

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Επίδραση συμβατικής και βιολογικής υδατοκαλλιέργειας στη
βενθική μαλακοπανίδα στην περιοχή της Λάρυμνας»**



ΡΟΥΣΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1. Ευβοϊκός κόλπος.	3
1.1.1. Βόρειος Ευβοϊκός Κόλπος	4
1.1.2. Νότιος Ευβοϊκός Κόλπος.....	6
1.2. Ανάπτυξη Υδατοκαλλιεργειών.	8
1.2.1. Επίδραση Υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον.....	10
1.3. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας	14
1.4. Βενθική Μαλακοπανίδα.....	15
1.4.1. Μαλάκια.....	15
1.4.1.1. Κλάση Γαστερόποδα.....	16
1.4.1.2. Κλάση Δίθυρα.	18
1.5. Σκοπός Έρευνας.....	20
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	22
2.1. Γενικά.	22
2.2. Σταθμοί δειγματοληψίας.....	23
2.3. Κοκκομετρική ανάλυση.....	24
2.4. Βενθική Μαλακοπανίδα.....	24
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	29
3.1. Κοκκομετρική ανάλυση.....	29
3.2. Βενθική Μαλακοπανίδα.....	30
4. ΣΥΣΗΤΗΣΗ	51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	57
ABSTRACT	67

**«Επίδραση συμβατικής και βιολογικής υδατοκαλλιέργειας στη βενθική
μαλακοπανίδα στην περιοχή της Λάρυμνας»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

- **Νικόλαος Νεοφύτου**, Λέκτορας, Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**.
- **Δημήτριος Βαφείδης**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και Άμεση - Έμμεση Χρηστικότητα τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- **Ελένη Μεντέ**, Μόνιμη Επίκουρη Καθηγήτρια, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, τον κ. Νικόλαο Νεοφύτου για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους κ. Δημήτριο Βαφειδή και κ. Ελένη Μεντέ, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Σκόρδα για την άμεση και πολύτιμη βοήθεια του για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ τη μονάδα Μπιτσάκος Α.Ε για την συλλογή των στοιχείων. Η εργασία αποτελεί μέρος του ερευνητικού προγράμματος με τίτλο «Οργανική και βιολογική υδατοκαλλιέργειας τσιπούρας: πρότυπο πειραματικό έργο εκτροφής και παραγωγής», η οποία χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και τροφίμων σε συγχρηματοδότηση με την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου και στη Νικολέττα Μάντη για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα εργασία παρατηρήθηκε η επίδραση της συμβατικής και της βιολογικής υδατοκαλλιέργειας στη βενθική μαλακοπανίδα της περιοχής του κόλπου Λάρυμνας. Για την επίτευξη αυτού του στόχου πραγματοποιήθηκε εποχική κοκκομετρική ανάλυση, διαχωρισμός και ταξινόμηση των οργανισμών της βενθικής μαλακοπανίδας, εκτίμηση της ποικιλότητας των ειδών με δείκτες.

Η κοκκομετρική ανάλυση του ιζήματος έδειξε για το σταθμό S1 (συμβατική εκτροφή) ότι η σύστασή του αποτελείται από 91,44% άμμο, 3,28% ιλύ και 5,28% άργιλο, για το σταθμό S2 (βιολογική εκτροφή) από 91,28% άμμο, 3,44% ιλύ, και 5,28% άργιλο και για το σταθμό S3 (μάρτυρας) από 88,16% άμμο, 2,56% ιλύ και 9,28% άργιλο.

Από την ανάλυση των δειγμάτων βενθικής μαλακοπανίδας βρέθηκαν 2199 άτομα τα οποία ανήκουν σε 120 είδη. Παράλληλα, ο σταθμός S3, ο οποίος αποτέλεσε και το μάρτυρα της παρούσας έρευνας, εμφάνισε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σε αφθονία ειδών και ατόμων σε σχέση με τους άλλους σταθμούς. Διαφορές επίσης παρατηρήθηκαν όσον αφορά την αφθονία ειδών και ατόμων μεταξύ των σταθμών S1 (συμβατική εκτροφή) και S2 (βιολογική εκτροφή) κατά την εποχή του Καλοκαιριού. Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) των διαφόρων χαρακτηριστικών της βενθικής μαλακοπανίδας μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας έδειξε μια σημαντική στατιστική διαφορά για όλα τα χαρακτηριστικά εκτός από τον αριθμό των ατόμων (N) και το δείκτη ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J'). Επίσης, η πολυπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (two way ANOVA) για την εποχική σύγκριση των ίδιων χαρακτηριστικών έδειξε στατιστικώς σημαντικές διαφορές, εκτός από το δείκτη ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J').

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, από τα 11 κυρίαρχα είδη βενθικής μαλακοπανίδας μόνο ένα βρέθηκε να είναι κοινό και στους τρεις σταθμούς δειγματοληψίας με ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας. Αυτό ήταν το είδος *Bittium reticulatum* κατά την εποχή της Άνοιξης.

Από το δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών της περιοχής έρευνας με βάση το βαθμό συγγένειας της μαλακοπανίδας κατά τη διάρκεια των δύο εποχών προέκυψαν τρεις διαφορετικές ομάδες με βαθμό ομοιότητας 57%. Παράλληλα, από το διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) προέκυψε σαφής διαχωρισμός των σταθμών εκτός από τους σταθμούς S1 και S3 κατά την περίοδο της Άνοιξης. Από τη μελέτη των διαγραμμάτων αθροιστικής κυριαρχίας των ειδών της βενθικής μαλακοπανίδας για τους τρεις σταθμούς, φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη επίδραση την έχει ο σταθμός S1 ακολουθούμενος από τον S2 και τον S3.

Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή βιολογικών συνθηκών εκτροφής στην υδατοκαλλιέργεια μπορεί να περιορίσει τις αρνητικές επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον δημιουργώντας παράλληλα μια νέα υποσχόμενη προοπτική στον τομέα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η εφαρμογή βιολογικών συνθηκών εκτροφής συμβάλλει επίσης στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και της σταθερότητας όσον αφορά τη σύνθεση και τη δομή της βενθικής μαλακοπανίδας.

Λέξεις κλειδιά: Κόλπος Λάρυμνας, βιολογική υδατοκαλλιέργεια, βενθικής μαλακοπανίδα, ίζημα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ευβοϊκός κόλπος

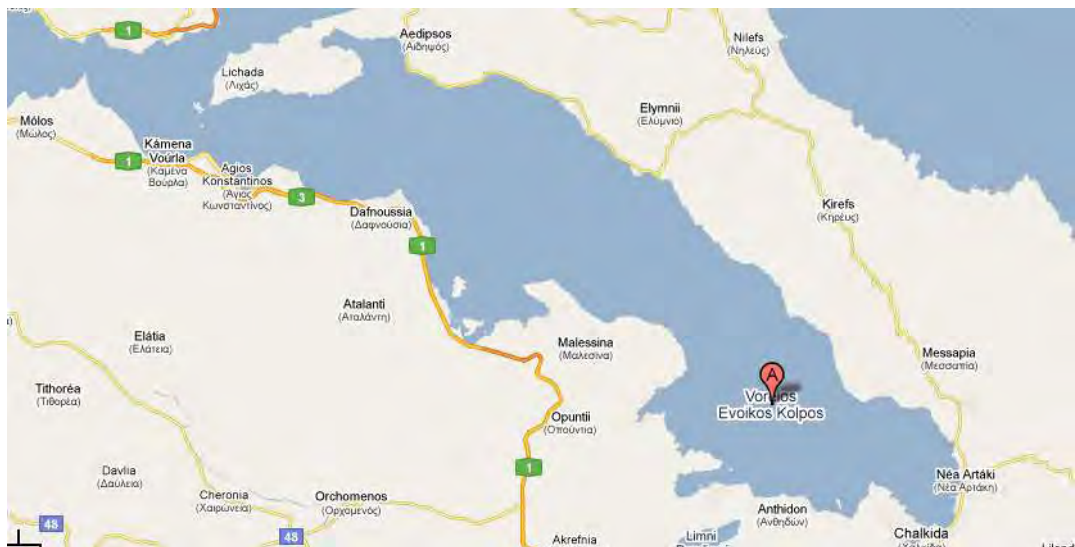
Ο Ευβοϊκός κόλπος, χαρακτηριζόμενος και ως "*Ευβοϊκή θάλασσα*", ή κατά τους αρχαίους Έλληνες η «*έσω Ευβοίς θάλασσα*» αποτελεί όλο το θαλάσσιο χώρο μεταξύ Εύβοιας και Στερεάς Ελλάδας. Στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα μεγάλο μήκους πορθμό. Εκτείνεται μεταξύ των ανατολικών ακτών της Αττικοβοιωτίας και των δυτικών ακτών της Εύβοιας. Χωρίζεται σε βόρειο και νότιο Ευβοϊκό από τα στενά της Αυλίδας και του Ευρίπου (40 m πλάτος, 60 m μήκος και 8 m βάθος). Ο βόρειος και ο νότιος κόλπος χαρακτηρίζονται και ως αμφίτυγοι όρμοι (Εικ. 1). Το Νότιο τμήμα του Ευβοϊκού (από το στενό της Αγίας Μαρίνας – Κ. Καβαλλιανής ως τη γραμμή Μακρονήσου – Ακρωτήριο Παξιμάδι) είναι γνωστό και ως κόλπος των Πεταλιών. Η επικοινωνία με το Αιγαίο Πέλαγος γίνεται στο βόρειο τμήμα, με το διάυλο Ωρεών – Τρίκερι, και στα νότια με τον κόλπο των Πεταλιών. Η συνολική έκταση του Ευβοϊκού κόλπου είναι 16,35 Km² (Στεργίου 1991).



Εικόνα 1: Ευβοϊκός κόλπος (16,35 Km²) (www.googlemaps.com).

1.1.1. Βόρειος Ευβοϊκός κόλπος

Ο βόρειος Ευβοϊκός κόλπος εκτείνεται σε απόσταση 1163 Km², με γεωγραφικές συντεταγμένες 38°45'19" Βόρεια και 23°10'22" Ανατολικά. Αποτελεί μια επιμήκη λεκάνη γενικής διεύθυνσης ΔΒΔ – ΑΝΑ η οποία διακρίνεται σε τρία τμήματα, το δυτικό, το κεντρικό, και το νοτιοανατολικό (Εικ. 2). Το δυτικό τμήμα μεταξύ των Λιχάδων Νήσων και του Ακρωτηρίου Αρκίτσας είναι ομαλό με μέσο βάθος 80 – 100 m περίπου. Το κεντρικό τμήμα, με μέγιστο βάθος 450 m, αποτελεί το βαθύτερο τμήμα του κόλπου και εκτείνεται από το Ακρωτήριο Αρκίτσας μέχρι τη χερσόνησο Μαλεσίνας. Χαρακτηρίζεται από απότομο βόρειο πρανές σε αντίθεση με το μικρής κλίσης νότιο πρανές, πίσω από το οποίο αναπτύσσεται εκτεταμένη υφαλοκρηπίδα. Το νότιο τμήμα χαρακτηρίζεται από την παρουσία πολλών υποθαλάσσιων φαραγγιών. Το νοτιοανατολικό τμήμα είναι ομαλό και ρηχό με μέσο βάθος περίπου 80 – 100 m. Ο Σπερχειός ποταμός, που εκβάλλει στο Μαλιακό κόλπο, αποτελεί την πιο σημαντική πηγή γλυκών νερών. Όμως σημαντικές ποσότητες νερών εισέρχονται και από τη λίμνη Παραλίμνη μέσω από το διάλυτο του Ανθέδονος και από υποθαλάσσιες πηγές (www.certh.gr).



