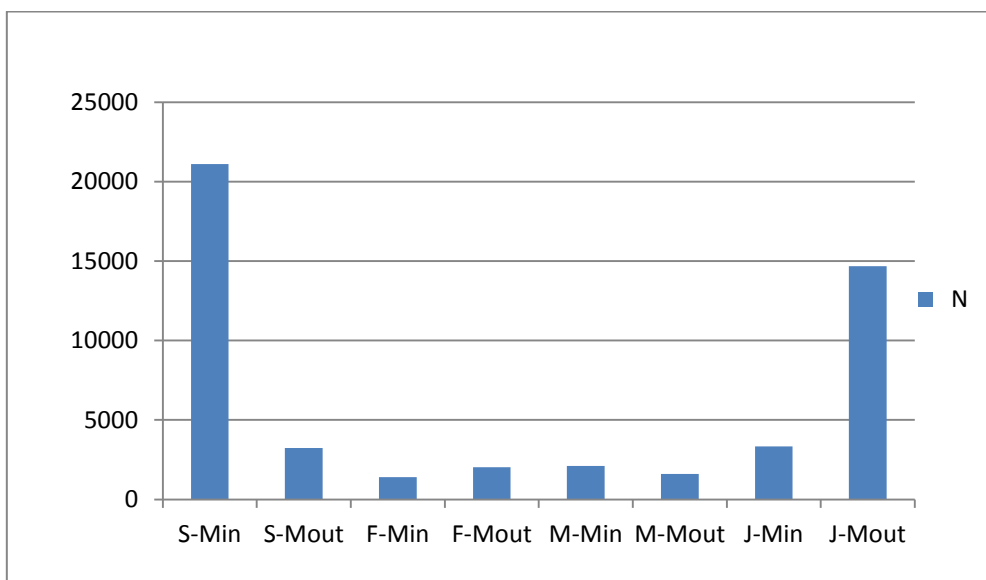
Δείγματα	S	N	J	H'(loge)
S-Min	21	21117	0,58	1,75
S-Mout	32	3233	0,68	2,35
F-Min	12	1407	0,62	1,55
F-Mout	21	2033	0,67	2,05
M-Min	13	2100	0,61	1,56
M-Mout	16	1600	0,75	2,06
J-Min	15	3340	0,44	1,18
J-Mout	26	14673	0,43	1,39

Βάσει των τιμών του αριθμού ειδών, του συνολικού αριθμού ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο, του δείκτη ομοιομορφίας και του δείκτη ποικιλότητας κατασκευάστηκαν τα τρία παρακάτω γραφήματα.



Σχήμα 2. Αριθμός ειδών στους σταθμούς μελέτης.

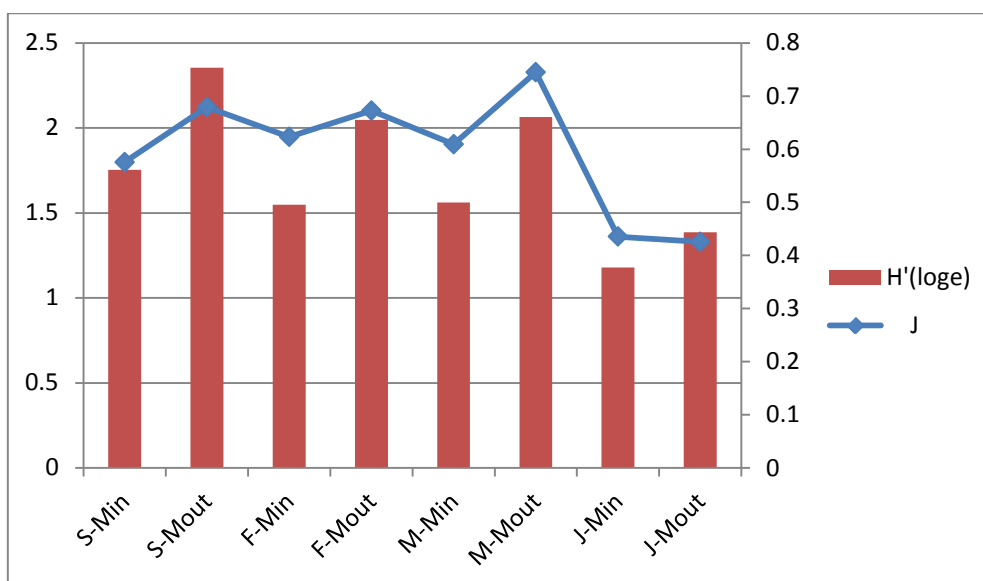
Στο σχήμα 2 παρατηρούμε πως η ποικιλία ειδών των εσωτερικών σταθμών είναι πάντα μικρότερη από την αντίστοιχη των εξωτερικών σταθμών, που γειτονεύουν με τη θάλασσα. Η μεγαλύτερη αφθονία ειδών (32 είδη) συναντάται το Σεπτέμβριο, ενώ η δεύτερη υψηλότερη τιμή αριθμού ειδών καταγράφηκε τον Ιούλιο (26 είδη).



Σχήμα 3. Αφθονία (αριθμός ατόμων ανά m^2) στους σταθμούς μελέτης.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3, υψηλότερες πυκνότητες παρατηρούνται κατά το μήνα Σεπτέμβριο (21.117 άτομα ανά m^2) και δευτερευόντως τον Ιούλιο (14.673

άτομα ανά m^2). Το Σεπτέμβριο η αφθονία ατόμων στον εσωτερικό σταθμό υπερβαίνει κατά πολύ αυτή του εξωτερικού.



Σχήμα 4. Δείκτης ποικιλότητας (H') και δείκτης ομοιομορφίας (J) στους υπό μελέτη σταθμούς.

Η ποικιλότητα είναι πάντα μεγαλύτερη στον εξωτερικό σταθμό. Μέγιστη ποικιλότητα (2,35) καταγράφηκε τον Σεπτέμβριο. Η ομοιομορφία είναι μεγαλύτερη κατά το μήνα Μάιο στον εξωτερικό σταθμό. Μετά, υπολογίστηκε η αφθονία και το επί τοις εκατό ποσοστό αφθονίας κάθε ταξινομικής ομάδας σε κάθε σταθμό, όπως φαίνεται στους πίνακες 8-9.

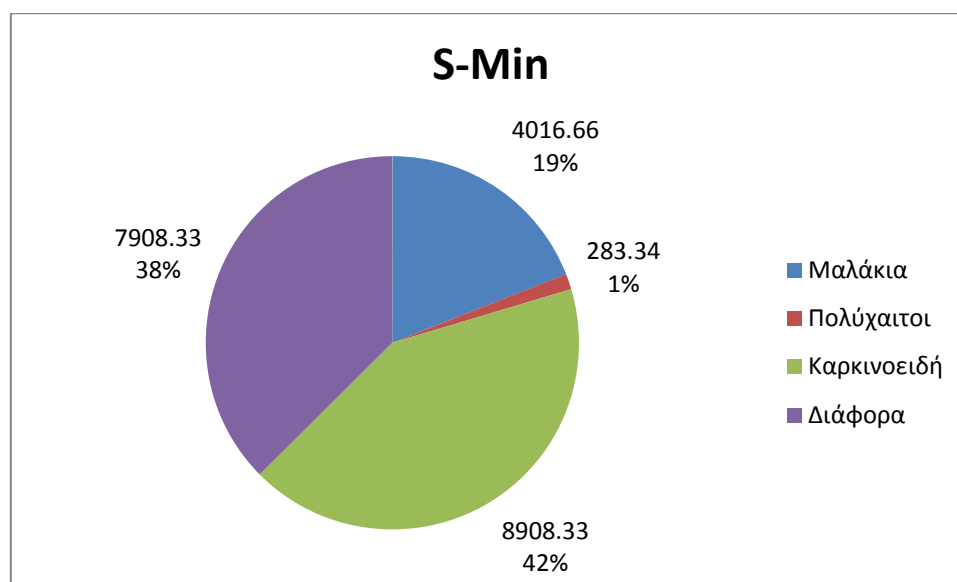
Πίνακας 8. Αφθονία κάθε ταξινομικής ομάδας σε κάθε σταθμό.

Δείγμα Τάξο	S-Min	S-Mout	F-Min	F-Mout	M-Min	M-Mout	J-Min	J-Mout
Μαλάκια	4016,66	286,69	713,34	1326,67	288,89	1000,01	2833,33	8346,66
Πολύχαιτοι	283,34	473,35	13,33	186,68	1011,11	250,02	319,99	1440,01
Καρκινοειδή	8908,33	2413,34	526,67	473,33	733,33	283,34	166,67	4806,67
Διάφορα	7908,33	60,01	153,34	46,67	66,67	66,66	20	80

Πίνακας 9. Επί τοις εκατό ποσοστό αφθονίας κάθε ταξινομικής ομάδας σε κάθε σταθμό.

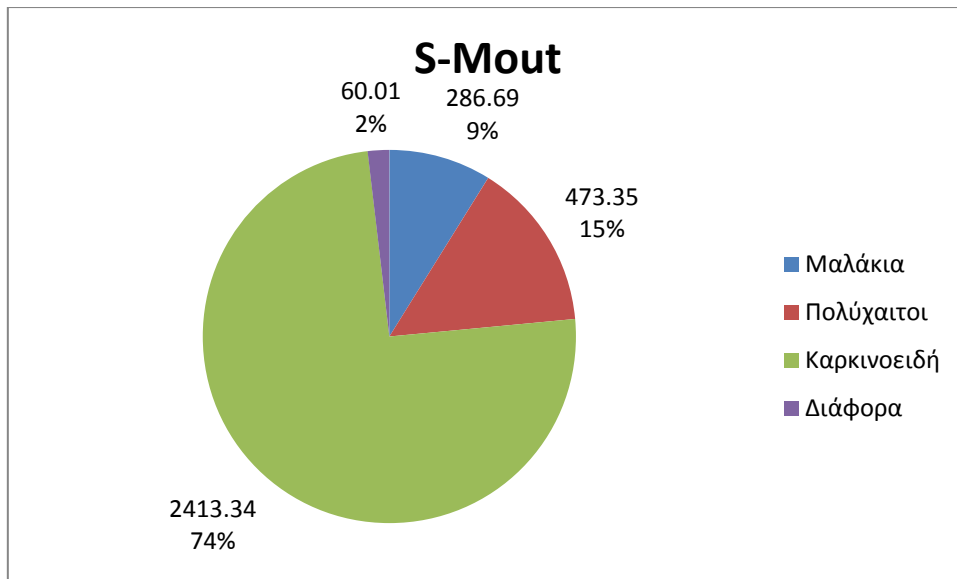
Δείγμα Τάξο	S-Min	S-Mout	F-Min	F-Mout	M-Min	M-Mout	J-Min	J-Mout
Μαλάκια	19,02 %	8,87 %	50,71 %	65,25 %	13,76 %	62,50 %	84,83 %	56,88 %
Πολύχαιτοι	1,34 %	14,64 %	0,95 %	9,18 %	48,15 %	15,63 %	9,58 %	9,81 %
Καρκινοειδή	42,19 %	74,64 %	37,44 %	23,28 %	34,92 %	17,71 %	4,99 %	32,76 %
Διάφορα	37,45 %	1,86 %	10,90 %	2,30 %	3,18 %	4,17 %	0,60 %	0,55 %

Στα σχήματα 5-12 απεικονίζεται η αφθονία κάθε ταξινομικής ομάδας σαν τιμή και σαν επί τοις εκατό ποσοστό.



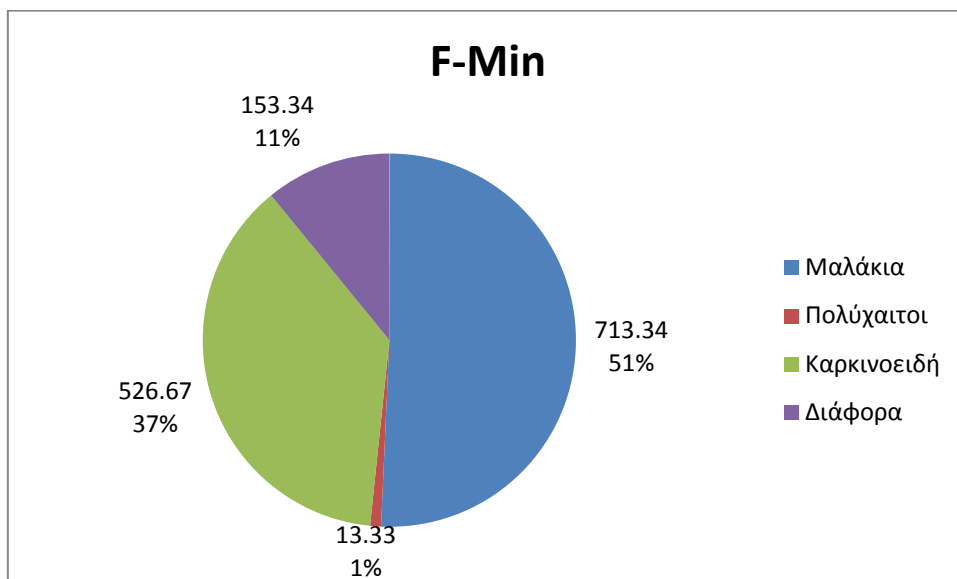
Σχήμα 5. Επί τοις εκατό κατανομή των οργανισμών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον εσωτερικό σταθμό το μήνα Σεπτέμβριο.

Παρατηρούμε ότι επικρατούν τα Καρκινοειδή και δεύτερη αφθονότερη ομάδα είναι τα Διάφορα.