Εικόνα 2: Βόρειος Ευβοϊκός κόλπος – Κόλπος Λάρυμνας (www.googlemaps.com).

Τα επιφανειακά ιζήματα του πυθμένα του νότιου τμήματος του Β. Ευβοϊκού κόλπου, χαρακτηρίζονται ως αμμώδη, ιλυαργιλώδη και ιλυαργιλώδη άμμοι. Τα αμμώδη είναι κυρίως βιολογικής προέλευσης, κυριαρχούν με ποσοστό μεγαλύτερο από 65% στις παράκτιες περιοχές, ενώ τα αργιλώδη επικρατούν στα βαθύτερα μέρη του κόλπου με ποσοστό μεγαλύτερο του 60%. Οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο ιζημα είναι μεγάλες στο στενό του Ευρίπου, στο λιμάνι Χαλκίδας και στο κόλπο της Λάρυμνας, εξαιτίας της έντονης δραστηριότητας των μεταλλείων και ειδικότερα της εταιρίας "ΛΑΡΚΟ" η οποία δραστηριοποιείται στην περιοχή της Λάρυμνας. Υπάρχουν επίσης βιοτεχνίες κεραμικών και τροφίμων καθώς και τα ναυπηγία Χαλκίδας (Scoulos & Dasenakis 1983).

Τα επιφανειακά ρεύματα έχουν κατεύθυνση ΒΑ με ταχύτητες από 5 – 15 cm/sec, ενώ τα ρεύματα του πυθμένα είναι ασταθή και χαρακτηρίζονται από ταχύτητες μικρότερες από 5 cm/sec. Επίσης τα παλιρροιακά ρεύματα έχουν κατεύθυνση από βορρά προς νότο και εναλλάσσονται κάθε 6 ώρες με ρεύματα αντίθετης κατεύθυνσης (Scoulos & Dasenakis 1983).

Τέλος, σε σχέση με άλλους ελληνικούς κόλπους, ο βόρειος Ευβοϊκός χαρακτηρίζεται από μεγάλες συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων με εξαίρεση τον κόλπο της Ελευσίνας. Οι συγκεντρώσεις των πυριτικών και των νιτρικών αλάτων είναι 10 με 13 φορές μεγαλύτερες από αυτές του Αιγαίου, γεγονός που οφείλεται στο σχετικά μεγάλο βάθος του κόλπου, στις υποθαλάσσιες πηγές, στο φαινόμενο ανάβλυσης των νερών και στα απόβλητα της εταιρίας "ΛΑΡΚΟ" που είναι πλούσια σε πυριτικά. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις πυριτικών αλάτων παρατηρούνται στον κόλπο της Λάρυμνας, στο λιμάνι της Χαλκίδας και στο Μαλιακό κόλπο (Στεργίου 1991).

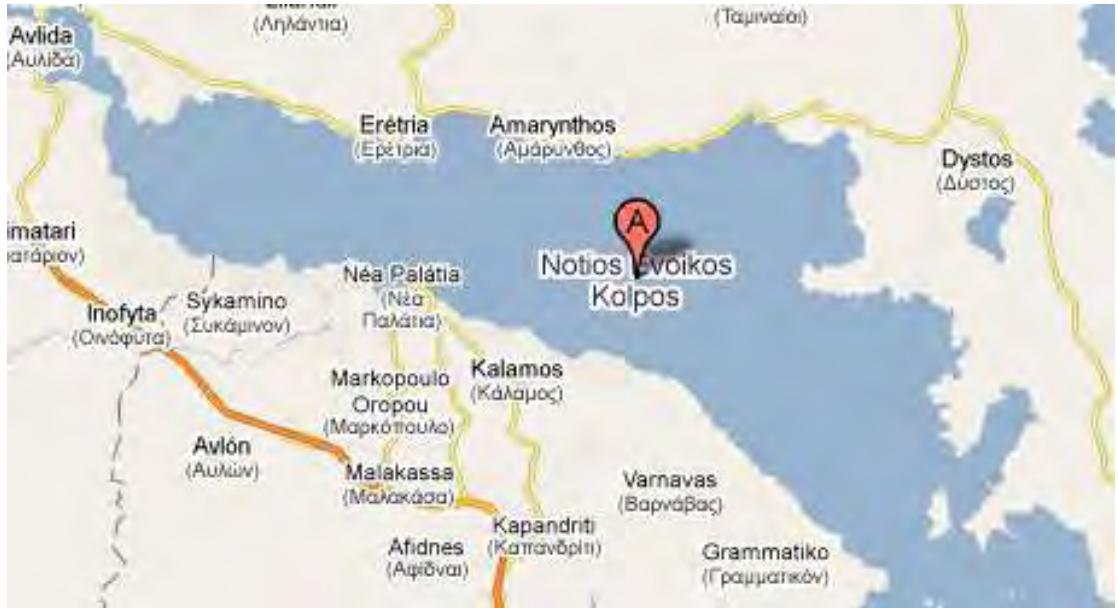
Ο κόλπος της Λάρυμνας εκτείνεται σε απόσταση περίπου 1,21 Km², και αποτελεί μέρος της ευρύτερης περιοχής του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου. Έχει γεωγραφικές συντεταγμένες 38°33'52" Βόρεια και 23°17'25" Ανατολικά, ενώ το συνολικό μήκος της ακτογραμμής του είναι περίπου 2.21 Km². Το βάθος του κόλπου δεν ξεπερνά τα 45 m, ενώ η μέση τιμή της αλατότητας είναι περίπου ίση με 36 psu (Lefkaditou et al. 2005). Οι τιμές θερμοκρασίας κυμαίνονται από 13,07 °C - 24,48 °C με μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του έτους στους 18,74 °C. Παράλληλα, οι τιμές συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου κυμαίνονται από 8,3 mg/l ± 0,20 - 9,3 mg/l ± 0,31 με μέση τιμή κατά τη διάρκεια του έτους 8,87 ± 0,22. Η ενεργός οξύτητα (pH) ήταν: 8,0 ± 0,3 (Στρατάκος 2009).

Ο τύπος του ιζήματος που επικρατεί στον κόλπο της Λάρυμνας είναι αμμώδης. Παράλληλα, χαρακτηρίζεται από μεγάλες συγκεντρώσεις ιόντων βαρέων μετάλλων (Cu, Cr, Ni, Zn), εξαιτίας των βιομηχανικών μονάδων που δραστηριοποιούνται στην περιοχή (ΛΑΡΚΟ, Σόγια, Τσιμεντοβιομηχανία, Νεοχημική), τη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων από τους γεωργούς και τα αστικά απόβλητα τα οποία διοχετεύονται στον κόλπο χωρίς να υποστούν κάποια βιολογική επεξεργασία (Catsiki & Florou 2006; Τσαγκάρη και συν. 1997).

1.1.2. Νότιος Ευβοϊκός κόλπος

Ο νότιος Ευβοϊκός κόλπος έχει έκταση 472 Km² και εκτείνεται από τα στενά του Ευρίπου στα βόρεια και από το στενό Αγία Μαρίνα – Ν. Καβαλλιανή στα νότια, με βάθος το οποίο δεν ξεπερνά τα 85 m (Εικ. 3). Το βορειότερο τμήμα του παρουσιάζει χαρακτηριστικά ιζηματογένεσης ημίκλειστης θαλάσσιας περιοχής ενώ το νοτιότερο (κόλπος Πεταλιών), ανοικτό στο Αιγαίο Πέλαγος, παρουσιάζει

χαρακτηριστικά ανοικτής θάλασσας. Το μεγαλύτερο μέρος του πυθμένα καλύπτεται από λεπτόκοκκα ιζήματα με μεγάλα ποσοστά ιλύος και αργίλου. Το ποσοστό της άμμου (κυρίως βιολογικής προέλευσης) είναι μικρό, με εξαίρεση τις ακτές της Εύβοιας όπου η άμμος παρουσιάζεται σε ποσοστό 30-50% (Satsmadjis & Voutsinou 1984).



Εικόνα 3: Νότιος Ευβοϊκός κόλπος με γεωγραφικές συντεταγμένες 38°20'18" Βόρεια και 23°57'07" Ανατολικά (www.googlemaps.com).

Ο κόλπος, με εξαίρεση το βορειότερο τμήμα του όπου βρίσκεται το λιμάνι και η βιομηχανική ζώνη της Χαλκίδας, δεν υπόκειται σε σοβαρές ανθρώπινες παρεμβάσεις. Εντούτοις, η εντατική αλιεία με μηχανότρατα η οποία λαμβάνει μέρος οκτώ μήνες το χρόνο στην περιοχή του κόλπου των Πεταλιών, ενδέχεται να έχει κάποιες συνέπειες στη σύνθεση και στη δομή των βενθικών βιοκοινωνιών της περιοχής (Ζενέτου και συν. 1997).

Στο στενό του Ευρίπου επικρατούν παλιρροιακά ρεύματα εναλλασσόμενης κατεύθυνσης, με ταχύτητες από 26 έως 52 cm/sec, ενώ στο νοτιοδυτικό άκρο του κόλπου παρατηρείται έντονη στροβιλώδης κυκλοφορία νερών. Στον πυθμένα τα

ρεύματα έχουν διεύθυνση βορειοδυτική, νοτιοανατολική και δυτική με ταχύτητες από 3-9 cm/sec (Στεργίου 1991).

Οι συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων στο νότιο Ευβοϊκό κόλπο υπερβαίνουν ελάχιστα αυτές του ανοικτού Αιγαίου. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται στο λιμάνι της Χαλκίδας εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και μειώνονται σταδιακά προς τον κόλπο των Πεταλιών, που θεωρείται μία από τις πιο oligότροφες περιοχές της Μεσογείου (Friligos 1987).

1.2. Ανάπτυξη υδατοκαλλιέργειών

Τα τελευταία 30 χρόνια γίνεται μια πολύ σημαντική προσπάθεια σε παγκόσμια κλίμακα για τη παραγωγή ζωικών πρωτεϊνών προερχόμενων από το υδάτινο περιβάλλον. Η προσπάθεια αυτή περιλαμβάνει την εντατική εκμετάλλευση ιχθύων, μαλακίων, οστρακοειδών και καρκινοειδών με στόχο την παραγωγή ζωικών πρωτεϊνών υψηλής βιολογικής αξίας με το χαμηλότερο δυνατό κόστος (Χαριζόπουλος 2009). Παράλληλα, συνεισφέρουν στην άμβλυνση της πίεσης που ασκείται από τους επαγγελματίες ψαράδες και επιτρέπουν τη διατήρηση των θαλάσσιων πληθυσμών που κινδυνεύουν από την υπεραλίευση (Shang 1981). Ακόμη, οι ιχθυοκαλλιέργειες αποτελούν πηγή εισοδήματος, για μερίδα κατοίκων παράκτιων περιοχών, καθώς και βιομηχανιών οι οποίες δραστηριοποιούνται στον τομέα της μεταποίησης των προϊόντων που προέρχονται από αυτές (Pillay & Kutty 2005).