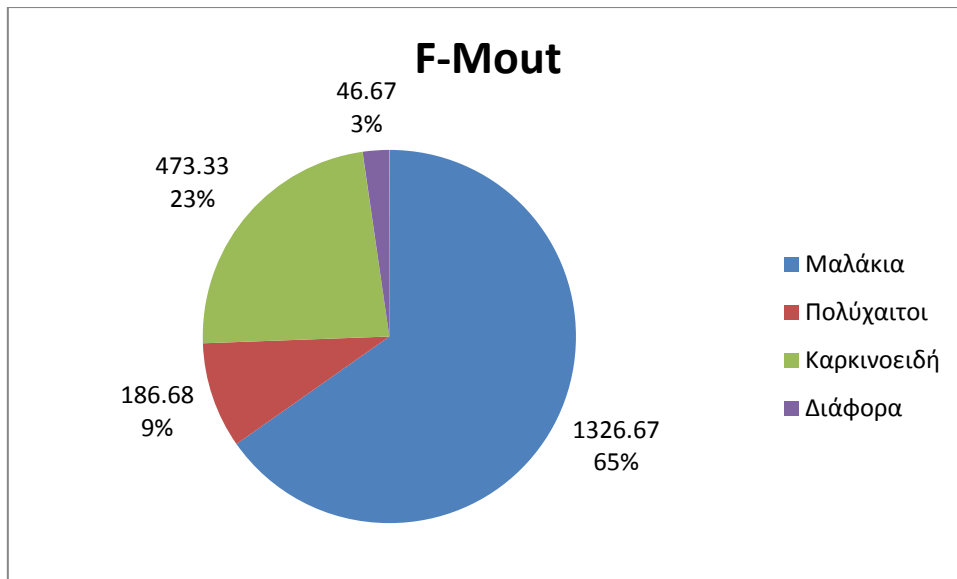
Σχήμα 6. Επί τοις εκατό κατανομή των οργανισμών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον «εξωτερικό» σταθμό το μήνα Σεπτέμβριο.

Τα Καρκινοειδή εδώ είναι ακόμη περισσότερα, ενώ τα Διάφορα είναι ελάχιστα.



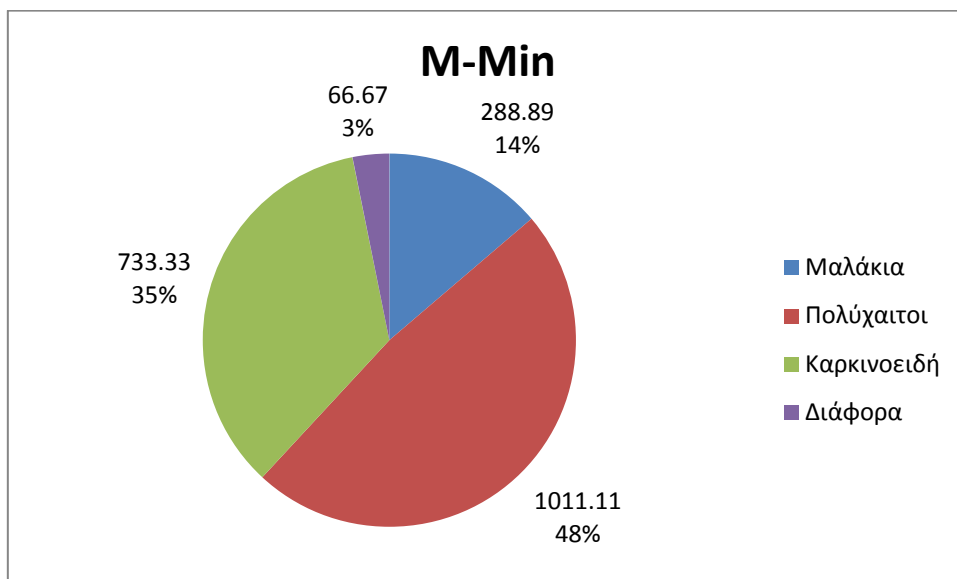
Σχήμα 7. Επί τοις εκατό κατανομή των οργανισμών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον εσωτερικό σταθμό το μήνα Φεβρουάριο.

Το Φεβρουάριο τα Μαλάκια έχουν αυξηθεί και αριθμούν πάνω από το 50% των ατόμων. Οι Πολύχαιτοι είναι ελάχιστοι.



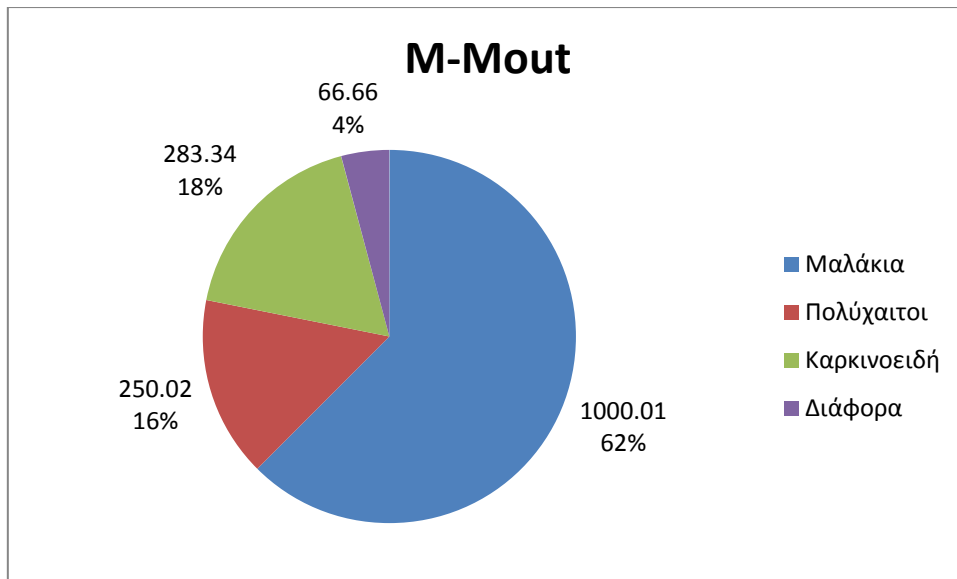
Σχήμα 8. Επί τοις εκατό κατανομή των οργανισμών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον «εξωτερικό» σταθμό το μήνα Φεβρουάριο.

Τα Μαλάκια εδώ είναι πιο άφθονα, όπως και οι Πολύχαιτοι.



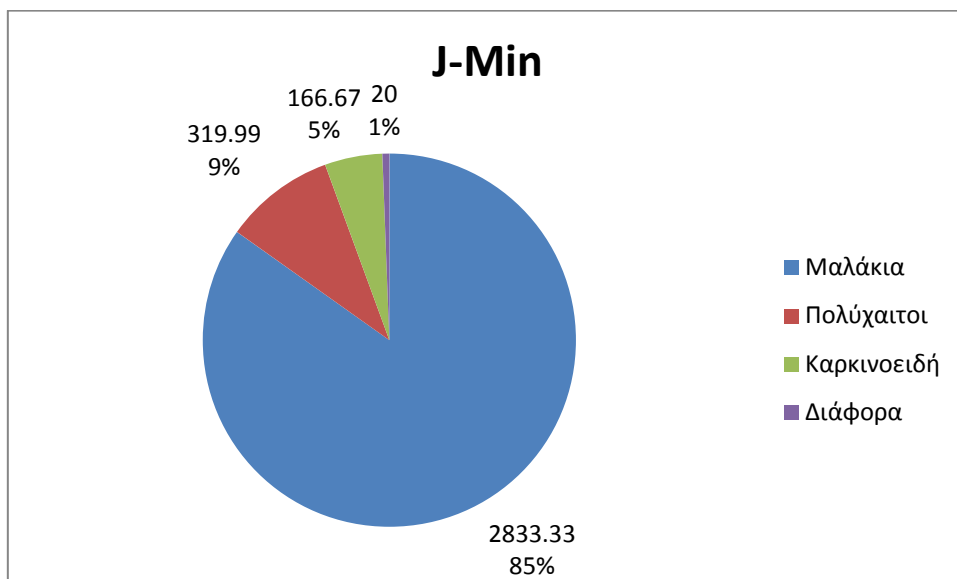
Σχήμα 9. Επί τοις εκατό κατανομή των οργανισμών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον εσωτερικό σταθμό το μήνα Μάιο.

Οι Πολύχαιτοι τώρα είναι η κυρίαρχη ομάδα με δεύτερη αφθονότερη ομάδα τα Καρκινοειδή.



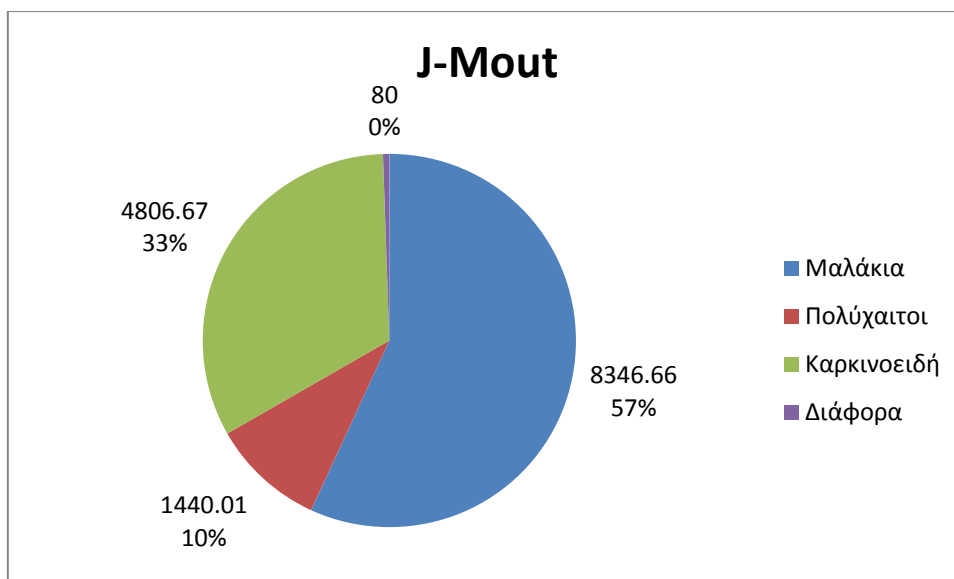
Σχήμα 10. Επί τοις εκατό κατανομή των οργανισμών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον εξωτερικό σταθμό το μήνα Μάιο.

Εδώ κυριαρχούν τα Μαλάκια.



Σχήμα 11. Επί τοις εκατό κατανομή των οργανισμών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον εσωτερικό σταθμό το μήνα Ιούλιο.

Η αφθονία των Μαλακίων φτάνει το 85%. Οι Πολύχαιτοι και τα Καρκινοειδή έχουν μειωθεί, ενώ τα Διάφορα κοντεύουν να εκλείψουν.



Σχήμα 12. Επί τοις εκατό κατανομή των οργανισμών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον «εξωτερικό» σταθμό το μήνα Ιούλιο.

Στον «εξωτερικό» σταθμό τον Ιούλιο επικρατούν τα Μαλάκια. Τα Διάφορα είναι ακόμη λιγότερα από τον εσωτερικό σταθμό.

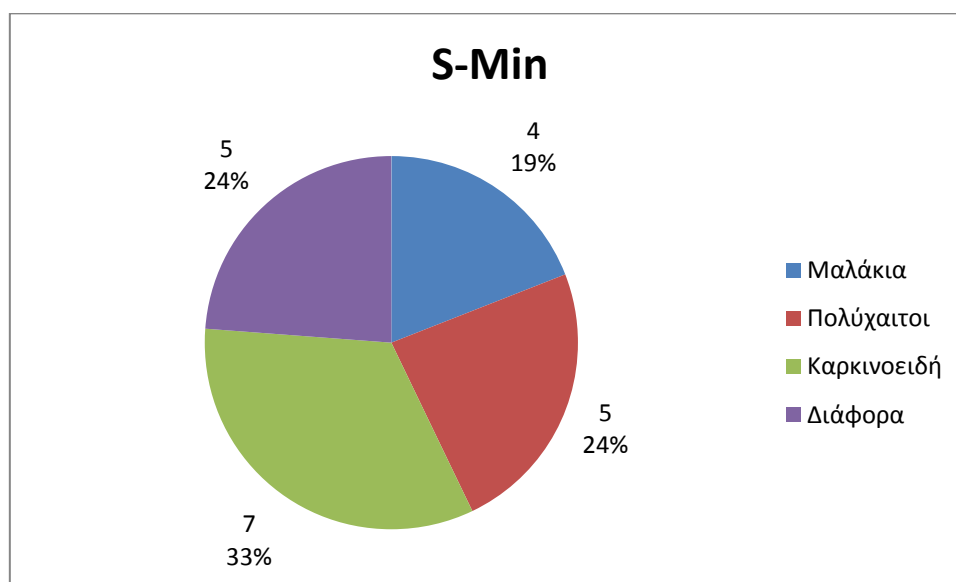
Κατόπιν, υπολογίσθηκε η κατανομή των ειδών στις διάφορες ταξινομικές ομάδες σαν τιμή και σαν ποσοστό. Τα δεδομένα αυτά απεικονίζονται στα σχήματα 13-20.

Πίνακας 10. Κατανομή του αριθμού των ειδών σε κάθε ταξινομική ομάδα για κάθε σταθμό.

Δείγμα Τάξο	S-Min	S-Mout	F-Min	F-Mout	M-Min	M-Mout	J-Min	J-Mout
Μαλάκια	4	8	5	6	4	6	4	7
Πολύχαιτοι	5	10	1	6	4	6	3	6
Καρκινοειδή	7	10	3	6	4	2	6	8
Διάφορα	5	4	3	3	1	2	2	5

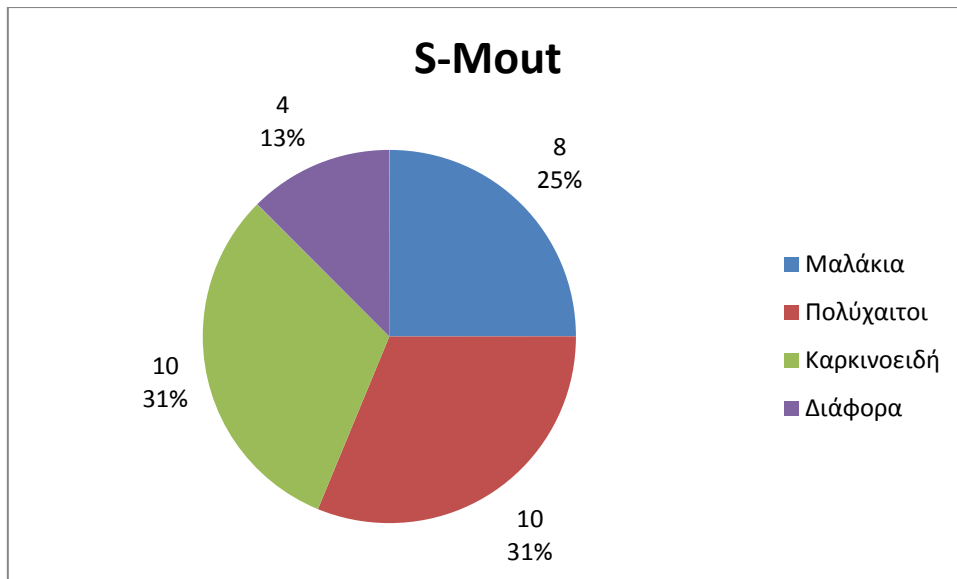
Πίνακας 11. Κατανομή των ειδών σε κάθε ταξινομική ομάδα σαν επί τοις εκατό ποσοστό για κάθε σταθμό.