Σύμφωνα με στοιχεία του διεθνή οργανισμού FAO, οι υδατοκαλλιέργειες, αποτελούν ένα από τους πλέον αναπτυσσόμενους και παραγωγικούς κλάδους όσον αφορά την παραγωγή ζωικής τροφής. Παράλληλα, η συμβολή των υδατοκαλλιέργειών για την κάλυψη των θρεπτικών απαιτήσεων του ανθρώπου όσον αφορά τη

ζωική πρωτεΐνη το 2006 ανέρχεται στο 46%. Η παραγωγή από 0,7 Kg το 1970 αυξήθηκε σε 7,8 Kg το 2006, παρουσιάζοντας άνοδο κατά 6,9%. Παράλληλα, η συνολική παραγωγή κατά τη δεκαετία του 50' ανερχόταν στο ένα εκατομμύριο τόνους ανά έτος, ενώ το 2006 ήταν 51,7 εκατομμύρια τόνοι. Η διαφορά αυτή αντιστοιχεί σε αύξηση της παραγωγής κατά 7%. Από το συνολικό ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής, η Κίνα κατέχει το 67%. Επίσης, η Κίνα κατέχει το 77% της παραγωγής κυπρινοειδών και το 82% της παραγωγής στρειδιών και μυδιών. Η Νορβηγία και η Χιλή κατέχουν αντίστοιχα το 33 και 31 % της παγκόσμιας παραγωγής σολομοειδών (FAO 2009).

Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το 1998, η υδατοκαλλιέργεια στην Ευρώπη απασχολούσε τουλάχιστον 80.000 εργαζομένους πλήρους ή μερικής απασχόλησης. Η πλειοψηφία αυτών βρίσκεται στην Ισπανία, στην Ελλάδα, στη Γαλλία, στη Σκωτία και στην Ιρλανδία (Περδικάρης και συν. 2006).

Η Ελλάδα αν και σχετικά αργά, μετά το 1956 "γνώρισε" τις υδατοκαλλιέργειες και σημείωσε αξιόλογη και θεαματική πρόοδο τα τελευταία 20 χρόνια, ξεπερνώντας σε ετήσια παραγωγή τους 120.000 τόνους. Οι ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες, η γεωμορφολογία, η ποικιλία των "πηγών υδροδότησης" (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα κ.λπ.), η οικονομική ενίσχυση από διάφορους φορείς και η γρήγορη και επιτυχημένη σε πολλές περιπτώσεις εισαγωγή τεχνολογίας και τεχνογνωσίας, συνέβαλαν στην ανάπτυξη των Ελληνικών υδατοκαλλιεργειών. Αν και η ανάπτυξη σε πολλές περιπτώσεις ήταν άναρχη και χωρίς προγραμματισμό και η περιβαλλοντική επιβάρυνση δυσανάλογη με το αποτέλεσμα, η χώρα μας προσφέρει αξιόλογες χερσαίες εκτάσεις και θαλάσσιες περιοχές για την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών. Το γεγονός αυτό, ενισχύεται από το ότι η χώρα μας παρουσιάζει έλλειμμα αλιευτικών προϊόντων. Η αλιεία γενικά αντιπροσωπεύει μόνο το 3% του

ακαθάριστου γεωργικού μας προϊόντος και μόνο το 18% των αναγκών των Ελλήνων σε πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης (Περδικάρης και συν. 2006).

Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, το 2002 λειτουργούσαν 1.117 μονάδες υδατοκαλλιέργειας με συνολική παραγωγή 100.570 τόνους/έτος. Από τις μονάδες αυτές οι 121 αφορούν καλλιέργεια ψαριών σε γλυκά νερά, ενώ οι υπόλοιπες αφορούν θαλάσσιες καλλιέργειες (308 μονάδες εκτροφής ψαριών, 39 ιχθυογεννητικοί σταθμοί και 574 μονάδες οστρακοκαλλιέργειας). Επίσης, λειτουργούσαν 72 μονάδες που εκμεταλλεύονται τις λιμνοθάλασσες, με ετήσια παραγωγή 1.300 τόνους. Συνολικά το 2002 απασχολούνταν 7.004 άτομα (5.330 σε θαλάσσιες καλλιέργειες, 1.174 σε λιμνοθάλασσες και γλυκά νερά και 500 άτομα στην αλιεία εσωτερικών υδάτων).

Στον τομέα των θαλάσσιων ιχθυοκαλλιεργειών από τους εργαζομένους, σημαντικό ποσοστό αποτελούν οι γυναίκες, των οποίων η απασχόληση εντοπίζεται κύρια σε συσκευαστήρια, δευτερευόντως σε ιχθυογεννητικούς σταθμούς, ενώ κατά πολύ μικρότερη είναι η παρουσία τους στις μονάδες πάχυνσης (Αναγνώπουλος 2004).

1.2.1. Επίδραση Υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον

Τα τελευταία χρόνια, η ανάγκη για ικανοποίηση των διατροφικών αναγκών σε παγκόσμιο επίπεδο όσο αφορά τη πρωτεΐνη είχε σαν αποτέλεσμα τη ραγδαία ανάπτυξη του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών. Η αλματώδης αυτή ανάπτυξη, εκτός από τα πλεονεκτήματα (κάλυψη διατροφικών αναγκών), τα έσοδα και τα κέρδη που

επιφέρει στους παραγωγούς, συνοδεύεται και από ένα μεγάλο αριθμό αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον (Tovar et al. 2000).

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που προκαλούν οι υδατοκαλλιέργειες είναι το φαινόμενο της αυτορύπανσης που προκαλείται από τα προϊόντα του μεταβολισμού των εκτρεφόμενων ειδών και τα υπολείμματα της προσφερόμενης τροφής τους, που καθιζάνουν αναλλοίωτα στο θαλάσσιο πυθμένα σε συνάρτηση με το υδρολογικό καθεστώς της περιοχής, τη μορφολογία της υδάτινης περιοχής, γεωλογία, χρήση γης και τη βροχόπτωση . Βέβαια, το θετικό στοιχείο σε αυτή την περίπτωση είναι ότι τα προϊόντα είναι βιολογικής προέλευσης και άρα φιλικά προς το θαλάσσιο περιβάλλον. Από την άλλη όμως, κατά την αποικοδόμησή τους χρειάζονται οξυγόνο, το οποίο δεσμεύουν από το υδάτινο περιβάλλον προκαλώντας έτσι τη μείωση του σ' αυτό. Ταυτόχρονα, σε πολλές περιπτώσεις αυξάνουν υπέρμετρα τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών της θαλάσσιας περιοχής εγκατάστασής τους, από τα οργανικά και ανόργανα συστατικά που προέρχονται από τα αποβαλλόμενα προϊόντα του μεταβολισμού τους, τα νεκρά κελύφη των οστρακοειδών και τα υπολείμματα της προσφερόμενης τροφής στα ψάρια (Κλαουδάτος 2005).

Επίσης, τα υπολείμματα τα οποία καθιζάνουν στο βυθό από τη χορηγούμενη τροφή στους εκτρεφόμενους οργανισμούς έχουν σαν αποτέλεσμα να παρατηρούνται αλλαγές στη δομή και τη βιοποικιλότητα των βενθικών κοινοτήτων. Αυτό παρατηρείται εξαιτίας της ικανότητας ορισμένων βενθικών οργανισμών να προσαρμόζονται καλύτερα στα επιβαρυνόμενα αυτά περιβάλλοντα, να εκμεταλλεύονται και να αξιοποιούν καλύτερα τα θρεπτικά συστατικά με αποτέλεσμα να κυριαρχούν έναντι κάποιων άλλων (Stenton et al. 1999; Mazzola et al. 2000).

Ένα ακόμη σημαντικό πρόβλημα το οποίο προκαλείται εξαιτίας της λειτουργίας των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων είναι και ο ευτροφισμός. Ο ευτροφισμός είναι αποτέλεσμα των αυξημένων συγκεντρώσεων των διαλυμένων θρεπτικών συστατικών στην υδάτινη στήλη. Στην αύξηση αυτή συμβάλλει και η προσφερόμενη τροφή η οποία δεν καταναλώνεται από τους εκτρεφόμενους οργανισμούς καθώς και τα προϊόντα μεταβολισμού αυτών. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι να παρατηρείται υπέρμετρη αύξηση των συγκεντρώσεων σε νιτρικά και φωσφορικά ιόντα (Jahncke et al. 2002). Αυτό έχει σαν συνέπεια την υπέρμετρη αύξηση του φυτοπλαγκτού και του ζωοπλαγκτού, γεγονός που προκαλεί αυξημένη θολερότητα στην υδάτινη στήλη. Η θολερότητα αυτή μειώνει τα ποσοστά της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει μέσα στην υδάτινη στήλη με αποτέλεσμα οι φυτοβενθικοί οργανισμοί να μην μπορούν πλέον να φωτοσυνθέσουν και να πεθαίνουν. Επίσης, η υπέρμετρη αύξηση του φυτοπλαγκτού και του ζωοπλαγκτού έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στην υδάτινη στήλη. Αυτό δημιουργεί προβλήματα στην παραγωγικότητα του οικοσυστήματος ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει και στο θάνατο των εκτρεφόμενων οργανισμών από ασφυξία (Talbot & Hole 1994).

Η χρήση αντιβιοτικών από τους παραγωγούς αποτελεί επίσης μία ακόμη μορφή οικολογικής ρύπανσης. Τα αντιβιοτικά εισέρχονται στο θαλάσσιο περιβάλλον και η επαναλαμβανόμενη χρήση τους οδηγεί σε ανθεκτικότερα παθογόνα βακτήρια τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να προσβάλουν τους άγριους πληθυσμούς (Kümmerer 2009). Επίσης, στην περίπτωση που οι άγριοι αυτοί πληθυσμοί αλιευτούν, ενώ προηγουμένως είχαν τραφεί με υπολείμματα τροφών που χορηγήθηκαν και περιείχαν ποσότητες αντιβιοτικού, τότε οι ποσότητες αυτές μπορεί να εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό. Τέλος, η χρήση αντιβιοτικών μπορεί να

προκαλέσει και το θάνατο βακτηρίων, τα οποία είναι απαραίτητα για την αποσύνθεση της οργανικής ύλης (Costanzo et al. 2005). Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια η χρήση των αντιβιοτικών έχει μειωθεί με αποτέλεσμα τα φαινόμενα αυτά να μην παρατηρούνται σε τόσο ευρεία κλίμακα.

Η επιλογή για εκτροφή ενός μη ενδημικού είδους αποτελεί μία ακόμη οικολογική επίπτωση (οικολογική ρύπανση) που μπορεί να προκληθεί από τις υδατοκαλλιέργειες. Το πρόβλημα στην περίπτωση αυτή παρουσιάζεται όταν το εκτρεφόμενο είδος διαφύγει από το χώρο εκτροφής προς την ανοιχτή θάλασσα και κυριαρχήσει έναντι άλλων ειδών με αποτέλεσμα οι πληθυσμοί των άγριων ειδών να μειωθούν (Κλαουδάτος 2005).