Δείγμα Τάξο	S-Min	S-Mout	F-Min	F-Mout	M-Min	M-Mout	J-Min	J-Mout
Μαλάκια	19,05 %	25 %	41,67 %	28,57 %	30,77 %	37,5 %	26,67 %	26,92 %
Πολύχαιτοι	23,81 %	31,25 %	8,33 %	28,57 %	30,77 %	37,5 %	20 %	23,08 %
Καρκινοειδή	33,33 %	31,25 %	25 %	28,57 %	30,77 %	12,5 %	40 %	30,77 %
Διάφορα	23,81 %	12,5 %	25 %	14,29 %	7,69 %	12,5 %	13,33 %	19,23 %



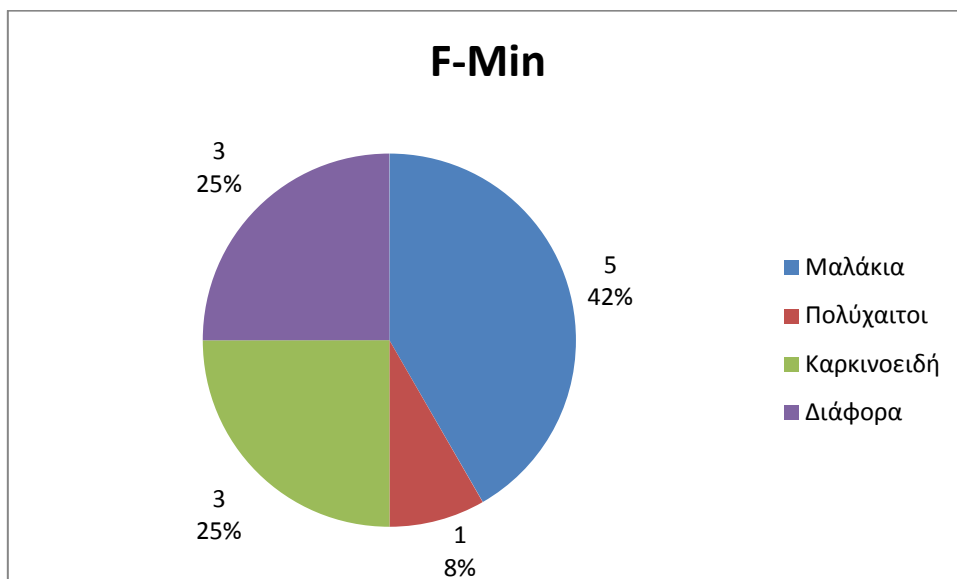
Σχήμα 13. Επί τοις εκατό κατανομή των ειδών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον εσωτερικό σταθμό το μήνα Σεπτέμβριο.

Βλέπουμε ομοιότητα στην κατανομή των ειδών για όλες τις ομάδες εκτός των Καρκινοειδών. Τα Διάφορα και οι Πολύχαιτοι έχουν ακριβώς τον ίδιο αριθμό ειδών.



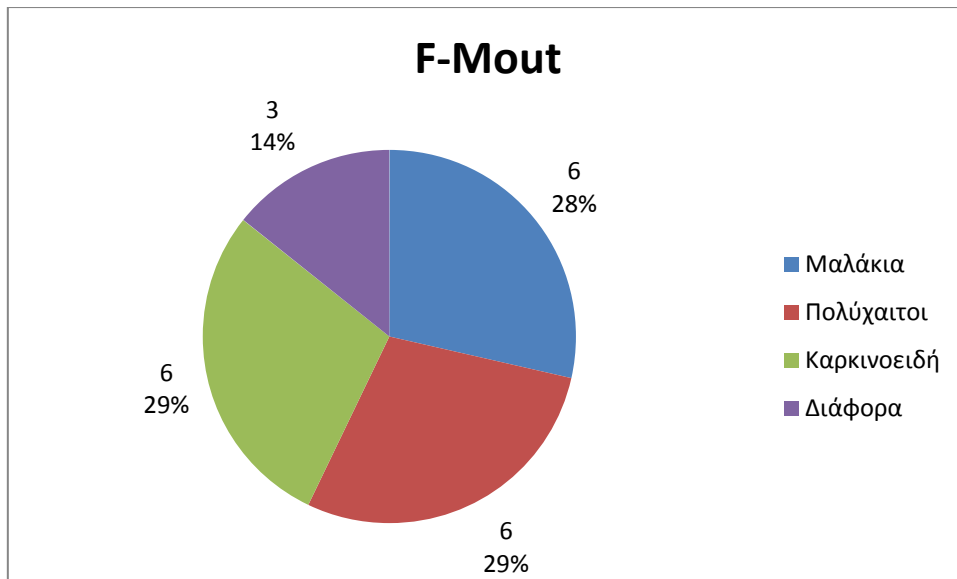
Σχήμα 14. Επί τοις εκατό κατανομή των ειδών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον «εξωτερικό» σταθμό το μήνα Σεπτέμβριο.

Εδώ τα Καρκινοειδή και οι Πολύχαιτοι έχουν ίδιο αριθμό ειδών.



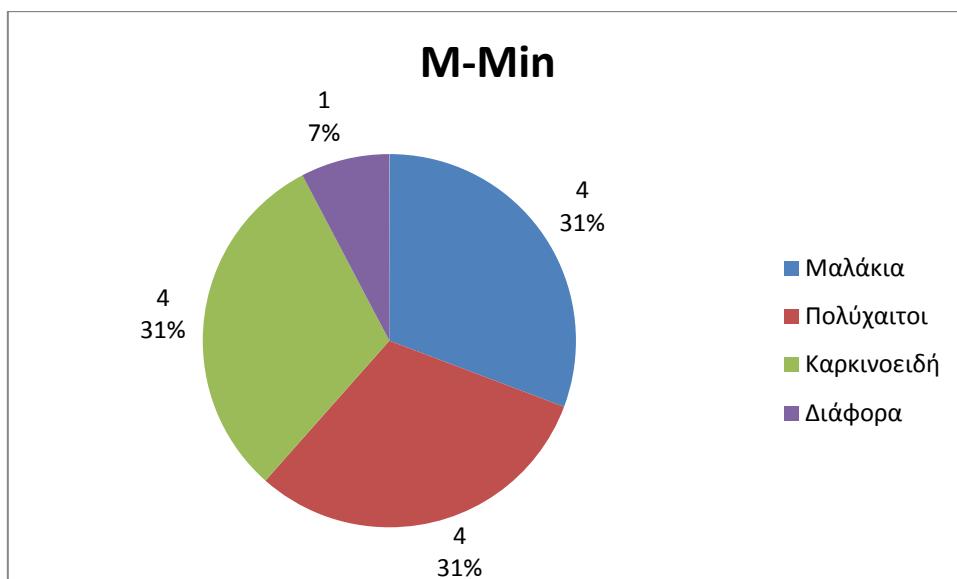
Σχήμα 15. Επί τοις εκατό κατανομή των ειδών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον εσωτερικό σταθμό το μήνα Φεβρουάριο.

Εδώ τα Διάφορα έχουν ίδιο αριθμό ειδών με τα Καρκινοειδή.



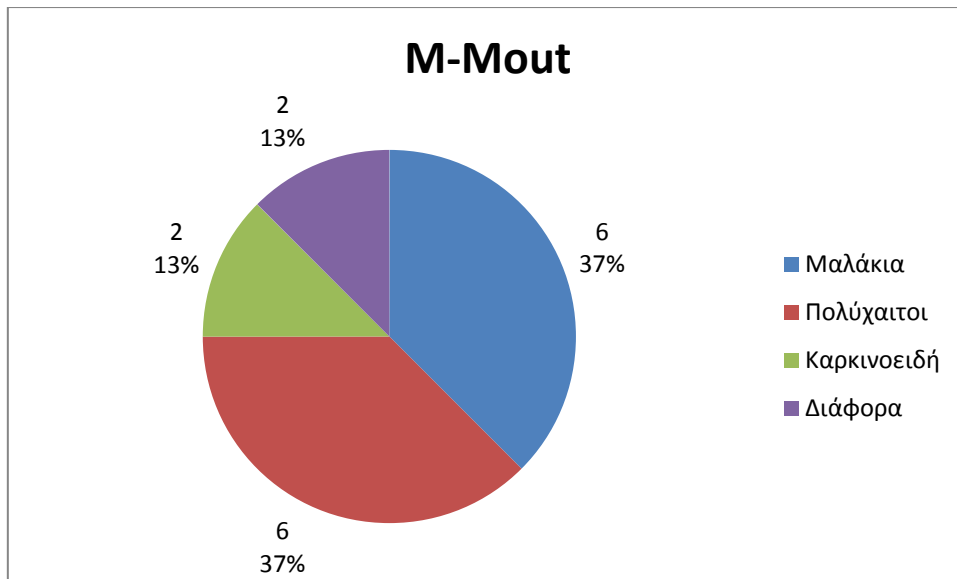
Σχήμα 16. Επί τοις εκατό κατανομή των ειδών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον «εξωτερικό» σταθμό το μήνα Φεβρουάριο.

Η ομοιότητα στην κατανομή των ειδών παρατηρείται μεταξύ Μαλακίων, Πολύχαιτων και Καρκινοειδών.



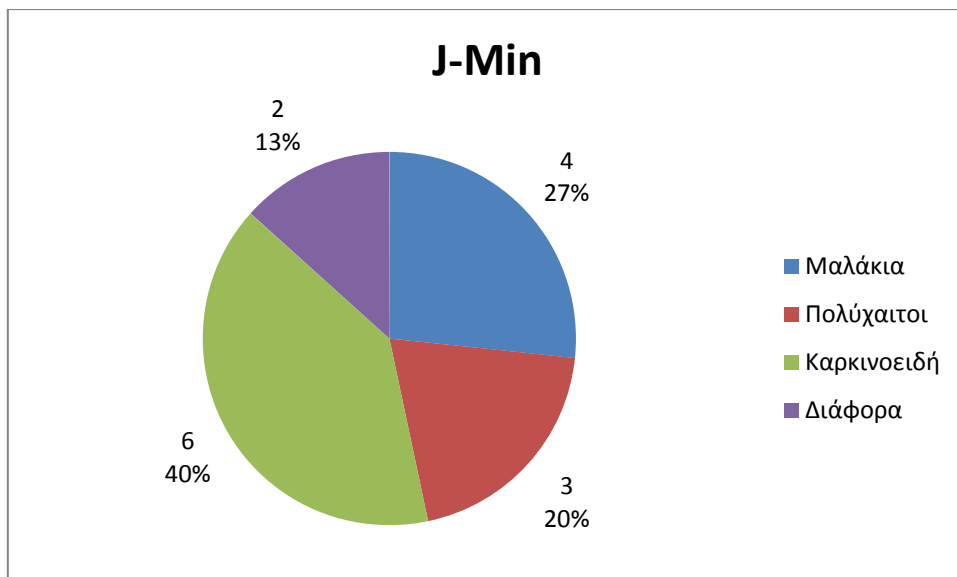
Σχήμα 17. Επί τοις εκατό κατανομή των ειδών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον εσωτερικό σταθμό το μήνα Μάιο.

Τα Καρκινοειδή, Μαλάκια και οι Πολύχαιτοι περιέχουν τον ίδιο αριθμό ειδών (4).



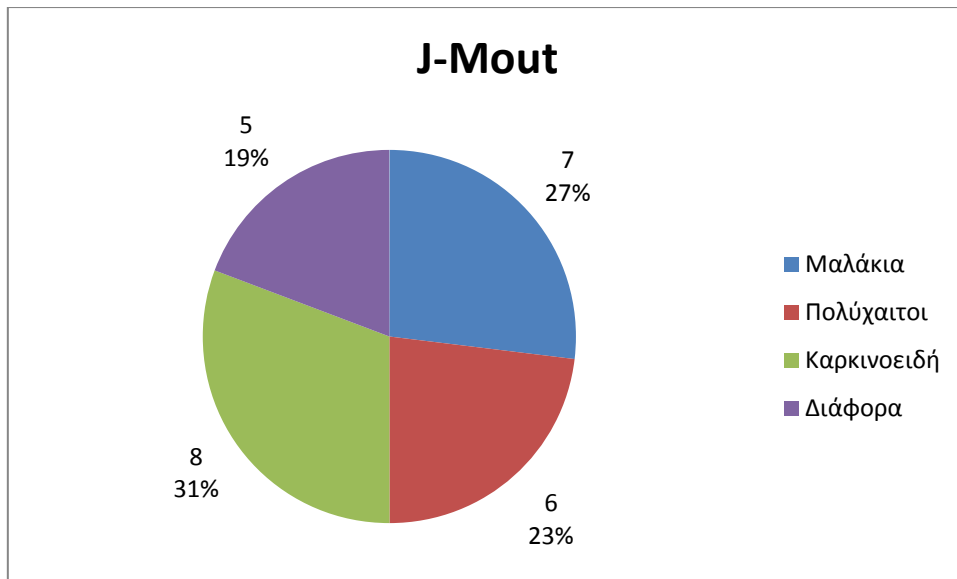
Σχήμα 18. Επί τοις εκατό κατανομή των ειδών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον «εξωτερικό» σταθμό το μήνα Μάιο.

Τα είδη κατανέμονται εντελώς ομοιόμορφα μεταξύ Πολύχαιτων και Μαλακίων. Αυτό συμβαίνει και μεταξύ Διαφόρων και Καρκινοειδών. Αυτά συμφωνούν και με τον δείκτη της ομοιομορφίας, που υπολογίσαμε πρωτύτερα (2,06, υψηλός).



Σχήμα 19. Επί τοις εκατό κατανομή των ειδών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον εσωτερικό σταθμό το μήνα Ιούλιο.

Εδώ η κατανομή των ειδών είναι διαφορετική στις τέσσερις ομάδες.

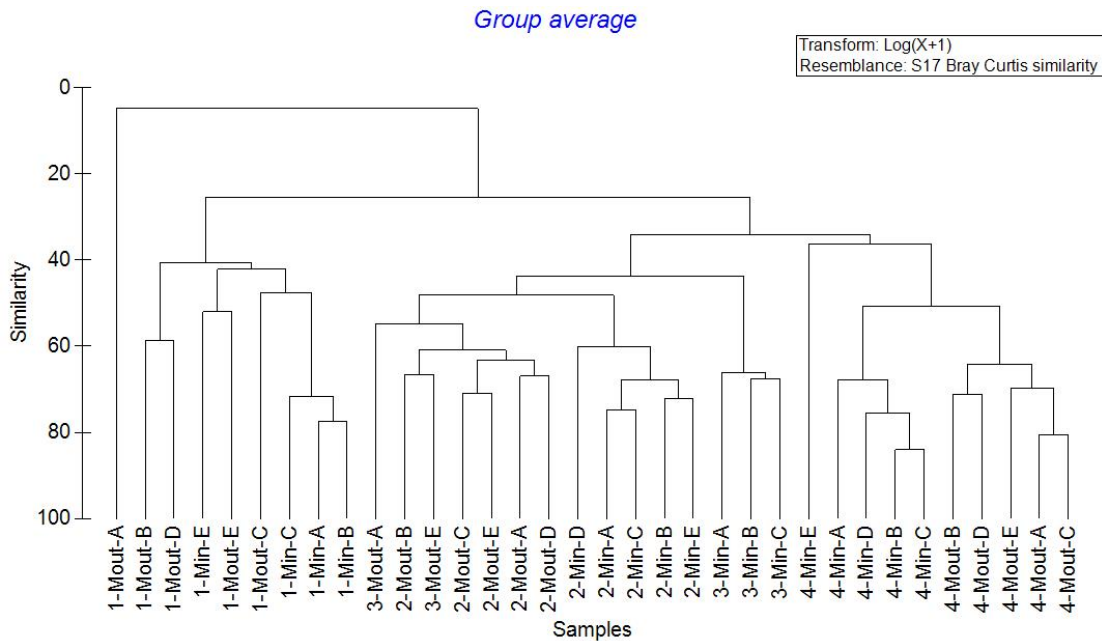


Σχήμα 20. Επί τοις εκατό κατανομή των ειδών στις τέσσερις ταξινομικές ομάδες στον «εξωτερικό» σταθμό το μήνα Ιούλιο.

Εδώ παρατηρούμε, ότι η κατανομή είναι περισσότερο ομοιόμορφη στις τέσσερις ομάδες.

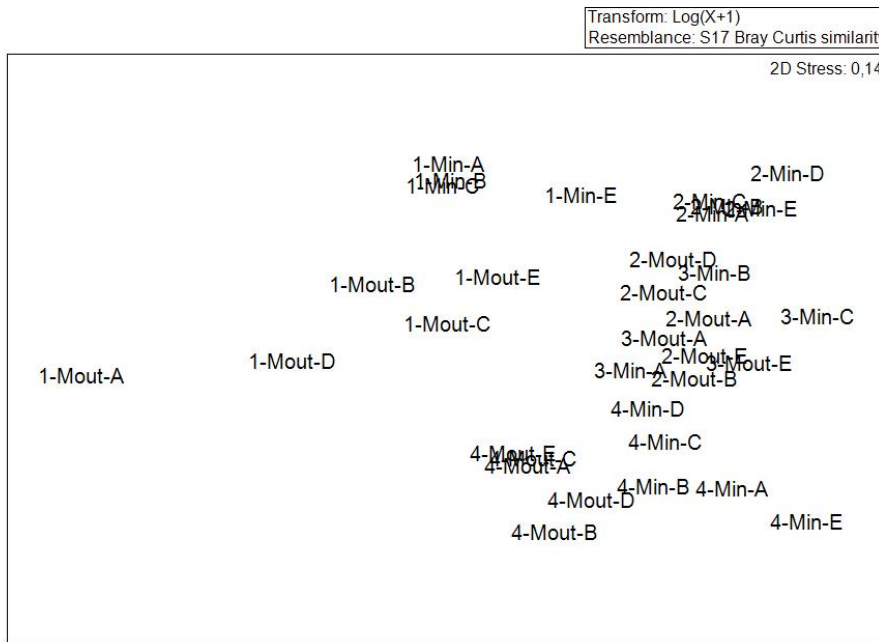
ΠΟΛΥΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Παραθέτουμε το δενδρόγραμμα ομοιότητας των δειγμάτων (σχήμα 21), όπως αυτό προέκυψε από το πρόγραμμα Primer.



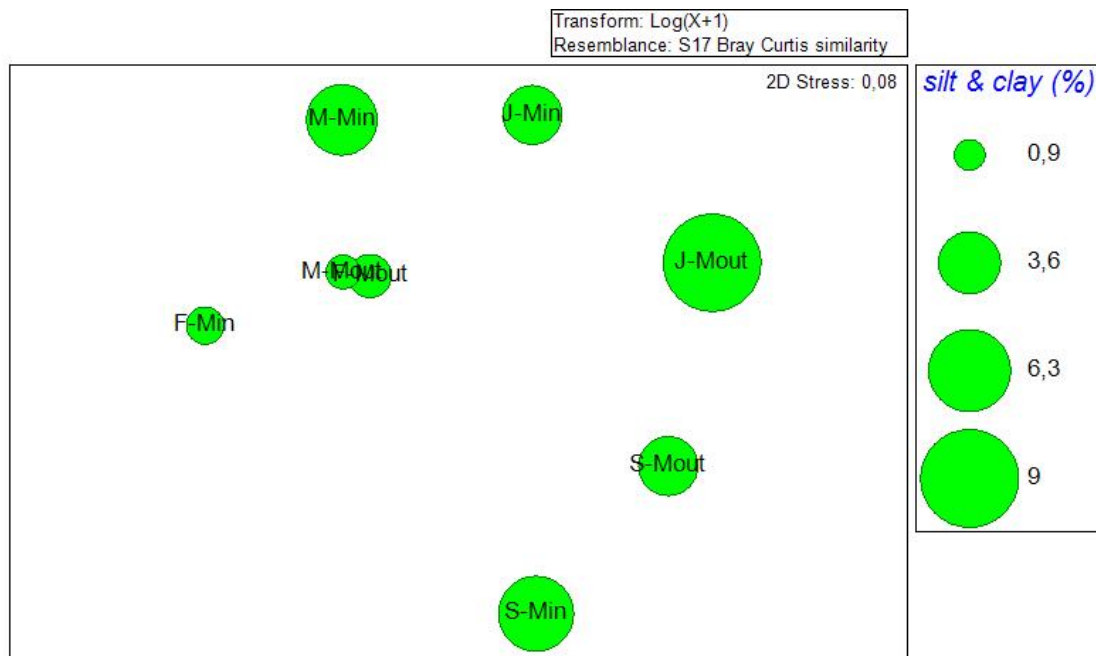
Σχήμα 21. Ομαδοποίηση των δειγμάτων. 1: Σεπτέμβριος, 2: Φεβρουάριος, 3: Μάιος, 4: Ιούλιος.

Παρατηρούμε ότι μεγάλη ομοιότητα παρουσιάζουν μεταξύ τους τα εκάστοτε πέντε επαναληπτικά δείγματα ή τα δείγματα in με τα δείγματα out από τον ίδιο σταθμό και τον ίδιο μήνα. Το δείγμα, που διαφέρει πάρα πολύ από όλα τα άλλα δείγματα, είναι το 1-Mout-A, διότι αποτελεί μόνο του τη μία ομάδα και όλα τα άλλα δείγματα αποτελούν τη δεύτερη ομάδα. Ομαδοποιείται με όλα τα άλλα σε επίπεδο ομοιότητας μικρότερο του 10%, όπως παρατηρούμε στον κατακόρυφο άξονα. Όλα τα υπόλοιπα μοιάζουν μεταξύ τους κατά περίπου 30%. Μέγιστη ομοιότητα υπάρχει μεταξύ 4-Min-B και 4-Min-C σε ποσοστό 80%. Παρακάτω, ακολουθεί η απεικόνιση της Διευθέτησης των δειγμάτων (σχήμα 22).



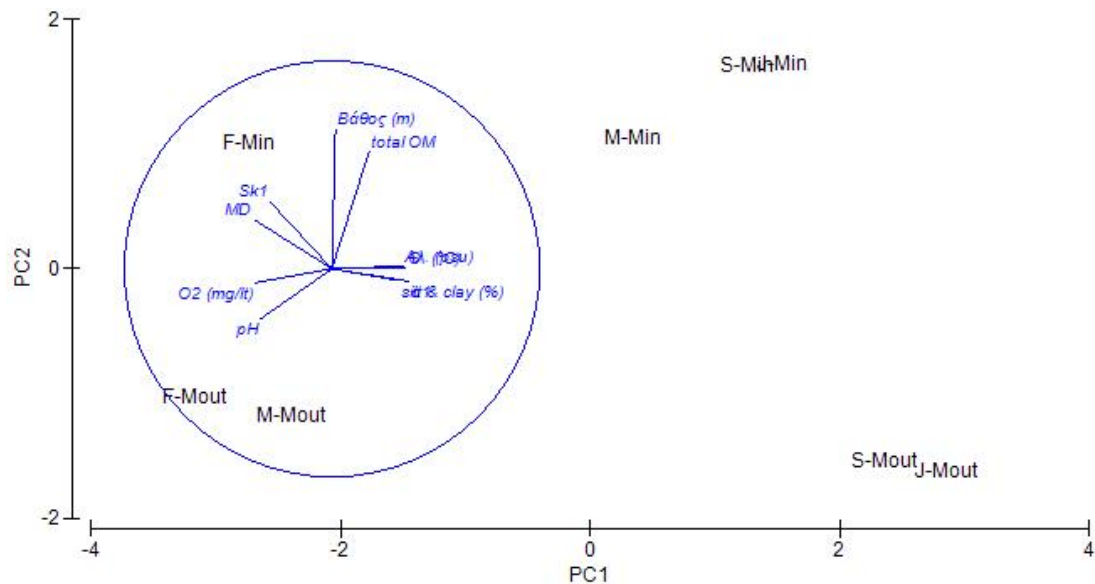
Σχήμα 22. Διευθέτηση των δειγμάτων.

Δύο δείγματα διαφέρουν περισσότερο από όλα τα άλλα, τα 1-Mout-A και 1-Mout-D, με το 1-A να διαφέρει περισσότερο. Στην συνέχεια, ακολουθεί μια διευθέτηση συγκεντρωτικά για τα δείγματα με ταυτόχρονη απεικόνιση της παραμέτρου ιλύς & Πηλός % (σχήμα 23).



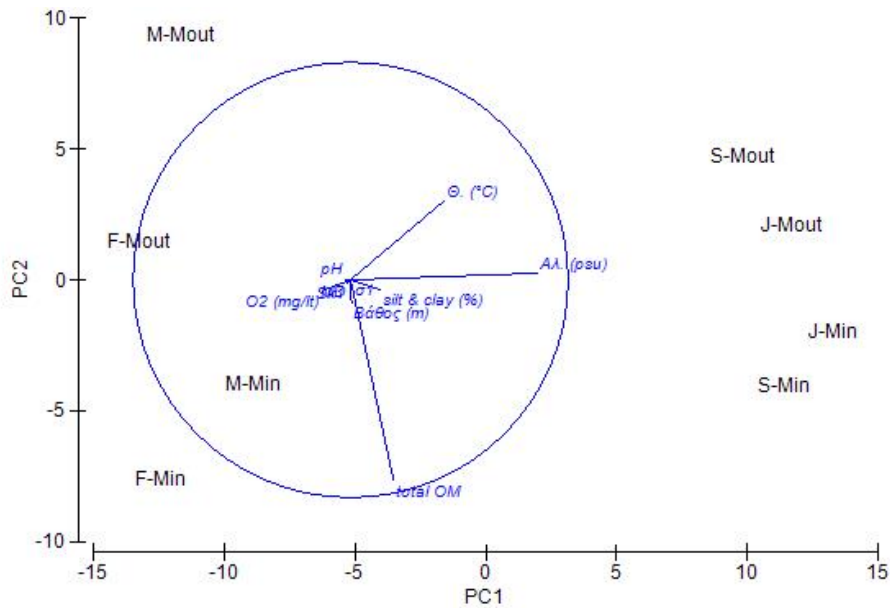
Σχήμα 23. Διευθέτηση για τους μέσους όρους αφθονίας με απεικόνιση της παραμέτρου ιλύς & Πηλός %.

Παρατηρούμε, πως όσο μικρότερο είναι το ποσοστό Ιλύς & Πηλός %, τόσο μεγαλύτερη είναι η ομοιότητα στην πανιδική σύνθεση των δειγμάτων. Κατόπιν παρατίθενται δύο διαφορετικοί τρόποι Διευθέτησης με ταυτόχρονη απεικόνιση των αβιοτικών παραμέτρων του περιβάλλοντος (σχήματα 24 και 25).



Σχήμα 24. Απεικόνιση της Διευθέτησης με βάση την πανίδα και τις αβιοτικές παραμέτρους.

Με βάση τις αβιοτικές παραμέτρους οι σταθμοί διακρίνονται σε εσωτερικούς, με μεγάλες τιμές στον άξονα PC2 και σε εξωτερικούς με μικρότερες τιμές σε αυτόν τον άξονα. Την μεγαλύτερη μεταβλητότητα ανάμεσα στα δείγματα είχαν το βάθος και το ολικό οργανικό υλικό.



Σχήμα 25. Διευθέτηση με βάση την πανίδα και με ταυτόχρονη απεικόνιση των αβιοτικών παραμέτρων.