Κριτική επίσης ασκείται και για την προέλευση των τροφών οι οποίες χορηγούνται στους εκτρεφόμενους οργανισμούς. Η χρήση επομένως μεγάλων ποσοτήτων άγριων πληθυσμών για την παραγωγή ιχθυαλεύρου και ιχθυέλαιου αποτελεί αντικείμενο έντονου σχολιασμού. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η αλιεία των άγριων ψαριών πραγματοποιείται σε υποβαθμισμένες χώρες και έχουν σαν αποτέλεσμα να μειώνεται το πληθυσμιακό μέγεθος των περιοχών αλιείας. Επίσης, οι ποσότητες των άγριων ψαριών που προορίζονται για τη υδατοκαλλιέργεια θα μπορούσαν να καλύψουν τις διατροφικές απαιτήσεις χωρών με χαμηλό βιοτικό επίπεδο (Naylor et al. 2000). Παρόλα' αυτά, καθώς οι τεχνικές εκτροφής συνεχώς βελτιώνονται και εξελίσσονται, καθώς επίσης και η ποιότητα των χορηγούμενων τροφών, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας (FCR) της χορηγούμενης τροφής σήμερα εμφανίζει αναλογία 1:1 (Mente et al. 2006).

1.3. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρατίθεται η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας όσον αφορά την επίδραση των ιχθυοκαλλιεργειών στο περιβάλλον και ειδικότερα την επίδραση που έχουν στους βενθικούς οργανισμούς. Οι έρευνες για τις ιχθυοκαλλιέργειες στην περιοχή της Μεσογείου είναι σχετικά πρόσφατες, με αποτέλεσμα η βιβλιογραφία να μην είναι τόσο εκτενής όσο σε άλλες περιοχές.

Όπως έχει προαναφερθεί, οι ιχθυοκαλλιέργειες δημιουργούν αρκετά προβλήματα τόσο στη σύνθεση όσο και στη δομή των βενθικών κοινωνιών. Βέβαια και η ίδια η χημική σύσταση του ιζήματος επηρεάζει άμεσα τη σύνθεση της μακροζωοβενθικής κοινότητας, γεγονός που έχει ερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό αφού το μακροζωοβένθος θεωρείται ένας από τους πιο ευαίσθητους δείκτες των περιβαλλοντικών αλλαγών (Νεοφύτου 2007). Η επίδρασή του στη σύνθεση του μακροζωοβένθους παρουσιάζει διαφοροποιήσεις όσον αφορά τη χωρική έκταση της επίδρασης. Αυτή εξαρτάται από τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού, τη συγκέντρωση των θρεπτικών αλάτων, το βάθος, τη ρευμάτωση, την κοκκομετρική και χημική σύσταση του ιζήματος (Karakassis et al. 2000). Σε παγκόσμια κλίμακα, οι μελέτες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν επικεντρώνονται κυρίως στα προϊόντα του μεταβολισμού των εκτρεφόμενων οργανισμών που αποβάλλονται στο θαλάσσιο περιβάλλον και των υπολειμμάτων της προσφερόμενης τροφής τα οποία καθιζάνουν στον πυθμένα αναλλοίωτα με αποτέλεσμα να δημιουργούν ανοξικό περιβάλλον. (Brown et al. 1987: Iwama 1991: Wu et al. 1994: Beardmore et al. 1997: Drake & Arias 1997: Hargrave et al. 1997: Angel et al. 2000: Fernandes et al. 2001: Hansen et al. 2001: Pohle et al. 2001: Crawford et al. 2003: Frankic & Hershner 2003).

Οι έρευνες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν για την επίδραση των υδατοκαλλιεργειών στη σύνθεση των βενθικών κοινωνιών στον Ελλαδικό χώρο,

επικεντρώνονται κυρίως σε μετρήσεις που αφορούν σε μεταβολές της αφθονίας της δομής των βιοκοινωνιών εξαιτίας της ρύπανσης που υφίσταται η υδάτινη στήλη και ο πυθμένας από τα αδιάλυτα υπολείμματα τροφής και τα προϊόντα μεταβολισμού. (Karakassis et al. 1998: Karakassis et al. 1999: Karakassis et al. 2000: Machias et al. 2004: Kalantzi & Karakassis 2006).

Τέλος, έρευνες όσον αφορά την επίδραση της βιολογικής και συμβατικής εκτροφής στις βενθικές κοινωνίες δεν έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα εξαιτίας του γεγονότος ότι η βιολογική μέθοδος εκτροφής εμφανίστηκε τα τελευταία χρόνια. Παρόλα' αυτά, προκειμένου ένα προϊόν να μπορεί να χαρακτηριστεί ως "βιολογικό" πρέπει να είναι σύμφωνο με τις διατάξεις της οδηγίας 2009/710/EK .

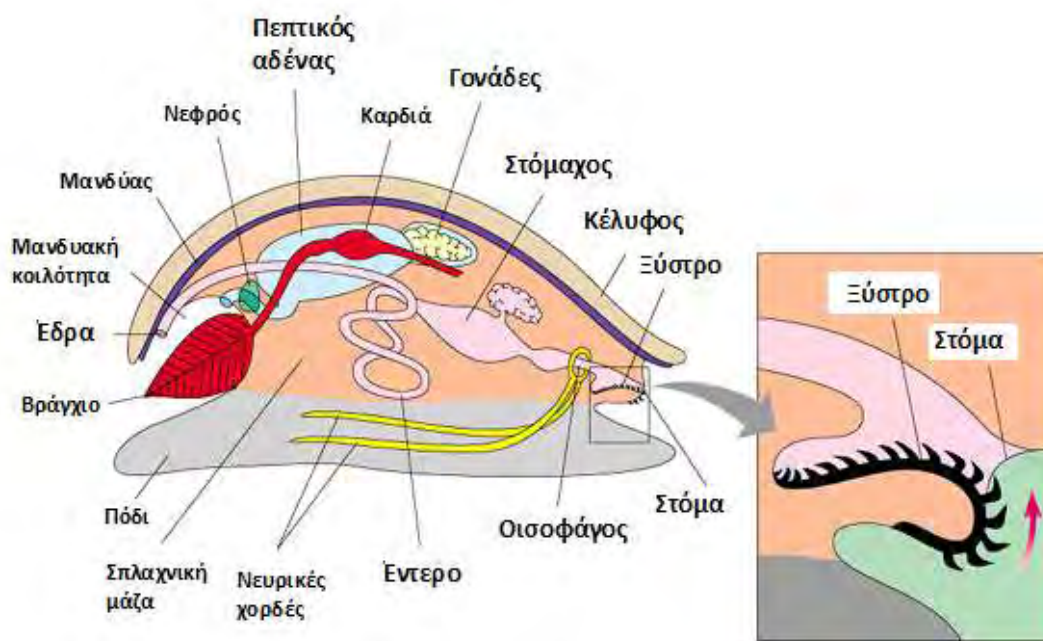
1.4. Βενθική Μαλακοπανίδα

1.4.1. Μαλάκια

Τα θαλάσσια σαλιγκάρια, τα μύδια, τα χταπόδια και άλλα γνωστά ζώα κατατάσσονται στο φύλο Μαλάκια (Mollusca). Τα μαλάκια εμφανίζονται στο θαλάσσιο περιβάλλον με αριθμούς ειδών πολύ μεγαλύτερους από κάθε άλλη ομάδα. Ακόμα και αν δεν συμπεριληφθούν τα είδη της ξηράς και του γλυκού νερού, τα 110.000 είδη μαλακίων ξεπερνιούνται σε αριθμό μόνο από τα αρθρόποδα, που είναι και το μεγαλύτερο φύλο ζώων (Jurd 2004).

Τα μαλάκια έχουν ένα μαλακό σώμα που προστατεύεται από ένα όστρακο από ανθρακικό ασβέστιο. Το σώμα τους καλύπτεται από το μανδύα, ένα λεπτό στρώμα ιστού που εκκρίνει το όστρακο (Εικ 4). Το κοιλιακό μυώδες πόδι χρησιμοποιείται για διεκπεραίωση των μετακινήσεων. Τα περισσότερα μαλάκια έχουν ένα καλά αναπτυγμένο κεφάλι, που περιλαμβάνει τα μάτια καθώς και άλλα αισθητήρια όργανα. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους είναι το ξύστρο, μία σειρά από μικρά δόντια, το οποίο χρησιμεύει στην απόξεση της τροφής από τις διάφορες επιφάνειες. Αποτελείται

κυρίως από χιτίνη. Τέλος, η ανταλλαγή αερίων πραγματοποιείται από τα ζεύγη βραγχίων (Jurd 2004).



Εικόνα 4: Μορφολογικά χαρακτηριστικά του φύλου Mollusca (www.bio.miami.edu.com).

1.4.1.1 Κλάση Γαστερόποδα

Με βάση τη συστηματική κατάταξή τους τα γαστερόποδα ανήκουν στο ζωικό βασίλειο, στο φύλο των μαλακίων και στη κλάση των γαστεροπόδων.

Τα γαστερόποδα είναι η μεγαλύτερη, πιο κοινή και ποικιλόμορφη ομάδα μαλακίων. Υπάρχουν περίπου 90.000 είδη με τα πιο πολλά να είναι θαλάσσια. Είναι συνήθως νωθρά, εδραία ζώα, καθώς τα περισσότερα έχουν βαριά όστρακα με αποτέλεσμα η μετακίνησή τους να πραγματοποιείται σε πολύ αργούς ρυθμούς (Hickman et al. 2001).

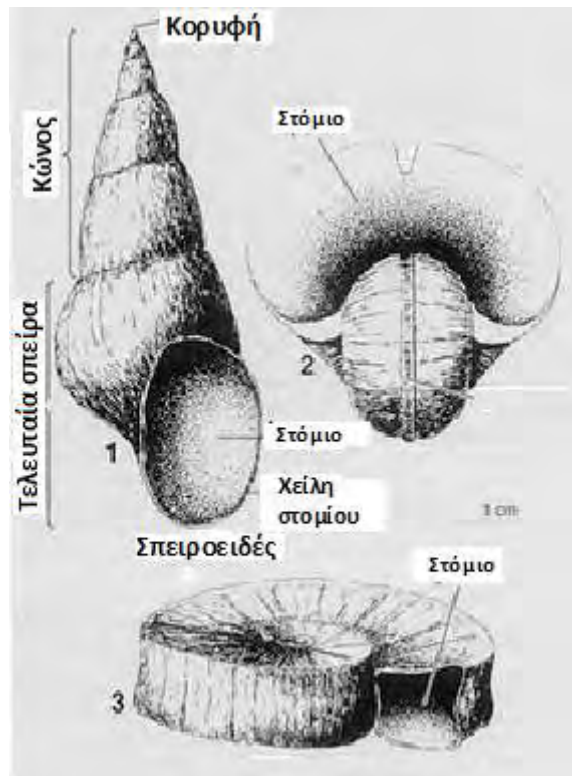
Το όστρακο, όταν υπάρχει, αποτελείται πάντα από ένα τμήμα (μονόθυρο) και μπορεί να είναι περιελιγμένο ή όχι. Αρχίζοντας από την κορυφή που περιλαμβάνει την παλαιότερη και μικρότερη σπείρα, οι σπείρες γίνονται διαδοχικά μεγαλύτερες και

περιελίσσονται γύρω από έναν κεντρικό άξονα ή στυλίσκο. Το όστρακο μπορεί να είναι δεξιόστροφο ή αριστερόστροφο, ανάλογα με τη φορά της περιέλιξης. Τα δεξιόστροφα είναι πολύ πιο συνηθισμένα σε σχέση με τα αριστερόστροφα. Η φορά της περιέλιξης καθορίζεται γενετικά (Εικ. 5) (Hickman et al. 2001).