Στο σχήμα 25 παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία και η αλατότητα κάνουν τα δείγματα να διαφέρουν ως προς την εποχή, με τα δείγματα Σεπτεμβρίου και Ιουλίου να παίρνουν μεγάλες τιμές στον οριζόντιο άξονα και τα δείγματα Φεβρουαρίου-Μαΐου χαμηλές. Αντίστοιχα στον κατακόρυφο άξονα, υπό την επίδραση του οργανικού υλικού, διακρίνονται οι εσωτερικοί από τους εξωτερικούς σταθμούς, με τους εσωτερικούς να παίρνουν χαμηλότερες τιμές από τους εξωτερικούς. Πάντως παρατηρούμε το οργανικό υλικό να παίρνει υψηλότερες τιμές σε όλα τα εσωτερικά δείγματα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε πολλές λιμνοθάλασσες έχει αναφερθεί εποχική διαφοροποίηση της δομής της ζωοβενθικής κοινωνίας τόσο σε σταθμούς κοντά στη θάλασσα, όσο και σε σταθμούς στο εσωτερικό (Gravina et al, 1989; Lardicci et al, 1997; Arvanitidis et al, 1999; Koutsoubas et al, 2000; Kevrekidis, 2004; Magni et al, 2005; Mogias & Kevrekidis, 2005; Como & Magni, 2009). Στο τέλος της άνοιξης συνήθως αυξάνεται η ποικιλότητα και η αφθονία λόγω αβιοτικών (αύξηση θερμοκρασίας, αύξηση οξυγόνου, μικρότερη στρωμάτωση κτλ.) και βιοτικών (αναπαραγωγικοί κύκλοι κτλ.) παραγόντων. Αντίθετα το καλοκαίρι λόγω της υψηλής θερμοκρασίας, αλατότητας και στρωμάτωσης του νερού η αφθονία μειώνεται αισθητά.

Αυτή η εποχική διακύμανση θεωρείται φυσική απόκριση στις ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες του λιμνοθαλάσσιου οικοσυστήματος, το οποίο ανακάμπτει πλήρως τους επόμενους μήνες (Guelorget & Perthuisot, 1992). Το φθινόπωρο λόγω της μείωσης της θερμοκρασίας, της αύξησης της παροχής γλυκού νερού και της ανάδευσης των στρωμάτων του νερού, η αφθονία και η ποικιλότητα αυξάνονται και πάλι, αν και όχι στο βαθμό που ήταν την άνοιξη. Το χειμώνα οι χαμηλές θερμοκρασίες έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση της κινητικότητας και του αναπαραγωγικού ρυθμού των οργανισμών, άρα και του αριθμού τους. Οι κλειστές λιμνοθάλασσες είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς σε αυτές τις εποχικές διακυμάνσεις, οι οποίες μπορεί να εντείνονται από την αύξηση των επιπέδων της ανθρωπογενούς ρύπανσης.

Ωστόσο έχουν παρατηρηθεί και εξαιρέσεις. Για παράδειγμα, υπάρχουν περιπτώσεις, στις οποίες δεν έχει παρατηρηθεί εποχική διαφοροποίηση της ζωοβενθικής κοινωνίας, παρά την εποχική διαφοροποίηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων (Nicolaidou, 2007). Επίσης η περίοδος μέγιστης αφθονίας δεν παρατηρήθηκε την άνοιξη, αλλά το καλοκαίρι και η περίοδος ελάχιστης αφθονίας ήταν την άνοιξη λόγω των ιδιαίτερων υδρολογικών συνθηκών της λιμνοθάλασσας (Gravina et al, 1989). Αυτή η έλλειψη εποχικότητας αποδόθηκε από τη συγγραφέα στα βιολογικά χαρακτηριστικά των παρόντων ειδών (όπως η ικανότητα αναπαραγωγής καθ' όλη τη διάρκεια του έτους), αλλά και στις φυσικές παραμέτρους των λιμνοθαλασσών.



Στην εργασία των Nicolaidou et al (1983) για τον Αμβρακικό παρατηρήθηκε ότι οι βαθύτεροι σταθμοί είχαν πάντα πιο κρύο και περισσότερο αλμυρό νερό. Στη δική μας εργασία αυτό δεν παρατηρείται πάντα, γιατί για παράδειγμα το Μάιο σε βάθος 2 m η αλατότητα είναι 11,06 psu, ενώ στα 0,7 m 12,35 psu. Αυτό οφείλεται πιθανώς στην εγγύτητα του ρηχότερου σταθμού στη θάλασσα και στη μεγαλύτερη εξάτμιση του νερού. Επίσης τον Ιούλιο ο βαθύς σταθμός είχε θερμοκρασία 28,2°C, ενώ ο ρηχός είχε 27°C. Στην προαναφερθείσα εργασία διαπιστώθηκε ότι οι βαθύτεροι σταθμοί είχαν χαμηλότερη ποικιλότητα. Αυτό το καταγράψαμε και εμείς, διότι πάντα ο εσωτερικός, βαθύτερος σταθμός έχει λιγότερα είδη (π.χ. το Σεπτέμβριο ο εσωτερικός σταθμός έχει 21 είδη και ο εξωτερικός 32, το Μάιο ο εσωτερικός έχει 13 και ο εξωτερικός 16 κλπ.).

Στην ίδια εργασία παρατηρήθηκε σαφής στρωμάτωση του νερού τον Ιούνιο βάσει της θερμοκρασίας και της αλατότητας. Διαφορές στην αλατότητα μεταξύ των σταθμών δεν έδειξαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την αφθονία ή τον αριθμό ειδών του βένθους. Στην εργασία του ο Boesch (1972) βρήκε ότι οι περιοχές χαμηλότερης αλατότητας έχουν και χαμηλότερη ποικιλότητα. Στην παρούσα εργασία η αλατότητα φάνηκε να επηρεάζει την ποικιλότητα κάθε βιοκοινωνίας διαχωρίζοντας τα δείγματα Φεβρουαρίου - Μαΐου από τα δείγματα Σεπτεμβρίου - Ιουλίου (σχήμα 25). Πράγματι, κατά τους μήνες Φεβρουάριο και Μάιο οι τιμές της αλατότητας είναι περίπου 10 με 15 psu, ενώ κατά τους μήνες Σεπτέμβριο και Ιούλιο οι τιμές της είναι πάνω από 30 psu.

Στην προαναφερθείσα εργασία των Nicolaidou et al (1983) βρέθηκαν τρεις τύποι ιζημάτων στον Αμβρακικό: α) λάσπη με σωματιδιακό υλικό προερχόμενο από θρυμματισμό του τοπικού βράχου, β) λασπώδης άμμος με αιχμηρά τμήματα βράχων και γ) αμμώδης ιλύς. Εμείς δεν εντοπίσαμε τμήματα βράχων στο υπόστρωμα, αλλά τα ιζήματά μας είχαν στο μεγαλύτερο ποσοστό τους άμμο. Το επί τοις εκατό ποσοστό άμμου υπολογίζεται ως 100 – Ιλύς & Πηλός %. Στην εργασία μας τα μεγαλύτερα ποσοστά άμμου είχαν τα δείγματα του Φεβρουαρίου (εσωτερικός και εξωτερικός σταθμός : Ιλύς & Πηλός % : 1,30 και 1,74 αντίστοιχα). Στην ίδια

εργασία των Nicolaidou et al καταγράφηκε ότι η ποικιλότητα επηρεάζεται από τον τύπο του ιζήματος. Συγκεκριμένα η συσχέτιση μεταξύ της ποικιλότητας και του ποσοστού άμμου στο ίζημα ήταν σημαντική στο επίπεδο $0,01 < P < 0,05$. Στην παρούσα εργασία τα δείγματα με τα μεγαλύτερα ποσοστά άμμου είχαν υψηλή ποικιλότητα (1,55 και 2,05 αντίστοιχα).

Στην εργασία του ο Boesch (1972) βρήκε υπολογίσιμες διαφορές στη ζωική ποικιλότητα μεταξύ πολύ γειτονικών σταθμών με διαφορετικούς τύπους ιζήματος. Και άλλοι συγγραφείς ασχολήθηκαν με το ίδιο θέμα (Holme, 1950; Sanders, 1968; Lie, 1968; Pearson, 1970; Gray, 1974). Υπάρχει γενική συμφωνία ότι οι μεσαίου μεγέθους κόκκοι και τα ανάμεικτα ιζήματα υποστηρίζουν μεγαλύτερη ποικιλότητα από τα χοντρόκοκκα, λεπτόκοκκα ή ομογενή ιζήματα, πιθανώς λόγω της μεγαλύτερης ποικιλίας μικροενδιαιτημάτων, που παρέχουν. Έτσι η διαφορά μεταξύ των σταθμών αποδόθηκε από τους συγγραφείς στα διαφορετικού τύπου ιζήματα.

Σύμφωνα με την κατάταξη του Wentworth χονδρόκοκκα είναι τα ιζήματα με κόκκους διαμέτρου 1 - 0,5 mm, μεσαίας διαμέτρου είναι τα ιζήματα με κόκκους διαμέτρου 0,5 - 0,25 mm και λεπτόκοκκα είναι τα ιζήματα με κόκκους διαμέτρου 0,25 - 0,125 mm. Σύμφωνα με αυτήν την κατάταξη τα δείγματά μας χαρακτηρίζονται ως εξής : με μεγάλη διάμετρο κόκκων : SMin, FMin, FOut, MOut. Με μεσαία διάμετρο κόκκων τα : MMin, JMin και με μικρή διάμετρο κόκκων τα : SOut, JOut. Όσον αφορά στο αν τα ιζήματά μας είναι ανάμεικτα, δεν είναι, διότι όλα έχουν ποσοστό άμμου (%) πάνω από 90% και αντίστοιχα ποσοστό Ιλύος & Πηλού % κάτω του 10%. Έτσι η όποια διαφοροποίηση του βένθους θεωρούμε ότι οφείλεται στον παράγοντα, που βαρύνει περισσότερο, δηλαδή στην διαφορετική διάμετρο των κόκκων.

Στην εργασία μας τα δείγματα με μεσαίας διαμέτρου ιζήματα (Μάιος εσωτερικός σταθμός και Ιούλιος εσωτερικός σταθμός) είχαν ποικιλότητα 1,56 και 1,18 αντίστοιχα, που δεν ήταν οι μεγαλύτερες, που καταγράφηκαν. Αυτό πιθανώς οφείλεται στο ότι οι δύο σταθμοί είναι εσωτερικοί και δεν έχουν καλή υδάτινη κυκλοφορία (πολύ μικρή επικοινωνία με τη θάλασσα). Η μεγαλύτερη ποικιλότητα ήταν τον Σεπτέμβριο στον εξωτερικό σταθμό (2,35), όπου το ίζημα είχε διάμετρο 0,22mm (λεπτόκοκκο), οπότε αυτό το γεγονός οφείλεται σε άλλες παραμέτρους, όπως στο μικρό βάθος, στην καλή επικοινωνία με την θάλασσα, στο χαμηλό οργανικό υλικό (14,07%) και στην υψηλή αλατότητα (33,2 rsu). Επίσης πρέπει να οφείλεται στους βιολογικούς κύκλους των ειδών, επειδή πριν το Σεπτέμβριο τα Μαλάκια έχουν γεννήσει τα αυγά τους και έχουν πολλαπλασιαστεί .

Στην εργασία των Nicolaidou et al (1983) διαπιστώθηκε ότι το ζωοβένθος διέφερε πολύ από σταθμό σε σταθμό και ως προς την σύνθεση των ειδών, γεγονός που

αποδόθηκε και αυτό στην σύνθεση των ιζημάτων. Εμείς παρατηρήσαμε μεγάλη ανομοιογένεια στην σύνθεση των ειδών ανά δείγμα μέσα στις ομάδες των Πολύχαιτων, των Καρκινοειδών και των Διαφόρων. Αυτές οι διαφορές πιστεύουμε ότι οφείλονται στους διαφορετικούς τύπους ιζημάτων, επειδή κάθε τύπος ιζήματος δημιουργεί μέσα και πάνω του διαφορετικούς διαθέσιμους τύπους μικροενδιατημάτων για τα βενθικά ζώα. Στην ίδια εργασία καταγράφηκαν 138 είδη βενθικής πανίδας, τα οποία δεν κατανέμονταν ομοιόμορφα (η μέγιστη ομοιότητα μεταξύ σταθμών ήταν 42,6%). Εδώ η ομοιομορφία είναι μεγαλύτερη γενικά στους εξωτερικούς σταθμούς εκτός από την περίπτωση του Ιουλίου, όπου η ομοιομορφία είναι 0,44 στον εσωτερικό σταθμό και 0,43 στον εξωτερικό.

Επίσης, η αφθονία στην εργασία εκείνη κυμαινόταν σε πολύ μεγάλο εύρος. Κατασκευάστηκε δενδρόγραμμα βάσει του βένθους και η μέγιστη ομοιότητα μεταξύ σταθμών ήταν 42,6 %. Στην εργασία αυτή η αφθονία κυμαίνεται μεταξύ 1.407 ατόμων / m² (Φεβρουάριος εσωτερικός σταθμός) και 21.117 ατόμων / m² (Σεπτέμβριος εσωτερικός σταθμός). Είναι αναμενόμενο οι εσωτερικοί σταθμοί σε μια λιμνοθάλασσα να έχουν μεγαλύτερη αφθονία λίγων ειδών και μικρότερη ποικιλότητα, όπως έχει παρατηρηθεί στο παρελθόν σε άλλες λιμνοθάλασσες (Guelorget & Perthuisot 1983; 1992; Koutsoubas et al, 2000; Mogias & Kevrekidis, 2005). Στην παρούσα εργασία στα μισά από τα δείγματα οι εσωτερικοί σταθμοί είχαν μεγαλύτερη αφθονία από τους αντίστοιχους εξωτερικούς, όμως σε όλες τις περιπτώσεις οι εξωτερικοί σταθμοί είχαν μεγαλύτερη ποικιλότητα από τους αντίστοιχους εσωτερικούς. Στο δενδρόγραμμα η μέγιστη ομοιότητα μεταξύ των δύο διαφορετικών σταθμών είναι περίπου 50 % (π.χ. μεταξύ 1 – Min - E και 1 – Mout - E).