Μερικά είναι εξειδικευμένα στο σκαρφάλωμα, στο κολύμπι ή στη διείσδυση. Ένα τυπικό γαστερόποδο έχει ένα περιελιγμένο σώμα το οποίο είναι κλεισμένο μέσα σε ένα ραχιαίο όστρακο. Τα όστρακα αποτελούν την κύρια άμυνα τους, αν και προστατεύονται επίσης από το χρώμα και τη συνήθεια τους να κρύβονται (Hickman et al. 2001).

Τα περισσότερα γαστερόποδα χρησιμοποιούν το ζύστρο τους για την απόξεση φυκών από τους βράχους, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση της λιτορίνας (*Littorina*), των πεταλίδων (*Megathura crenulata*) και των αυτιών της θάλασσας (*Haliotis rufescens*). Μερικά, όπως τα σαλιγκάρια της λάσπης (*Hydrobia*) είναι ιζηματοφάγα σε κινητά υποστρώματα. Τα βούκινα (*Buccinum*, *Busycon*), οι στρόμποι (*Murex*, *Urosalpinx*) και οι κώνοι (*Conus*) είναι σαρκοφάγα. Αυτά τα γαστερόποδα είναι εξειδικευμένα στη διατροφή με μύδια, στρείδια ακόμη και με μικρά ψάρια (Κούκουρας & Βουλτσιάδου 1999).

Το εύρος των ενδιαιτημάτων των γαστερόποδων είναι μεγάλο. Στη θάλασσα, τα γαστερόποδα παρατηρούνται τόσο στις παράκτιες περιοχές όσο και σε μεγάλα βάθη, ενώ μερικά είναι ακόμη και πελαγικά. Παράλληλα, μερικά είναι προσαρμοσμένα σε υφάλμυρα νερά ενώ άλλα σε γλυκά νερά. Επίσης, παρουσιάζουν ευρεία γεωγραφική εξάπλωση και μερικά μάλιστα έχουν εντοπιστεί σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, ακόμη και σε πολικές περιοχές (Hickman et al. 2001).



Εικόνα 5: Μορφολογία οστράκου γαστερόποδων (www.ocean.odu.edu.com).

1.4.1.2. Κλάση Δίθυρα

Με βάση τη συστηματική κατάταξη τους τα γαστερόποδα ανήκουν στο ζωικό βασίλειο, στο φύλο των μαλακίων και στη κλάση των γαστεροπόδων.

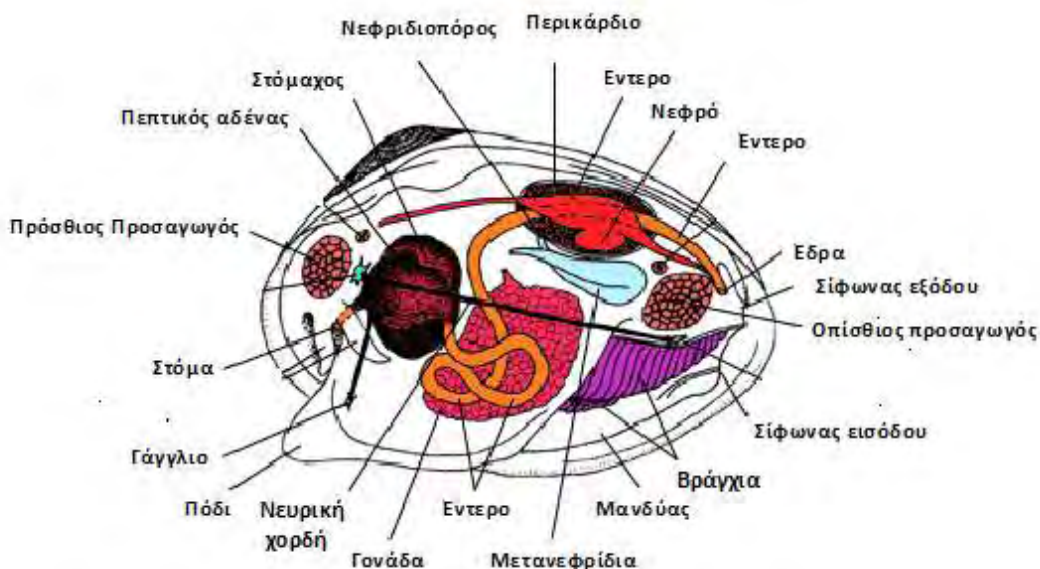
Τα δίθυρα είναι γνωστά και ως πελεκύποδα (πέλεκυς + πόδι). Είναι μαλάκια με δύο θύρες και σε αυτά περιλαμβάνονται τα μύδια, τα στρείδια, οι αχιβάδες, τα κτένια, οι πίννες, τα κυδώνια και άλλα. Το μέγεθος τους κυμαίνονται από πολύ μικρά, με μήκος 1 – 2 mm, μέχρι τα γιγαντιαία *Tridanca* του νότιου Ειρηνικού, που μπορεί να φθάσουν σε μήκος το 1 m και σε βάρος τα 225 Kg. Τα δίθυρα έχουν τη βασική δομή του σώματος των μαλακίων η οποία όμως είναι τροποποιημένη. Τα περισσότερα είναι εδραίοι διηθητές, όπου η πρόσληψη της τροφής τους εξαρτάται από τα ρεύματα νερού που προκαλούν οι βλεφαρίδες των βραγχίων. Σε αντίθεση με τα γαστερόποδα, δεν έχουν κεφάλι, ούτε ξύστρο και η κεφαλοποίηση είναι πολύ

μικρή. Τα περισσότερα δίθυρα είναι θαλάσσια αλλά και πολλά ζουν σε υφάλμυρα νερά και σε ρυάκια, νερόλακκους και λίμνες (Clarkson 1998).

Τα δίθυρα είναι πλευρικά πεπιεσμένα με τις θυρίδες να συγκρατούνται μεταξύ τους με έναν ελαστικό σύνδεσμο που ο βασικός του ρόλος είναι να προκαλεί το άνοιγμα των θυρίδων. Οι θυρίδες κλείνουν με τη βοήθεια προσαγωγών μυών που δρουν ανταγωνιστικά προς τον ελαστικό σύνδεσμο. Το ύβωμα αποτελεί το παλαιότερο μέρος του οστράκου και η αύξηση συντελείται σε συγκεντρικούς κύκλους γύρω από αυτό (Εικ.6). Η σπλαχνική μάζα αιωρείται από την κεντρική ραχιαία γραμμή, ενώ το μυώδες πόδι προσφύεται στη σπλαχνική μάζα προσθιοκοιλιακά. Τα κτενίδια κρέμονται προς τα κάτω στις δύο πλευρές, καλυπτόμενα από μια πτυχή του μανδύα το καθένα. Σε μερικά θαλάσσια δίθυρα ο μανδύας προεκτείνεται σε δύο μυώδεις σίφωνες που επιτρέπουν στα δίθυρα να διεισδύουν στη λάσπη ή στην άμμο (Hickman et al. 2001).

Τα δίθυρα κινούνται προβάλλοντας ένα λεπτό και μυώδες πόδι ανάμεσα στις θύρες. Το πόδι διογκώνεται από το αίμα που αντλείται μέσα σε αυτό και λειτουργεί σαν άγκυρα στη λάσπη ή την άμμο. Ακολουθώς, οι επιμήκεις μύες συσπώνται, για να βραχύνουν το πόδι και να τραβήξουν το ζώο προς τα εμπρός (Gibson et al. 2005).

Τέλος, η ανταλλαγή των αερίων πραγματοποιείται τόσο μέσω του μανδύα όσο και μέσω των βραγχίων. Τα βράγχια βέβαια των περισσότερων δίθυρων είναι πολύ διαφοροποιημένα για την πρόσληψη της τροφής μέσω διήθησης (Gibson et al. 2005).



Εικόνα 6: Μορφολογία δίδυρων (www.ucmp.berkeley.edu.com).

1.5. Σκοπός έρευνας

Η βιολογική εκτροφή στον κλάδο των ιχθυοκαλλιεργειών αποτελεί μια νέα μέθοδο η οποία δημιουργήθηκε από την ανάγκη και τις απαιτήσεις των καταναλωτών για ψάρια των οποίων η διατροφή τους είναι ποιοτικά βελτιωμένη, καθώς τα "βιολογικά" προϊόντα είναι πιο θρεπτικά, έχουν χαμηλά ποσοστά λιπαρών και είναι απαλλαγμένα από χημικά συστατικά. Η οδηγία 2009/710/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου προβλέπει τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων για τη βιολογική παραγωγή ζώων υδατοκαλλιέργειας και φυκιών. Σε αυτήν αναφέρεται μεταξύ άλλων ότι η υδάτινη περιοχή εκτροφής βιολογικών φυκιών και ζώων υδατοκαλλιέργειας είναι πολύ σημαντική για την παραγωγή ασφαλών και ταυτόχρονα, υψηλής ποιότητας προϊόντων με ελάχιστες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον. Παρ' όλα αυτά, το σχετικά μικρό χρονικό διάστημα που δραστηριοποιείται η βιολογική υδατοκαλλιέργεια δεν έχει δώσει τη δυνατότητα πραγματοποίησης ενδεδειγμένης έρευνας όσον αφορά τις ακριβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, σε αντίθεση με τη

συμβατική υδατοκαλλιέργεια η οποία έχει μελετηθεί για πολλές δεκαετίες. Στον τομέα αυτό λοιπόν χρειάζεται περαιτέρω έρευνα.

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η συλλογή δειγμάτων βενθικής μαλακοπανίδας με **σκοπό** την έρευνα της επίδρασης της συμβατικής και της βιολογικής υδατοκαλλιέργειας στη βενθική μαλακοπανίδα της περιοχής.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού πραγματοποιήθηκε:

- Εποχική συλλογή δειγμάτων ιζήματος
- Κοκκομετρική ανάλυση
- Διαχωρισμός και ταξινόμηση των οργανισμών της μαλακοπανίδας
- Εκτίμηση της ποικιλότητας των ειδών με δείκτες

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Γενικά

Στη μονάδα εκτροφής τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*), ΜΠΙΤΣΑΚΟΣ, Γ. κ Π., ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Α.Ε στην περιοχή της Λάρυμνας του Νομού Φθιώτιδας, πραγματοποιήθηκε από το Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος μια πειραματική προσπάθεια βιολογικής εκτροφής τσιπούρας με σκοπό την εξαγωγή ορισμένων κριτηρίων και προδιαγραφών σε σχέση με τη βιολογική υδατοκαλλιέργεια. Το ερευνητικό πρόγραμμα με τίτλο «Οργανική και βιολογική υδατοκαλλιέργειας τσιπούρας: πρότυπο πειραματικό έργο εκτροφής και παραγωγής» το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων σε συγχρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Μεντέ 2008). Ένα τμήμα της παραπάνω έρευνας αποτέλεσε και η έρευνα της επίδρασης της συμβατικής και της βιολογικής υδατοκαλλιέργειας στη βενθική μαλακοπανίδα της περιοχής, τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται εδώ.

Ο κόλπος της Λάρυμνας, αποτελεί μέρος του ευρύτερου Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου ο οποίος συγκεντρώνει μεγάλο αριθμό ανθρώπινων δραστηριοτήτων, τόσο στο θαλάσσιο περιβάλλον (υδατοκαλλιέργειες και αλιεία), όσο και στο χερσαίο περιβάλλον (γεωργικές καλλιέργειες, ξενοδοχειακές μονάδες, βιομηχανίες).

Η συγκεκριμένη μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας, δραστηριοποιείται στην περιοχή του κόλπου Λάρυμνας σε θαλάσσια έκταση 20 στρεμμάτων, με δυνατότητα παραγωγής 230 τόνων ετησίως. Οι ιχθυοκλωβοί στους οποίους είχε πραγματοποιηθεί η εκτροφή της βιολογικής τσιπούρας ήταν τετράγωνου σχήματος με διαστάσεις 7×7×7 m (Εικ. 7 και 8). Τα δίχτυα τα οποία είχαν χρησιμοποιηθεί ήταν φτιαγμένα

από νάιλον ή μετάξι, χωρίς κόμπους και με άνοιγμα οφθαλμών 4-6 mm για γόνο 2-10 g και 10-14 mm για γόνο μεγαλύτερο των 10 g. Το βάθος των διχτυών ήταν 7 m ενώ για την προστασία των εκτρεφόμενων βιολογικών ψαριών χρησιμοποιήθηκαν δίχτυα προστασίας, τα οποία κάλυπταν τους κλωβούς (Στρατάκος 2009).



Εικόνα 7 & 8: Ιχθυοκλωβοί εκτροφής που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική προσπάθεια βιολογικής εκτροφής τσιπούρας (*Sparus aurata*) (Πηγή: Στρατάκος 2009).

Το βάθος της υδάτινης στήλης στην περιοχή διεξαγωγής της πειραματικής εκτροφής της βιολογικής τσιπούρας ήταν 30 m και η πυκνότητα των εκτρεφόμενων ατόμων στους ιχθυοκλωβούς ήταν 4 Kg/m^3 . Η μέση τιμή της αλατότητας του κόλπου ήταν ίση με 36 psu. Παράλληλα, η θερμοκρασία νερού το Μάρτιο ήταν 13°C και τον Αύγουστο ήταν 26°C . Επίσης, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου καθώς και η ενεργός οξύτητα (pH) το Μάρτιο ήταν $9,33 \pm 0,11$ και $8,00 \pm 0,10 \text{ mg/l}$ αντίστοιχα. Τον Αύγουστο οι αντίστοιχες τιμές ήταν $8,13 \pm 0,23$ και $8,13 \pm 0,10 \text{ mg/l}$ (Στρατάκος 2009).

2.2. Σταθμοί δειγματοληψίας

Για την πραγματοποίηση της έρευνας επιλέχθηκαν τρεις σταθμοί. Ο πρώτος δειγματοληπτικός σταθμός βρισκόταν στο κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών

της συμβατικής εκτροφής (S1), ο δεύτερος στο κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών της βιολογικής εκτροφής (S2) και ο τρίτος (S3) σε απόσταση 500 m από τους υπόλοιπους δύο. Οι δύο πρώτοι σταθμοί είχαν μία απόσταση μεταξύ τους περίπου 100 m. Η απόσταση που είχαν οι κλωβοί μεταξύ τους, στόχο είχε να μειώσει τις πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους, καθώς οι περιβαλλοντικές επιδράσεις εμφανίζονται σε απόσταση 20-30 m από τους κλωβούς εκτροφής (Karakassis et al. 2000). Οι τρεις αυτοί σταθμοί ονομάστηκαν S1, S2, και S3, αντίστοιχα. Επιπλέον, οι σταθμοί S1 και S2 ήταν οι κύριοι σταθμοί μετρήσεων της κάθε εκτροφής (συμβατικής και βιολογικής), ενώ ο S3 ήταν ο σταθμός μάρτυρας.

2.3. Κοκκομετρική ανάλυση

Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας του καλοκαιριού συλλέχθηκαν δείγματα ιζήματος 50 g το καθένα με τη βοήθεια δειγματολήπτη τύπου Van Veen από κάθε σταθμό, για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής τους σύστασης (σύνολο 3 δείγματα). Τα δείγματα αυτά τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία και στη συνέχεια καταψύχτηκαν στους $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ μέχρι την ανάλυσή τους στο εργαστήριο. Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο Βουγιούκου (Μήτσιος 1999).

2.4. Βενθική Μαλακοπανίδα

Για τη μελέτη της βενθικής μαλακοπανίδας συλλέχθηκαν την Άνοιξη και το Καλοκαίρι 2008, από κάθε σταθμό τρεις επαναλήψεις ($2 \times 3 \times 3$: σύνολο 18 δείγματα) με δειγματολήπτη τύπου Van Veen (επιφάνειας $0,25\text{ m}^2$). Τα δείγματα ξεπλύθηκαν με θαλασσινό νερό δια μέσου μεταλλικών κοσκίων διαμέτρου 0,5 mm και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία τα οποία περιείχαν διάλυμα

φορμαλδεΐδης συγκέντρωσης 10%. Ακολούθως, τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο προκειμένου οι οργανισμοί να διαχωριστούν και να ταξινομηθούν. Στη συνέχεια στο σύνολο των δίθυρων και γαστερόποδων έγινε προσδιορισμός των οργανισμών στο δυνατότερο δυνατό taxa με τη βοήθεια οπτικού στερεοσκοπίου (Nikon SMZ-1) (Εικ. 9). Η αναγνώριση των οργανισμών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ταξινομικών κλειδών (D'Angelo & Gargiullo 1978, www.nmr-pics.nl.com).



Εικόνα 9: Οπτικό στερεοσκόπιο που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της βενθικής μαλακοπανίδας (Προσωπικό αρχείο).

Για την εκτίμηση της ποικιλότητας των ειδών χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω δείκτες:

α) Δείκτης γενικής ποικιλότητας (Shannon & Wiener 1949)

Είναι ένας δείκτης ο οποίος χρησιμοποιείται ευρέως για να συγκριθεί η δομή και η ποικιλότητα μια κοινότητας οργανισμών. Παράλληλα ο δείκτης πρέπει να εφαρμόζεται σε τυχαία δείγματα με τον αριθμό των ειδών να είναι γνωστός (Graca et al. 2007). Επίσης, ο δείκτης επηρεάζεται όχι μόνο από τον αριθμό των ειδών αλλά και από το πόσο ομοιόμορφα είναι κατανομημένα τα άτομα στα είδη (Sanders 1968).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_e \cdot p_i$$

Όπου:

H' = Η τιμή του δείκτη ποικιλότητας SW

P_i = Αναλογία του i είδους

$\log_e \cdot p_i$ = Φυσικός λογάριθμος του p_i

S = αριθμός των ειδών μέσα στη κοινότητα

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Όπου:

n_i = ο αριθμός των ατόμων του είδους

N = ο συνολικός αριθμός των ατόμων όλων των ειδών

β) Δείκτης ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (Pielou 1969)

Εκφράζει την ισοκατανομή των ατόμων κάθε είδους στο σύνολο. Τα δείγματα των περιοχών θεωρούνται ότι έχουν υψηλή ποικιλότητα εάν τα άτομα κάθε είδους κατανέμονται ομοιόμορφα

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Όπου:

H'_{max} = μέγιστη ποικιλότητα και εκφράζει τη μεγαλύτερη ποικιλότητα που δύναται να προκύψει από ένα δεδομένο αριθμό ειδών

H' = Η αφθονία της ποικιλότητας η οποία έχει υπολογιστεί από το δείκτη Shannon-Wiener 1949.

Ο δείκτης J' παίρνει τιμές από 0-1 (Η τιμή 1 σημαίνει ότι όλα τα είδη παρουσιάζουν την ίδια αφθονία) (<http://users.uoa.gr>).

γ) Δείκτης αφθονίας των ειδών (Margalef 1957)

Ο δείκτης αυτός εκτιμά την αφθονία των ειδών, και επηρεάζεται από την αναλογία του μεγέθους του δείγματος (Gamito 2010). Επίσης, χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η επίδραση του αριθμού των ειδών στις τιμές της ποικιλότητας (Νεοφύτου 2007).

$$d = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Όπου:

S= ο αριθμός των ειδών στο δείγμα

N= ο αριθμός των ατόμων στο δείγμα

Για να μειωθούν όσο γίνεται οι λανθασμένες εντυπώσεις που θα μπορούσαν να δημιουργηθούν από τις μεγάλες διαφορές της αφθονίας μεταξύ των κυρίαρχων και των σπάνιων ειδών, έγινε μετατροπή των τιμών της αφθονίας με τη βοήθεια της τετραγωνικής ρίζας (Field et al. 1982). Ακολούθησε η απεικόνιση ομαδοποίηση και ιεράρχηση του βαθμού συγγένειας της βενθικής μαλακοπανίδας όλων των σταθμών με την κατασκευή δενδρογραμμάτων και διαγραμμάτων πολυδιάστατης διάταξης

(MDS) (Field et al. 1982), με τη βοήθεια του δείκτη ομοιότητας των Bray-Curtis (Bray & Curtis 1957). Τα MDS διαγράμματα χρησιμοποιήθηκαν για την διδιάστατη απεικόνιση των χωρικών και χρονικών διαφορών στη σύνθεση των ειδών στους σταθμούς που ερευνήθηκαν. Επίσης, κατασκευάστηκαν διαγράμματα αθροιστικής κυριαρχίας των ειδών (Dominance plot) σε σχέση με το είδος εκτροφής (συμβατική και βιολογική) και την εποχή δειγματοληψίας, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναφέρεται από τον Warwick (1986). Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν με τη βοήθεια του προγράμματος PRIMER

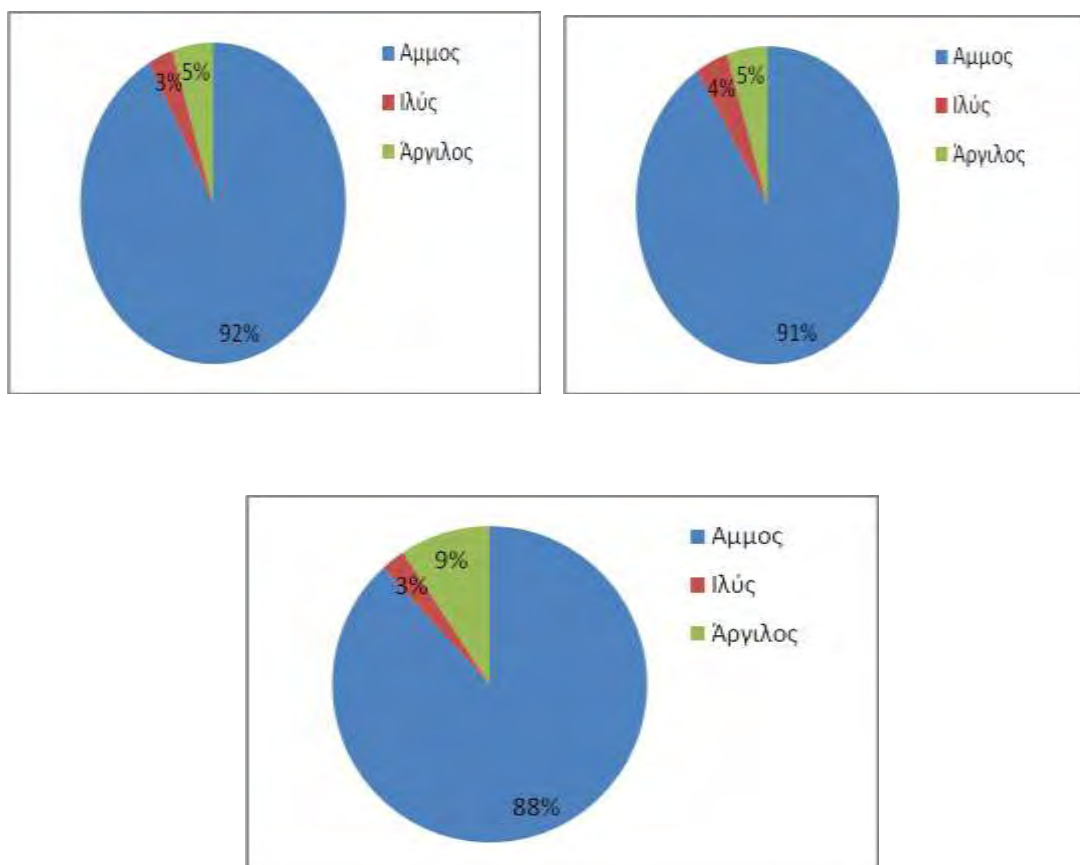
Για τη στατιστική επεξεργασία των διαφόρων χαρακτηριστικών της βενθικής μαλακοπανίδας μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών και για την εποχιακή σύγκριση αυτών σε κάθε σταθμό, χρησιμοποιήθηκε η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one way ANOVA). Για την εποχική σύγκριση των ίδιων χαρακτηριστικών μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών εφαρμόστηκε η πολυπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (two way ANOVA) (Zar 1984). Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος MINITAB.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Κοκκομετρική Ανάλυση