Οι Reizorouliou & Nicolaidou (2004) αναφέρουν ότι οι λιμνοθάλασσες, επειδή βρίσκονται μεταξύ ξηράς και θάλασσας, επηρεάζονται τόσο από τα χερσαία όσο και από τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Είναι φυσικώς εμπλουτισμένα οικοσυστήματα με ασταθείς περιβαλλοντικές συνθήκες λόγω της απομόνωσής τους από την ανοιχτή

θάλασσα και λόγω της ρηχότητάς τους. Έτσι θεωρούνται φυσικά «πιεσμένα» οικοσυστήματα. Λόγω της γειννιάσής τους με την ξηρά είναι ευάλωτα στις ανθρώπινες παρεμβάσεις (Bellan, 1972; Stora & Arnoux, 1983). Ο τύπος του ιζήματος τους εξαρτάται από την κυκλοφορία του νερού. Η εισροή γλυκού νερού και η συνεισφορά του σε θρεπτικά είναι πολύ σημαντικές για τη διαφοροποίηση της πανίδας σε κάποιες λιμνοθάλασσες της κεντρικής Ιταλίας (Gravina et al, 1989).

Στην προαναφερθείσα εργασία καταγράφηκε ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, αλατότητας και διαλυμένου οξυγόνου στο Μάζωμα λόγω του μεγάλου βαθμού περιορισμού και του μικρού βάθους της λιμνοθάλασσας. Και εμείς το καταγράψαμε αυτό, διότι η θερμοκρασία κυμαινόταν από 11°C (Φεβρουάριος εσωτερικός σταθμός) μέχρι 28,2° C (Ιούλιος εσωτερικός σταθμός). Η αλατότητα κυμαινόταν από 11,06 psu (Μάιος in) ως 34,5 psu (Ιούλιος in). Το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο κυμαινόταν από 4,73 mg / lt (Ιούλιος in) έως 9,43 mg / lt (Φεβρουάριος in). Στην ίδια εργασία η θερμοκρασία παρουσίαζε το αναμενόμενο πρότυπο να έχει μικρές τιμές το χειμώνα και μεγάλες το καλοκαίρι. Το ίδιο συνέβαινε και με την αλατότητα. Ήταν χαμηλότερη το χειμώνα λόγω των βροχοπτώσεων και υψηλότερη το καλοκαίρι εξαιτίας του μεγαλύτερου ρυθμού εξάτμισης και της μικρής εισροής νερού από την ξηρά. Αυτά τα παρατηρήσαμε και εμείς (το Φεβρουάριο οι θερμοκρασίες ήταν 11 - 11,8°C και η αλατότητα ήταν 14,6 - 15,2 psu).

Κατά την ίδια εργασία δεν παρατηρήθηκε κάποια εμφανής πηγή στρες, ούτε υπερβολική αύξηση μακροφυκών ή ανοξικές συνθήκες στο Μάζωμα. Η στρωμάτωση του νερού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες οδηγούσε σε καλές τιμές διαλυμένου οξυγόνου τους υπόλοιπους μήνες λόγω καλής κατακόρυφης κυκλοφορίας του νερού. Σε εμάς τον Σεπτέμβριο η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου είναι περίπου 5 mg / lt, στην συνέχεια ακολουθεί αυξητική πορεία και τον Ιούλιο μειώνεται περίπου στα 5 mg/lt. Άρα συμφωνούν τα αποτελέσματά μας με την θερινή στρωμάτωση του νερού. Στην εργασία εκείνη τέσσερις λιμνοθάλασσες του Αμβρακικού, που μελετήθηκαν, παρουσίασαν καλές τιμές οργανικού άνθρακα % (η μέγιστη ήταν 5,0 %). Στην δική μας εργασία τα ποσοστά φτάνουν να είναι τρομακτικά μεγαλύτερα. Τον Μάιο στον εξωτερικό σταθμό συναντούμε τη χαμηλότερη τιμή (6,93%) και το Σεπτέμβριο στον εσωτερικό σταθμό συναντούμε την υψηλότερη (22,86 %). Η τιμή 22,86 % είναι πάνω από τετραπλάσια από την μεγαλύτερη παρελθούσα τιμή του Αμβρακικού.

Όπως αναφέρεται στην ίδια εργασία των Reizorouli & Nicolaidou τα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα συνήθως έχουν μικρή βενθική ποικιλότητα λόγω της φυσικής αστάθειας του περιβάλλοντος, η οποία αποθαρρύνει την εγκατάσταση πολλών οργανισμών. Συχνά τα οικοσυστήματα αυτά έχουν μικρό αριθμό ειδών και ισχυρή επικράτηση λίγων ειδών (Reizorouli et al, 1996). Οι μεγαλύτερες τιμές ποικιλότητας παρατηρούνται την άνοιξη και το φθινόπωρο, τότε που η επιρροή από

τη θάλασσα και η ανανέωση του νερού είναι εντονότερες. Οι δείκτες ποικιλότητας συχνά επηρεάζονται από τις διακυμάνσεις της αφθονίας των επικρατούντων ειδών. Στην εργασία εκείνη οι εποχικές διακυμάνσεις της Η' αντικατόπτριζαν την εποχιακά υψηλή αφθονία λίγων ειδών, όπως των *Abra ovata*, *Cerastoderma glaucum* και *Hediste diversicolor*. Στην εργασία μας οι μεγαλύτερες τιμές ποικιλότητας παρατηρήθηκαν το Σεπτέμβριο (2,35) και τον Μάιο (2,06), πράγμα που ήταν αναμενόμενο λόγω των ευνοϊκών συνθηκών, που επικρατούν.

Στην εργασία, που προαναφέραμε, οι εσωτερικοί σταθμοί είχαν χαμηλό αριθμό ειδών και υψηλή αφθονία ατόμων. Οι σταθμοί καλύτερης επικοινωνίας με τη θάλασσα είχαν και μεγαλύτερη ποικιλότητα και μεγαλύτερο αριθμό ειδών (βρέθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ περιορισμού και αριθμού ειδών και δείκτη ποικιλότητας Shannon-Weiner). Υψηλότερη αφθονία είχαν και οι ευτροφικές λιμνοθάλασσες (οι συγγραφείς διαπίστωσαν στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ αριθμού ατόμων και % ποσοστού οργανικού άνθρακα). Διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ αριθμού ειδών ή βενθικής ποικιλότητας και χονδρόκοκκου ιζήματος. Επίσης έγινε υπολογισμός της ομοιομορφίας.

Εμείς καταγράψαμε κατ' αρχάς ότι ο εξωτερικός σταθμός της λιμνοθάλασσάς μας είχε μεγαλύτερη βιοποικιλότητα από τον εσωτερικό σε κάθε δειγματοληψία. Επίσης ότι πιο ευτροφικά ήταν όλα τα δείγματα από τον εσωτερικό σταθμό με ποσοστά οργανικού άνθρακα πάντα πάνω από 20%. Ο αριθμός ειδών κυμαινόταν μεταξύ 12 (Φεβρουάριος εσωτερικός σταθμός) και 32 (Σεπτέμβριος εξωτερικός σταθμός). Η ομοιομορφία σε εμάς κυμάνθηκε από 0,43 (Ιούλιος εξωτερικός σταθμός) έως 0,75 (Μάιος εξωτερικός σταθμός).

Στην ίδια εργασία τα θαλάσσια είδη εντοπίζονταν στις περιοχές μεγαλύτερης θαλάσσιας επιρροής. Ο Πολύχαιτος *Hediste diversicolor* ήταν κυρίαρχο είδος στις λιμνοθάλασσες του Αμβρακικού, ενώ οι προνύμφες *Chironomidae* ήταν κοινές στα περιορισμένα τμήματά τους. Σε μία εύτροφη λιμνοθάλασσα είχε διαπιστωθεί μεγάλος αριθμός του ευκαιριακού είδους *Heteromastus filiformis*. Τα κυρίαρχα είδη συχνά αριθμούσαν πάνω από το 90% των ατόμων της βιοκοινότητας και ήλεγχαν τις διακυμάνσεις της βιοποικιλότητας. Και εδώ παρατηρήθηκε τα θαλάσσια είδη *Loripes lacteus* και *Nephtys hombergii* να είναι αφθονότερα στον εξωτερικό σταθμό. Επίσης βρέθηκε να είναι κυρίαρχο είδος ο *Hediste diversicolor*. Οι προνύμφες *Chironomidae* ήταν άφθονες στον εσωτερικό σταθμό του Μαζώματος, επειδή αντέχουν τις σποραδικές ανοξικές συνθήκες. Ο *Heteromastus filiformis* αφθονούσε το καλοκαίρι στον εξωτερικό σταθμό, πράγμα που δεν μαρτυρεί καλή οικολογική ποιότητα γι' αυτόν τον Ιούλιο. Στην δική μας εργασία τα κυρίαρχα είδη δεν συνέβαινε να αριθμούν πάνω από το 90% των ατόμων της βιοκοινότητας.

Στην εργασία εκείνη πραγματοποιήθηκε Διευθέτηση όλων των επαναληπτικών δειγμάτων όλων των λιμνοθαλασσών, που μελετήθηκαν. Άλλες λιμνοθάλασσες

έμοιαζαν πολύ και άλλες διέφεραν. Στην Διευθέτηση της παρούσας εργασίας παρατηρούμε ότι τα επαναληπτικά δείγματα του Σεπτεμβρίου διαφέρουν περισσότερο από όλα τα άλλα δείγματα, αλλά και ότι διαφέρουν περισσότερο αναμεταξύ τους. Τα δείγματα Φεβρουαρίου και Μαΐου είναι τα πιο όμοια. Πράγματι, τα δείγματα του Σεπτεμβρίου έχουν τις ψηλότερες τιμές ποικιλότητας (1,75 - 2,35) και μεγάλους αριθμούς ειδών (21 - 32). Ο εσωτερικός σταθμός έχει τη μεγαλύτερη αφθονία ατόμων (21.117) ενώ ο εξωτερικός υψηλή ομοιομορφία (0,68). Και οι δύο σταθμοί έχουν μεγάλες αφθονίες και μεγάλους αριθμούς ειδών Καρκινοειδών (σχήματα 5, 6, 13, 14). Από όλα τα δείγματα του Σεπτεμβρίου πιο πολύ διαφέρουν μεταξύ τους τα επαναληπτικά δείγματα του εξωτερικού σταθμού. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στην κατανομή των οργανισμών σε συναθροίσεις λόγω μεγαλύτερης διακύμανσης των περιβαλλοντικών παραμέτρων εξαιτίας της θέσης και της εποχής.

Σε επόμενη εργασία οι Nicolaidou et al (2005) ανακεφαλαιώνουν τα πορίσματα για το βένθος και αναφέρουν ότι αυτό παρουσιάζει πολύ μεγάλη μεταβλητότητα συναρτήσει του χώρου και του χρόνου. Η πιο σημαντική μεταβλητή, που καθορίζει την κατανομή και την ποικιλότητα των ειδών είναι ο βαθμός επικοινωνίας με τη θάλασσα καθώς και το θρεπτικό φορτίο, που εισάγεται διαμέσου των εισροών γλυκού νερού. Η σχετική σπουδαιότητα κάθε ομάδας ειδών ποικίλλει ανάλογα με την εποχή και τον κύκλο ζωής των επικρατούντων ειδών. Μερικά κυρίαρχα είδη έχουν τύχει ιδιαίτερης προσοχής όσον αφορά στον κύκλο ζωής και στην δυναμική των πληθυσμών τους. Πρόκειται για τον Πολύχαιτο *Streblospio shrubsolii*, τα Δίθυρα *Abra segmentum*, *Mytilaster minimus* και τα Αμφίποδα *Gammarus aequicauda*, *G. insensibilis*, *Dexamine spinosa*, *Microdeutopus gryllotalpa*, *Corophium insidiosum* και *C. orientale*.

Ακόμη αναφέρεται ότι το πλεόνασμα θρεπτικών και οι υδρολογικές αλλαγές, που συχνά επιταχύνονται από τις ανθρώπινες επεμβάσεις στις λιμνοθάλασσες, οδηγούν σε μη γραμμική και αυτοεπιταχυνόμενη αλυσιδωτή αντίδραση, που καλείται ευτροφισμός. Αυτός ξεκινάει με την αύξηση του όγκου και την μετατόπιση της κυριαρχίας (στους πρωτογενείς παραγωγούς) από τα Αγγειόσπερμα στα ευκαιριακά θαλάσσια φύκη. Κορυφώνεται σε μια δυστροφική κρίση με εκτεταμένες ανθίσεις φυκών, σοβαρή ανοξία και μαζικές θανατώσεις ψαριών και Ασπονδύλων. Τέτοια γεγονότα δεν είναι ασυνήθιστα σε κάποιες ελληνικές λιμνοθάλασσες. Σε τέτοιες περιπτώσεις η μη μεταναστευτική πανίδα επηρεάζεται περισσότερο από τα ψάρια και τα Καρκινοειδή, που κινούνται περισσότερο. Στη λιμνοθάλασσα Παπάς για παράδειγμα, όπου παρατηρήθηκαν αυτά τα φαινόμενα το καλοκαίρι, η λιμνοθάλασσα επανέκαμψε το φθινόπωρο της ίδιας χρονιάς.



Στην ίδια εργασία καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η ζώνωση βάσει του περιορισμού βασίζεται στο τελικό αποτέλεσμα – την κατανομή των ειδών – και όχι στη γενεσιουργό αιτία – την κυκλοφορία και ανταλλαγή του νερού. Μια ανεξάρτητη εκτίμηση του περιορισμού βασισμένη σε φυσικές παραμέτρους ίσως να οδηγήσει σε καλύτερη κατανόηση του ρόλου του. Συγκεκριμένα, αν είναι βασισμένη στην εισροή γλυκού νερού και στην συνεισφορά του σε οργανική ύλη και θρεπτικά, θα δώσει καθαρότερη εικόνα για την επιρροή της ξηράς στη λιμνοθάλασσα. Επίσης καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι αλλαγές στα κυρίαρχα είδη θα μπορούσαν να προκαλούνται όχι μόνο από την διακύμανση του φυσικού περιβάλλοντος, αλλά και από τις βιολογικές αλληλεπιδράσεις ή τα ενδογενή χαρακτηριστικά των ειδών. Το να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην αυτοοικολογία (οικολογία, που ασχολείται με μεμονωμένους οργανισμούς ή κατηγορίες οργανισμών), θα παρείχε μια πιο διαφωτιστική ματιά στην δυναμική των μεταβατικών οικοσυστημάτων.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας μετρήθηκαν στο Μάζωμα σε βάθος 1 – 2m η θερμοκρασία, η αλατότητα και το διαλυμένο οξυγόνο. Η θερμοκρασία ήταν 9,0 – 13,0 °C, η αλατότητα ήταν 23,0 – 27,0 psu, ενώ το διαλυμένο οξυγόνο είχε συγκέντρωση 4,8 – 6,8 mg / lt. Στην παρούσα εργασία η θερμοκρασία ήταν 11,0 – 28,2°C. Η αλατότητα εκείνη βλέπουμε ότι κυμαίνεται μέσα και στα δικά μας πλαίσια (11,06 – 33,7 psu), ωστόσο εδώ το εύρος της είναι μεγαλύτερο. Το διαλυμένο οξυγόνο στην παρούσα εργασία μετρήθηκε να είναι 4,73 – 9,43 mg / lt, οπότε υπάρχει ταύτιση μετρήσεων, αλλά πάλι το εύρος εδώ είναι μεγαλύτερο. Στις περισσότερες περιπτώσεις εδώ το διαλυμένο οξυγόνο ήταν περισσότερο στον εξωτερικό σταθμό. Στην εργασία των Nicolaidou et al (2005) προσδιορίστηκαν επίσης τα επικρατή είδη στο Μάζωμα. Αυτά ήταν τα εξής : *Abra segmentum*, *M. Minimus*, *Nainereis laevigata*, *Nephtys hombergii*, *Idotea baltica* και *Tanais cavolinii* . Στα τοπικά ή περιστασιακά σημαντικά είδη ανήκαν τα *Chironomidae*. Εδώ παρατηρήθηκε να επικρατούν τα ίδια είδη εκτός από τα *Nainereis laevigata* και

Tanais cavolinii. Επίσης παρατηρήσαμε να επικρατούν τα *Hediste diversicolor* και *Tanais dulongii*.



Τέλος, οι Reizoroulou & Nicolaidou (2007) αναφέρουν ότι οι συνθήκες σε μια λιμνοθάλασσα μπορούν να ποικίλλουν ακόμα και σε ημερήσια βάση. Το αυξημένο οργανικό φορτίο οδηγεί σε αυξημένη αφθονία και βιομάζα. Αυτά τα χαρακτηριστικά, που υποδεικνύουν ρύπανση, έρχονται σε αντίθεση με τη μεγάλη ποικιλότητα και τη μικρή αφθονία, που χαρακτηρίζουν το θαλάσσιο περιβάλλον της ανατολικής Μεσογείου. Στα πλαίσια της εργασίας μελετήθηκαν τρεις λιμνοθάλασσες. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και στον Αμβρακικό. Έτσι σε βάθη 0,2 – 1,5 m (στον Αμβρακικό) η θερμοκρασία ήταν 8,0 – 29,0°C. Ο % οργανικός άνθρακας ήταν 1,1 – 5,3 %. Η αλατότητα ήταν 21 – 38 psu. Το διαλυμένο οξυγόνο ήταν 2,8 – 9,8 mg / lt. Το χονδρόκοκκο υλικό ήταν 6,7 – 66,3 %. Άρα υπήρχε μεγάλη διακύμανση στην σύσταση του πυθμένα. Και σε εμάς τα ιζήματα ποικίλλαν με τα μισά να έχουν μεγάλους και τα μισά μεσαίους και μικρούς κόκκους.

Στην λιμνοθάλασσα μέσης επιβάρυνσης (Βιβάρι) κατέγραψαν εποχική μεγάλη πυκνότητα Αμφιπόδων και ευκαιριακών Πολύχαιτων (*Capitella capitata*, *Heteromastus filiformis*). Στην λιμνοθάλασσα του Αμβρακικού καταμέτρησαν 84 είδη συνολικά. Συγκεκριμένα ο αριθμός ειδών ήταν 5 – 45. Η ποικιλότητα ήταν 1,3 – 3,7. Η ομοιομορφία εκεί ήταν 0,48 - 0,89, ενώ εδώ ήταν 0,43 – 0,75. Η αφθονία εκεί ήταν 508 – 5.827, ενώ εδώ 1.407 (FMin) – 21.117 (SMin) άτομα ανά τετραγωνικό μέτρο. Στην λιμνοθάλασσα μέσης ρύπανσης, που μελέτησαν, η αφθονία ήταν 753 – 8.820 άτομα. Τέλος η λιμνοθάλασσα με σαφή ρύπανση (Παπάς) είχε 0 - 44.108 άτομα ανά τετραγωνικό μέτρο. Άρα, βλέπουμε στην περίπτωση μας μεγάλη αφθονία ατόμων, που πιθανώς δεν σημαίνει καλή οικολογική κατάσταση. Στην

εργασία εκείνη σημειώθηκε ότι η ποικιλότητα δεν μειώνεται με την αύξηση της ρύπανσης.

Οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν πως η πιο συνηθισμένη και σοβαρή ανθρωπογενής επίδραση στις μεσογειακές παράκτιες λιμνοθάλασσες είναι ο εμπλουτισμός σε θρεπτικά, που οδηγεί συχνά σε αντικατάσταση των θαλάσσιων χορταριών από πράσινα ευκαιριακά μακροφύκη και τελικά σε εξάντληση του οξυγόνου. Υπό κανονικές συνθήκες υπάρχει κανονικότητα στην κατανομή των οργανισμών στα διάφορα μεγέθη σώματος. Όταν υπάρχει ρύπανση, αυτή η κανονικότητα χάνεται και αφθονούν οι οργανισμοί με μικρό μέγεθος σώματος. Διαπίστωσαν θετική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη οικολογικής ποιότητας ISD και της οργανικής ρύπανσης (μεγάλη τιμή ISD δείχνει φτωχή οικολογική ποιότητα). Επίσης βρήκαν αρνητική συσχέτιση μεταξύ του ISD και του διαλυμένου οξυγόνου, το οποίο είναι δείκτης καλής κατάστασης του οικοσυστήματος.

Η ρύπανση προκαλεί παρακμή των αιωρηματοφάγων και σαρκοφάγων οργανισμών προς όφελος των υποεπιφανειακών ιζηματοφάγων. Σύμφωνα με τους Pearson & Rosenberg (1978) τα πρώτα που εξαφανίζονται είναι τα ευμεγέθη είδη με μεγάλη διάρκεια ζωής. Τα μικρόσωμα Ασπόνδυλα μπορεί να χαρακτηρίζουν και περιβάλλοντα με μεγάλη αστάθεια. Μικρόσωμα Ασπόνδυλα είναι κυρίως τα ιζηματοφάγα, ενώ μεγαλόσωμα τα διηθηματοφάγα Δίθυρα και οι σαρκοφάγοι Πολύχαιτοι. Οι ανθίσσεις φυκών, τα ανοξικά γεγονότα και η παραγωγή υδροθείου εξαντλούν τους πρώην άφθονους διηθηματοφάγους, μειώνουν την πυκνότητα πολλών μη μεταναστευτικών ειδών και ταυτόχρονα επιτρέπουν μεγαλύτερη εκπρόσωση των ευκίνητων μικρόσωμων βοσκητών (Καρκινοειδή).

Η αστάθεια του περιβάλλοντος αυξάνεται με την αύξηση της απομόνωσης από την θάλασσα. Στα μεταβατικά οικοσυστήματα δεν ισχύει απόλυτα το δόγμα ότι η οικολογική ποιότητα συμβαδίζει με τη μεγάλη ποικιλότητα, επειδή τα φυσικώς πιεσμένα αυτά οικοσυστήματα ούτως ή άλλως δεν υποστηρίζουν μεγάλο αριθμό ειδών και ομοιόμορφη κατανομή των οργανισμών. Οι τεχνικές γρήγορης εκτίμησης της βιοποικιλότητας είναι ανεπαρκείς στο να διακρίνουν αν το αποτέλεσμα οφείλεται στην φυσική διατάραξη της λιμνοθάλασσας ή σε ανθρωπογενή επίδραση (Arvanitidis et al, 2005). Οι Reizoroulou et al (1996) εισηγήθηκαν ότι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν βιομάζα είναι πιο αξιόπιστες από αυτές που βασίζονται στην αφθονία. Ο Edgar (1994) εισηγήθηκε ότι η ύπαρξη σχέσης μεταξύ του μεγέθους σώματος και των περιβαλλοντικών παραμέτρων ίσως βοηθήσει στην κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των βενθικών βιοκοινοτήτων. Τελικά ο τρόπος διατροφής και η κινητικότητα των ειδών διαμορφώνουν την δομή της βιοκοινωνίας.



Επιπλέον στην εργασία μας παρατηρούμε ότι και στους δυο σταθμούς τον Σεπτέμβριο επικρατούν αριθμητικά τα Καρκινοειδή. Τον Φεβρουάριο και στους δυο σταθμούς επικρατούν τα Μαλάκια. Τον Μάιο επικρατούν στον εσωτερικό σταθμό οι Πολύχαιτοι, ενώ στον εξωτερικό σταθμό τα Μαλάκια. Τον μήνα Ιούλιο και στους δύο σταθμούς επικρατούν τα Μαλάκια. Όσον αφορά στον αριθμό ειδών, τον Σεπτέμβριο στον εσωτερικό σταθμό τα περισσότερα είδη ανήκουν στα Καρκινοειδή. Τον ίδιο μήνα στον εξωτερικό σταθμό τα περισσότερα είδη ανήκουν στα Καρκινοειδή (31,25 %) και στους Πολύχαιτους (31,25 %). Αυτό ίσως οφείλεται στην καλύτερη επικοινωνία με την θάλασσα (πολλά είδη Πολύχαιτων), αλλά και σε όχι πολύ καλή οικολογική ποιότητα (μεγάλη αφθονία *Hydroides dianthus*). Τον Φεβρουάριο στον εσωτερικό σταθμό περισσότερα είδη έχουν τα Μαλάκια. Στον εξωτερικό σταθμό τα περισσότερα είδη ισοκατανέμονται μεταξύ Μαλακίων, Πολύχαιτων και Καρκινοειδών. Τον Μάιο στον εσωτερικό σταθμό τα περισσότερα είδη ισοκατανέμονται πάλι μεταξύ Μαλακίων, Πολύχαιτων και Καρκινοειδών. Στον εξωτερικό σταθμό τα περισσότερα είδη ισοκατανέμονται μεταξύ Μαλακίων (37,5 %) και Πολύχαιτων (37,5 %). Κατά τον μήνα Ιούλιο και στους δύο σταθμούς τα Καρκινοειδή είχαν τα πιο πολλά είδη.

Στην Διευθέτηση, που πραγματοποιήθηκε μαζί με απεικόνιση των περιβαλλοντικών μεταβλητών (σχήματα 24, 25), παρατηρούμε ότι οι μεταβλητές pH, διαλογή και λοξότητα δεν συσχετίζονται ιδιαίτερα με την εποχική διακύμανση του μακροζωοβένθους, που καταγράφουμε.

Οι Magni et al (2009) διερεύνησαν, αν μπορεί να εφαρμοστεί το μοντέλο Pearson-Rosenberg (P-R), που περιγράφει την απόκριση των βενθικών βιοκοινωνιών στον οργανικό εμπλουτισμό, σε λιμνοθάλασσες της Μεσογείου. Τα αποτελέσματα που πήραν συμφώνησαν με τις προβλέψεις του μοντέλου P-R. Κατέγραψαν ότι ήταν μεγάλη η πιθανότητα η ποικιλότητα να είναι μεγάλη, όταν η περιεκτικότητα συνολικού άνθρακα (TOC) ήταν κάτω των 10 mg/g. Σε περιεκτικότητα πάνω από 28 mg/g η πιθανότητα ήταν μικρή, ενώ σε ενδιάμεσες περιεκτικότητες και η πιθανότητα ήταν ενδιάμεση. Αυτό συμφωνεί με τα δεδομένα μας, γιατί οι εσωτερικοί σταθμοί που είχαν μεγαλύτερο οργανικό φορτίο είχαν πάντα μικρότερη ποικιλότητα.

Οι Magni et al (2015) εκτίμησαν τα πρότυπα διακύμανσης του ζωοβένθους σε διάφορες χρονικές κλίμακες (ημερομηνία, εποχή και χρόνος) σε δύο διαφορετικές θέσεις της λιμνοθάλασσας Mellah της βορειοανατολικής Αλγερίας. Ονόμασαν τις δύο θέσεις Ακτή και Κέντρο. Η Ακτή (βάθος 1,5-2m) χαρακτηριζόταν από μεγαλύτερη υδροδυναμική και αμμώδη ως αμμο-ιλυώδη ιζήματα. Το Κέντρο (3-3,5m) χαρακτηριζόταν από λασπώδη ως αμμο-λασπώδη και οργανικά εμπλουτισμένα ιζήματα λόγω της συσσώρευσης λεπτών σωματιδίων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν δύο διακριτά πρότυπα εποχικής διακύμανσης των βενθικών βιοκοινωνιών. Στην Ακτή ο αριθμός ειδών, η ολική αφθονία και η αφθονία συγκεκριμένων επικρατών τάξεων ήταν μέγιστες το καλοκαίρι και /ή το φθινόπωρο. Το πρότυπο αυτό μπορεί να σχετίζεται με τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίες συντηρούν σχετικά καλά οξυγονωμένες συνθήκες, ενώ αυξάνουν την διαθεσιμότητα θρεπτικών και ευνοούν την στρατολόγηση ειδών και ατόμων το καλοκαίρι/φθινόπωρο. Αντίθετα στο Κέντρο ο αριθμός ειδών ήταν ελάχιστος το καλοκαίρι και το φθινόπωρο και η ολική αφθονία καθώς και η αφθονία (λιγότερων) επικρατών τάξεων ήταν ελάχιστες το καλοκαίρι. Η εποχική διακύμανση στο Κέντρο ακολουθούσε ένα πρότυπο παλινδρόμησης-ανάκαμψης, που είναι τυπικό για ευκαιριακές βιοκοινωνίες σε περιορισμένα οργανικά εμπλουτισμένα περιβάλλοντα. Η εργασία αυτή, που αφορούσε λιμνοθάλασσα με μαλακό υπόστρωμα, τόνισε την σημασία των τοπικών περιβαλλοντικών συνθηκών στην διακύμανση του ζωοβένθους.