Η κοκκομετρική ανάλυση του ιζήματος έδειξε για το σταθμό S1 ότι η σύστασή του αποτελείται από 91,44% άμμο, 3,28% ιλύ και 5,28% άργιλο, για το σταθμό S2 από 91,28% άμμο, 3,44% ιλύ, και 5,28% άργιλο και για το σταθμό S3 από 88,16% άμμο, 2,56% ιλύ και 9,28% άργιλο (Σχ. 1).

Σύμφωνα με το διάγραμμα SHEPARD (Shepard 1954), η κατάταξη των ιζημάτων των τριών δειγματοληπτικών σταθμών του κόλπου της Λάρυμνας με βάση τη σχετική αναλογία των κλασμάτων άμμου, ιλύος και αργίλου, είναι «αμμώδες» για τους σταθμούς S1 και S2, και «πηλοαμμώδες» για το σταθμό S3.



Σχήμα 1: Κοκκομετρική σύσταση ιζήματος για τους σταθμούς S1, S2 και S3.

3.2. Βενθική Μαλακοπανίδα

Στον Πίνακα 1 αναφέρονται όλα τα είδη της βενθικής μαλακοπανίδας του ιζήματος που βρέθηκαν στους σταθμούς δειγματοληψίας με το ποσοστό εμφάνισης τους. Στον Πίνακα 2 δίνεται η εποχική διακύμανση των διαφόρων χαρακτηριστικών της βενθικής μαλακοπανίδας στους σταθμούς δειγματοληψίας. Στον Πίνακα 3 δίνεται ο μέσος όρος του ποσοστού εμφάνισης (%) της βενθικής μαλακοπανίδας, κατά φθίνουσα σειρά των ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας στο σύνολο των σταθμών και των εποχών.

Πίνακας 1: Είδη της βενθικής μαλακοπανίδας του ιζήματος που βρέθηκαν στους σταθμούς δειγματοληψίας της περιοχής έρευνας και ο μέσος όρος του ποσοστού εμφάνισης τους (Γ: Γαστερόποδα, Δ: Δίθυρα).

ΕΙΔΟΣ	ΚΛΑΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΜΦΑΝ. (%). m ⁻²
<i>Acanthocardia sp.</i> Lamarck, 1809	Δ	0,23
<i>Alvania cancellata</i> (da Costa, 1778)	Γ	0,23
<i>Alvania cimex</i> (Linneo, 1758)	Γ	2,01
<i>Alvania cimicoides</i> (Forbes, 1844)	Γ	0,18
<i>Alvania discors</i> (Allan, 1818)	Γ	0,41
<i>Alvania discors montagui</i> (Allan, 1818)	Γ	0,09
<i>Alvania hirta</i> (Monterosato, 1884)	Γ	1,51
<i>Alvania hispidula</i> (Monterosato, 1884)	Γ	0,05
<i>Alvania lineata</i> Riso, 1826	Γ	0,94
<i>Alvania mamillata</i> Riso, 1826	Γ	0,18

<i>Alvania reticulata</i> (Weinkauff, 1885)	Γ	0,50
<i>Alvania sardoa</i> (Weinkauff, 1885)	Γ	0,05
<i>Alvania sp.</i> Gray, 1847	Γ	0,82
<i>Alvania subcrenulata</i> (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus 1884)	Γ	0,09
<i>Anadara sp.</i> Lamarck, 1819	Δ	0,05
<i>Barleeia sp.</i> Gray, 1857	Γ	0,09
<i>Bela brachystoma</i> (Philippi, 1844)	Γ	0,05
<i>Bela costulata</i> (Philippi, 1844)	Γ	0,14
<i>Bela decussata</i> (Locard, 1892)	Γ	0,41
<i>Bela menkhorsti</i> van Aartsen, 1988	Γ	0,39
<i>Bittium lacteum</i> (Philippi, 1836)	Γ	1,56
<i>Bittium latreillii</i> (Payraudeau, 1826)	Γ	2,88
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	Γ	10,98
<i>Bittium reticulatum antonium</i> (da Costa, 1778)	Γ	2,84
<i>Bittium reticulatum latreillei</i> (da Costa, 1778)	Γ	1,56
<i>Bittium reticulatum reticulatum</i> (da Costa, 1778)	Γ	2,24
<i>Bittium sp.</i> Fleming, 1822	Γ	14,05
<i>Cerithiopsis sp.</i> Adams, A & Adams H. 1853	Γ	0,32
<i>Cerithiopsis diadema</i> Monterosato, 1874	Γ	1,46
<i>Cerithiopsis horrida</i> Monterosato, 1874	Γ	1,85
<i>Cerithiopsis jeffreysi</i> Watson, 1885	Γ	0,14
<i>Cerithiopsis minima</i> (Brusina, 1865)	Γ	2,70
<i>Cerithiopsis nana</i> Mayer-Eymar, 1898	Γ	2,61
<i>Cerithiopsis scalaris</i> Locard, 1892	Γ	0,18
<i>Cerithiopsis tubercularis</i> (Montagu, 1803)	Γ	0,05
<i>Chrisallida maiae</i> (Phillip, 1884)	Γ	0,55
<i>Chrisallida suturalis</i> (Phillip, 1884)	Γ	0,14
<i>Chrysallida doliolum</i> (Phillip, 1884)	Γ	0,14
<i>Chrysallida sp.</i> Gray, 1840	Γ	3,11
<i>Cingula sp.</i> Monterosato, 1878	Γ	6,04

<i>Clathromangelia granum</i> (Phillip, 1884)	Γ	0,18
<i>Conus sp.</i> Fleming, 1822	Γ	0,64
<i>Coralliophila sp.</i> Dunker, 1852	Γ	0,14
<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792)	Δ	0,46
<i>Crisilla semistriata</i> (Montagu, 1808)	Γ	0,59
<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	Γ	0,32
<i>Cythara attenuate</i> (Calcara, 1839)	Γ	0,09
<i>Cythara paciniana</i> (Calcara, 1839)	Γ	0,64
<i>Diplodonta rotundata</i> (Montagu, 1803)	Δ	0,59
<i>Diplodonta sp.</i> (Montagu, 1803)	Δ	0,14
<i>Dizonipsis coppolae</i> (Forbes, 1851)	Γ	0,59
<i>Engina bicolor</i> (Charpentier, 1835)	Γ	0,41
<i>Eulimella scillai</i> Scacchi, 1835	Γ	0,09
<i>Gibbula magus</i> (Linnaeus, 1758)	Γ	0,64
<i>Glycymeris sp.</i> Lischke, 1872	Δ	0,14
<i>Hinia limata</i> (Chemnitz, 1795)	Γ	0,64
<i>Homalopoma sp.</i> Linneo, 1758	Γ	0,64
<i>Hydrobia sp.</i> Troschel, 1857	Γ	0,69
<i>Jujubinus miliaris</i> (Brocchi, 1814)	Γ	0,18
<i>Leiostraca subulata</i> (Donovan, 1845)	Γ	0,18
<i>Lima sp.</i> Rafinesque, 1815	Δ	0,09
<i>Loripes lacteus</i> (Linneo, 1758)	Δ	0,55
<i>Lucinella divaricata</i> (Linneo, 1758)	Δ	0,96
<i>Loripes sp.</i> Fleming, 1828	Δ	0,18
<i>Lunatia catena</i> (da Costa, 1778)	Γ	0,27
<i>Mangelia barashi</i> (van Aartsen & Fehr-de Wal, 1978)	Γ	0,09
<i>Mangelia sp.</i> Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1883	Γ	0,23
<i>Massotia lactea</i> (Michaud, 1830)	Γ	0,05
<i>Mathilda sp.</i> Dall, 1889	Γ	2,10
<i>Monodonta sp.</i> (Born, 1780)	Γ	4,60

<i>Myrtea spinifera</i> (Montagu, 1803)	Δ	0,18
<i>Mysia undata</i> (Pennant, 1977)	Δ	0,05
<i>Mytilus edulis</i> Linneo, 1758	Δ	2,33
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	Δ	0,09
<i>Naytiopsis</i> sp. Lamarck, 1822	Γ	0,27
<i>Nucula</i> sp. Gray, 1824	Δ	0,18
<i>Odostomella bicincta</i> (Tiberi, 1868)	Γ	0,59
<i>Odostomia angusta</i> Jeffreys, 1867	Γ	0,27
<i>Peringia ulvae</i> (Pennant, 1777)	Γ	0,41
<i>Pirenella conica</i> (Blainville, 1829)	Γ	0,37
<i>Pirenella</i> sp. Adams, A & Adams H, 1854	Γ	0,05
<i>Pusillina marginata</i> (Michaud, 1832)	Γ	0,09
<i>Pusillina ratiada</i> (Philippi, 1836)	Γ	0,91
<i>Pusillina ratiada pulchella</i> (Loven, 1846)	Γ	0,37
<i>Pusilla semistriata</i> (D'Orbigny, 1842)	Γ	0,18
<i>Raphitoma</i> sp. Bellardi, 1847	Γ	0,05
<i>Retusa truncatula</i> (Bruguère, 1792)	Γ	0,18
<i>Rissoa monodonta</i> Philippi, 1836	Γ	0,18
<i>Rissoa variabilis</i> (Megerle von Mühlfeld, 1824)	Γ	0,32
<i>Rissoa ventricosa</i> Desmarest, 1814	Γ	0,27
<i>Rissoa venusta</i> Philippi, 1844	Γ	0,14
<i>Rissoina bruguieri</i> (Payraudeau, 1826)	Γ	1,10
<i>Scacchia ovata</i> Philippi, 1844	Δ	0,23
<i>Scrobicularia plana</i> (da Costa, 1778)	Δ	0,18
<i>Striarca lactea</i> (Linneo, 1758)	Δ	0,14
<i>Tenuiscalia munieri</i> (Berry, 1910)	Γ	1,14
<i>Triphora perversa</i> (Linneo, 1758)	Γ	0,46
<i>Truncatella subcylindrica</i> (Linneo, 1767)	Γ	0,14
<i>Turboella parva</i> (da Costa, 1779)	Γ	2,06
<i>Turboella radiata</i> (Montagu, 1803)	Γ	0,09

<i>Turboella scurra</i> (Gray, 1847)	Γ	0,32
<i>Turbonilla similis</i> (Linneo, 1758)	Γ	0,23
<i>Turbonilla edgari</i> (Melvill, 1896)	Γ	0,14
<i>Turbonilla lactea</i> (Linneo, 1758)	Γ	1,24
<i>Turbonilla rufa</i> (Philippi, 1836)	Γ	0,96
<i>Turbonilla sinuosa</i> (Jeffreys, 1884)	Γ	0,05
<i>Turris sp.</i> (Bivoma, 1838)	Γ	0,14
<i>Turritella triplicata</i> Brocchi, 1814	Γ	0,14

Πίνακας 2: Εποχική διακύμανση των διαφόρων χαρακτηριστικών της μαλακοπανίδας στους σταθμούς δειγματοληψίας (Μ.Ο.: Μέσος όρος, Τ.Α.: Τυπική απόκλιση).