Παρατηρούμε ότι η μέγιστη αφθονία κατά το καλοκαίρι, που καταγράψαμε στον εξωτερικό σταθμό, συμφωνεί με εκείνη την εργασία. Οι περιοχές καλύτερης κυκλοφορίας νερού και με μειωμένο οργανικό εμπλουτισμό (στην εργασία εκείνη είναι η Ακτή, εδώ είναι ο εξωτερικός σταθμός) παρουσιάζουν μέγιστη αφθονία το καλοκαίρι.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arvanitidis, C., Koutsoubas, D., Dounas, C & Eleftheriou, A., 1999. Annelid fauna of a Mediterranean lagoon (Gialova Lagoon, South-West Greece): Community structure in a severely fluctuating environment. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 79: 849-856.
- Arvanitidis, C., Chatzigeorgiou, G., Koutsoubas, D., Kevrekidis, T., Dounas, C., Eleftheriou, A., Koulouri, P. & Mogias, A., 2005a. Estimating lagoonal biodiversity in Greece: comparison of rapid assessment techniques. *Helgol. Mar. Res.*, 59: 177-186.
- Arvanitidis, C., Chatzigeorgiou, G., Koutsoubas, D., Dounas, C., Eleftheriou, A. & Koulouri, P., 2005b. Mediterranean lagoons revisited: weakness and efficiency of the rapid biodiversity assessment techniques in a severely fluctuating environment. *Biodiversity and Conservation*, 14: 2347-2359.
- Bachelet, G., De Montaudouin, X., Auby, I. & Labourg, P., 2000. Seasonal changes in macrophyte and macrozoobenthos assemblages in three coastal lagoons under varying degrees of eutrophication. International Committee for Exploration of the Seas. *Journal of Marine Sciences*, 57: 1495-1506.
- Basset, A., Carlucci, D., Fiocca, A & Vignes, F., 2001. Water transparency and health of coastal salt marches: simple enclosure experiments of nutrient dynamic. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 11: 273-279.
- Basset, A., Sabetta, L., Fonnesu, A., Mouillot, D., Do Chi, T., Viaroli, P., Giordani, G., Reizopoulou, S., Abbiati, M. & Carrada, G.C., 2006. Typology in Mediterranean transitional waters: new challenges and perspectives. *Aquatic Conservation, Marine and Freshwater Ecosystems*, 16: 441-455.
- Boesch, D. F., 1972. Species diversity of marine macrobenthos in the Virginia area. *Chesapeake Sci.*, 13: 206-211.
- Cognetti, G., 1992. Colonization of stressed coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 24: 247-250.
- Cognetti, G., 1982. Adaptive strategy of brackish-water fauna in pure and polluted waters. *Marine Pollution Bulletin*, 13:247-250.
- Cognetti, G., 1992. Colonization of stressed coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 24: 12-14.

- Como, S. & Magni, P., 2009. Temporal changes of a macrobenthic assemblage in harsh lagoon sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 83: 638-646.
- Edgar, G. J., 1994. Observations on the size–structure of macrofaunal assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 176: 227–243.
- Elliot, m., Quintino, V., 2007. Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin*, 54 (6): 640-645.
- Evagelopoulos, A., Spyarakos, E. & Koutsoubas, D., 2007. The biological system of the lower salinity ponds in Kalloni Saltworks (N.E. Aegean Sea, Greece): phytoplankton and macrobenthic invertebrates. *Transitional Waters Bulletin*, 3:23-25.
- Giangrande, A., Geraci, S. & Belmonde, G., 1994. Life-cycle and life-history diversity in marine invertebrates and the implications in community dynamics. *Oceanogr. Mar. Biol.: Annu. Rev.*, 32:305-333.
- Gravina, M. F., Ardizzone, G. D., Scaletta, F. & Chimenz, C., 1989. Descriptive analysis and classification of benthic communities in some Mediterranean coastal lagoons (central Italy). Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli I: *Marine Ecology*, 10 (2): 141-166.
- Gray, J. S., 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 12: 223-261.
- Guelorget, O. & Perthuisot, J. P., 1992. Paralitic ecosystems. Biological organization and functioning. *Vie et Milieu*, 42: 215-251.
- Cognetti, G. & Maltagliati, F., 2000. Biodiversity and adaptative mechanisms in brackish water fauna. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 7–14.
- Hickman, C. P., Roberts, L. S., Keen, S. L., Larson, A., I' Anson, H. & Eisenhour, D., 2011. *Τόμος Ι ΖΩΟΛΟΓΙΑ Ολοκληρωμένες Αρχές*, Utopia, Αθήνα, 692 pp.
- Holme, N. A, 1950. Population dispersion in *Tellina fenais* DA COSTA. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 29: 267-280.
- Holme, N. A. & McIntyre, A. D., 1971. *Methods for the Study of Marine Benthos*. *IBP Handbook No. 16*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 334 pp.
- Kevrekidis, T., 2004. Seasonal variation of the Macrozoobenthic Community Structure at Low Salinities in a Mediterranean Lagoon (Monolimni Lagoon, Northern Aegean). *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 89: 407-425.

- Koutsoubas, D., Dounas, C., Arvanitidis, C., Kornilios, S., Petihakis, G., Triantafyllou, G. & Eleftheriou, A., 2000. Macrobenthic Community Structure and Disturbance Assessment in a Mediterranean Lagoon (Gialova lagoon, Ionian Sea). *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1472-1480.
- Lardicci, C., Abbiati, M., Crema, R., Morri, C., Bianchi, C.N. & Castelli, A., 1993. The distribution of polychaetes along environmental gradients: an example from the Orbetello Lagoon, Italy. P.S.Z.N.I.: *Marine Ecology*, 14: 35-52.
- Lie, U., 1968. *A quantitative study of benthic infauna in Puget Sound, Washington, U.S.A.*, in 1963-1964. Fiskeridir. Skr. Ser. Havunders., 14: 229-556.
- Maggiore, F. & Keppel, E., 2007. Biodiversity and distribution of polychaetes and molluscs along the Dese estuary (Lagoon of Venice, Italy). *Hydrobiologia*, 588: 189-203.
- Magni, P., Tagliapietra, D., Lardicci, C., Balthis, L., Castelli, A. Como, S., Frangipane, G., Giordani, G., Hyland, J., Maltagliati, F., Pessa, G., Rismondo, A., Tataranni, M., Tomassetti, P. & Viaroli, P., 2009. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 478-486.
- Magni, P., Draredja, B., Melouah, K. & Como S., 2015. *Marine Environmental Research*, 109, 168-176.
- McComb, A. J., 1995. *Eutrophic shallow estuaries and lagoons*. CRC Press, Boca Raton, 240pp.
- Mee, L. D., 1978. *Coastal lagoons*. In: Chemical Oceanography, vol. 7. Academic Press, London: 441-490.
- Mistri, M., Fano, E. A., Rossi, G., Caselli, K. & Rossi, R., 2000. Variability in macrobenthos communities in the Valli di Comacchio, Northern Italy, a hypereutrophized lagoonal ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51: 599-611.
- Mistri, M., Rossi, R. & Fano, E. A., 2001. Structure and secondary production of a soft bottom macrobenthic community in a brackish lagoon (Sacca di Goro, north-eastern Italy). *Estuarine Coastal And Shelf Science*, 52: 605-616.
- Mogias, A. & Kevrekidis, T., 2005. Macrozoobenthic community structure in a poikilohaline Mediterranean lagoon (Lakki Lagoon, northern Aegean). *Helgol Mar Res*, 59: 167-176.
- Nicolaidou, A., Moraitou-Apostolopoulou, M. & Ignatiades, L., 1983. *P. S. Z. N. I.: Marine Ecology*, 4 (3), 197-209.

- Nicolaidou, A., Bourgoutzani, F., Zenetos, A., Guelorget, O. & Perthuisot, J. P., 1988. Distribution of Molluscs and Polychaetes in Coastal Lagoons in Greece. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 26: 337-350.
- Nicolaidou, A., Reizopoulou, S., Koutsoubas, D., Orfanidis, S. & Kevrekidis, T., 2005. *Mediterranean Marine Science*, Volume 6/2, 31-50.
- Nixon, S. W., 1995. *Coastal marine eutrophication: a definition, social causes and future concerns*. *Ophelia*, 41: 199-219.
- Orfanidis, S., Stamatis, N, Ragias, V. & Schramm, W., 2005. Eutrophication patterns in an eastern Mediterranean coastal lagoon: Vassova, Delta Nestos, Macedonia, Greece. *Mediterranean Marine Science*, 6(2): 17-30.
- Pearson, T. H., 1970. The benthic ecology of Loch Linnhe and Loch Eil, a sea loch system on the west coast of Scotland. 1. The physical environment and distribution of the macrobenthic fauna. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 5: 1-34.
- Pearson, T. H. & Rosenberg, R., 1978. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16, 229-311.
- Petihakis, G., Triantafyllou, G., Koutsoubas, D., Allen, I. & Dounas, C., 1999. Modeling the annual cycle of nutrients and phytoplankton in a Mediterranean lagoon (Gialova, Greece). *Marine Environmental Research*, 48: 37-58.
- Reizopoulou, S., Kormas, K. A. & Nicolaidou, A., 1998. Benthic biodiversity in five coastal brackish water lagoons of Amvrakikos Gulf, Hellas. *Rapports de Committee Internationale de Mer Mediterranee*, 35580-581.
- Reizopoulou, S. & Nicolaidou, A., 2004. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 14, S93-S102.
- Reizopoulou, S. & Nicolaidou, A., 2007. *Hydrobiologia*, 577, 141-149.
- Sanders, H. L., 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *Am. Nat.*, 102: 243-282.
- Stora, G., Arnoux, A. & Galas, M., 1995. Time and spatial dynamics of Mediterranean lagoon macrobenthos during an exceptionally prolonged interruption of freshwater inputs. *Hydrobiologia*, 300/301: 123-132.
- Viaroli, P., Bartoli, M., Giordani, G, Magni, P. & Welsh, D.T., 2004. Biogeochemical indicators as tools for assessing sediment quality/vulnerability in transitional aquatic ecosystems. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14: 19-29.

Διπλωματικές εργασίες

Σιγάλα Καλλιόπη, 2010. ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΖΩΟΒΕΝΘΟΥΣ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΩΝ (ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ). ΑΘΗΝΑ.

Προβιδάκης Νικόλαος, 2013. Χαρτογράφηση βενθικών βιοκοινωνιών στη λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου με χρήση GIS (ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ). ΑΘΗΝΑ.

Ιστοσελίδες

http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIO459_Benthic_Ecology/documents/BEC_02.pdf

Πηγές των εικόνων κατά σειρά

Του εξωφύλλου

<http://wikimapia.org/3426814/el/>

Της εισαγωγής

<http://1epal-mesol.ait.sch.gr/autosch/joomla15/media/projects/lagoon.pdf>

http://_biology.uoc.gr/courses/BIO121_Thalassia/256398/Lab4-Benthos.doc

<http://www.i-typos.gr/wp-content/uploads/2013/06/1.jpg>

<http://1epal-mesol.ait.sch.gr/autosch/joomla15/media/projects/lagoon.pdf>

Pearson, T. H. & Rosenberg, R., 1978. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16, 229-311.

Της συζήτησης

http://newsit.gr/default.php?pname=Article&art_id=264186&catid=6

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/Hepatus_epheliticus.jpg

<http://eol.org/pages/593023/overview>

<http://ryanphotographic.com/platyhelminthes.htm>

<http://ryanphotographic.com/platyhelminthes.htm>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Δείγμα Είδος	3- Min- A	3- Min- B	3- Min- C	3- Mout- A	3- Mout- E
<i>Abra segmentum</i>	8	4	3	16	15
<i>Loripes lacteus</i>	0	0	0	1	0
<i>Cyclope neritea</i>	1	1	0	1	0
<i>Mytilaster minimus</i>	3	2	2	13	2
<i>Cerastoderma glaucum</i>	2	0	0	3	8
<i>Venerupis</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Haminoea navicula</i>	0	0	0	0	0
<i>Hinia reticulata</i>	0	0	0	1	0
<i>Gibbula adansonii</i>	0	0	0	0	0
<i>Mollusca</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Nephtys hombergii</i>	0	2	0	6	2
<i>Nereiphylla pusilla</i>	0	0	0	1	1
<i>Hediste diversicolor</i>	29	34	23	1	0
<i>Harmothoe spinifera</i>	0	0	0	0	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	2	0	0	2	0
<i>Spio decoratus</i>	0	0	0	0	0
<i>Prionospio cirrifera</i>	0	0	0	0	0
<i>Capitomastus minimus</i>	0	0	0	0	0
<i>Capitella capitata</i>	0	0	0	0	0
<i>Spiophanes bombyx</i>	1	0	0	0	0
<i>Platynereis dumerilii</i>	0	0	0	1	0
<i>Amphicteis gunneri</i>	0	0	0	0	1
<i>Lagis koreni</i>	0	0	0	0	0
<i>Nainereis laevigata</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydroides dianthus</i>	0	0	0	0	0
<i>Syllis gracilis</i>	0	0	0	0	0
<i>Schistomeringos rudolphi</i>	0	0	0	0	0
<i>Idotea balthica</i>	3	1	1	0	0
<i>Gammarus insensibilis</i>	1	0	0	1	0
<i>Lekanesphaera monodi</i>	0	0	0	0	0
<i>Corophium</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Corophium insidiosum</i>	4	50	3	15	1
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	2	1	0	0	0
<i>Hippolyte longirostris</i>	0	0	0	0	0
<i>Dexamine spinosa</i>	0	0	0	0	0
<i>Erichthonius bifidus</i>	0	0	0	0	0
<i>Ligia</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	0	0	0	0	0
<i>Tanais dulongii</i>	0	0	0	0	0
<i>Leptochelia savignyi</i>	0	0	0	0	0
<i>Stenothoe monoculoides</i>	0	0	0	0	0
<i>Ostracoda</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Chironomidae</i> sp.	1	5	0	0	2
<i>Nemertea</i> sp.	0	0	0	2	0
<i>Actiniaria</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Plathelminthes</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Phoronis</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Anomura</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Oligochaeta</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Hydrozoa</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Insecta larvae</i>	0	0	0	0	0
<i>Sipuncula</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Madreporaria</i> sp.	0	0	0	0	0