Σταθμός δειγματοληψίας	Παράμετρος	Άνοιξη	Καλοκαίρι
S1	Αρ. Ειδών (S)		
	Ελαχ. – Μεγ.	33 – 41	18 – 23
	Μ.Ο. ± ΤΑ	34,60 ± 5,60	21,00 ± 2,60
	Αρ. Ατόμων (N)		
	Ελαχ. – Μεγ.	536 – 616	204 – 278
	Μ.Ο. ± ΤΑ	578,60 ± 40,26	252,60 ± 42,15
	Δείκτης ποικιλότητας (H')		
	Ελαχ. – Μεγ.	2,83 – 3,00	2,56 – 2,87
	Μ.Ο. ± ΤΑ	3,04 ± 0,23	2,74 ± 0,16
	Δείκτης ομοιομορφίας (J')		
	Ελαχ. – Μεγ.	0,83- 0,89	0,89 – 0,93
	Μ.Ο. ± ΤΑ	0,86 ± 0,02	0,902 ± 0,02

Σταθμός δειγματοληψίας	Παράμετρος	Άνοιξη	Καλοκαίρι
	Δείκτης αφθονίας των ειδών (d)		
	Ελαχ. – Μεγ.	4,61 – 5,02	3,20- 3,90
	M.O. ± TA	5,29 ± 0,84	3,61 ± 0,37
S2	Αρ. Ειδών (S)		
	Ελαχ. – Μεγ.	33 – 40	33- 36
	M.O. ± TA	35,66 ± 3,78	34,60 ± 1,52
	Αρ. Ατόμων (N)		
	Ελαχ. – Μεγ.	452 – 460	453 – 576
	M.O. ± TA	457,33 ± 4,61	516,33 ± 61,58
	Δείκτης ποικιλότητας (H')		
	Ελαχ. – Μεγ.	3,08 – 3,28	3,07- 3,13
	M.O. ± TA	3,17 ± 0,10	3,10 ± 0,03
	Δείκτης ομοιομορφίας (J')		
	Ελαχ. – Μεγ.	0,89 – 0,89	0,87 – 0,89
	M.O. ± TA	0,88 ± 0,01	0,88 ± 0,01
	Δείκτης αφθονίας των ειδών (d)	7,183	9,605
	Ελαχ. – Μεγ.	5,219 – 5,398	5,232 – 5,597
	M.O. ± TA	5,659 ± 0,614	5,392 ± 0,186
	S3	Αρ. Ειδών (S)	
Ελαχ. – Μεγ.		40 – 42	36 – 42
M.O. ± TA		41,00 ± 1,00	39,00 ± 3,00
Αρ. Ατόμων (N)			
Ελαχ. – Μεγ.		560 – 600	497 – 540

Σταθμός δειγματοληψίας	Παράμετρος	Άνοιξη	Καλοκαίρι
	S3	M.O. ± TA	580,00 ± 20,00
Δείκτης ποικιλότητας (H')			
Ελαχ. – Μεγ.		3,27 – 3,31	3,26 – 3,30
M.O. ± TA		3,28 ± 0,02	3,31 ± 0,07
Δείκτης ομοιομορφίας (J')			
Ελαχ. – Μεγ.		0,88 – 0,89	0,90 – 0,91
M.O. ± TA		0,88 ± 0,003	0,90 ± 0,003
Δείκτης αφθονίας των ειδών (d)			
Ελαχ. – Μεγ.		6,16 – 6,41	5,63 – 6,52
M.O. ± TA		6,29 ± 0,12	6,06 ± 0,44

Πίνακας 3: Μέσος όρος του ποσοστού εμφάνισης (%) της βενθικής μαλακοπανίδας, κατά φθίνουσα σειρά των ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας στο σύνολο των σταθμών και των εποχών (+ : Ποσοστό εμφάνισης < 1%, - : Καθόλου εμφάνιση).

ΕΙΔΟΣ	ΚΛΑΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ (%).m ⁻²					
		S1Sp	S2Sp	S3Sp	S1S	S2S	S3S
<i>Bittium reticulatum</i>	Γ	4,13	1,82	2,49	1,21	+	1,49
<i>Bittium reticulatum reticulatum</i>	Γ	+	2,17	1,69	+	3,82	1,16
<i>Bittium latreilii</i>	Γ	-	-	+	+	-	1,35
<i>Cardidae sp.</i>	Γ	1,71	-	+	-	+	-
<i>Rissoidae sp.</i>	Γ	1,12	1,02	+	+	1,30	+
<i>Bittium reticulatum reticulatum</i>	Γ	+	2,17	1,69	+	3,82	1,16
<i>Cardidae sp.</i>	Γ	1,71	-	+	-	+	-
<i>Bittium lacteum</i>	Γ	1,16	+	+	+	+	+
<i>Cerithidae sp.</i>	Γ	-	1,16	+	-	+	-
<i>Cerithiopsis minima</i>	Γ	+	+	+	+	+	1,16
<i>Trochidae sp</i>	Γ	+	1,16	+	+	+	+
<i>Bittium reticulatum antonium</i>	Γ	+	-	+	-	-	1,12
<i>Alvania Cimex (Linneo , 1758</i>	Γ	+	+	+	+	+	1,02

Στα Σχήματα 2, 4 και 6 δίνεται η σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των ειδών γαστεροπόδων και διθύρων στους σταθμούς S1, S2 και S3 στις δύο εποχές δειγματοληψίας. Παράλληλα, στα Σχήματα 3, 5 και 7 δίνεται η σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των ατόμων των γαστεροπόδων και διθύρων στους σταθμούς S1, S2 και S3 στις δύο εποχές δειγματοληψίας.

ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΙΔΩΝ S1

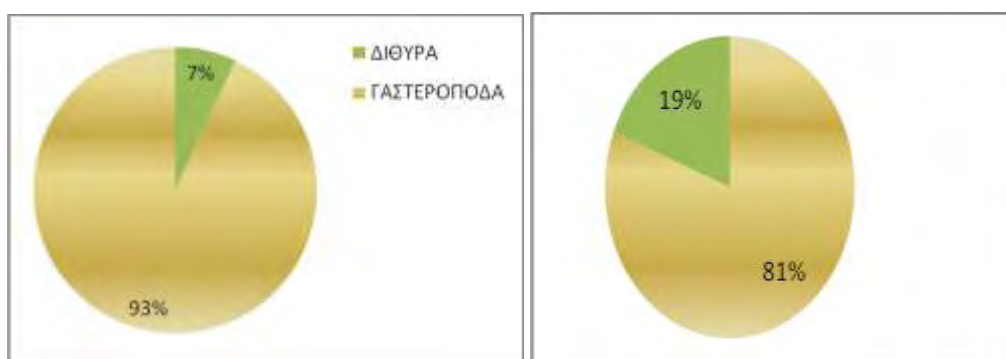


(α)

(β)

Σχήμα 2: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των ειδών γαστεροπόδων και διθύρων στο σταθμό S1 (α: Άνοιξη, β: Καλοκαίρι).

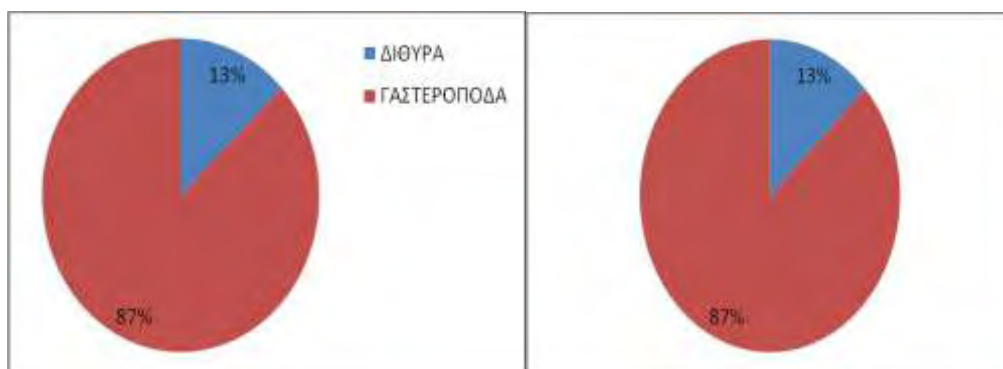
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΤΟΜΩΝ S1



(α)

(β)

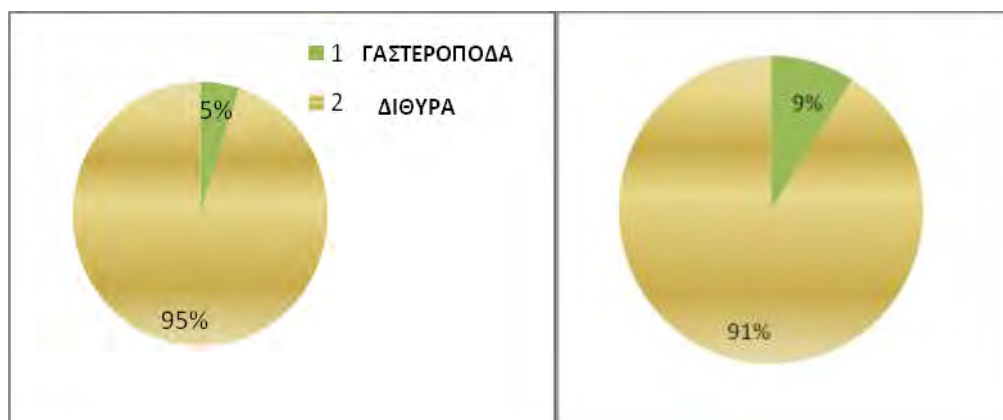
Σχήμα 3: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των ατόμων γαστεροπόδων και διθύρων στο σταθμό S1 (α: Άνοιξη, β: Καλοκαίρι).

ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΙΔΩΝ S2

(α)

(β)

Σχήμα 4: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των ειδών γαστεροπόδων και διθύρων στο σταθμό S2 (α: Άνοιξη, β: Καλοκαίρι).

ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΤΟΜΩΝ S2

(α)

(β)

Σχήμα 5: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των ατόμων γαστεροπόδων και διθύρων στο σταθμό S2 (α: Άνοιξη, β: Καλοκαίρι).

ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΙΔΩΝ S3

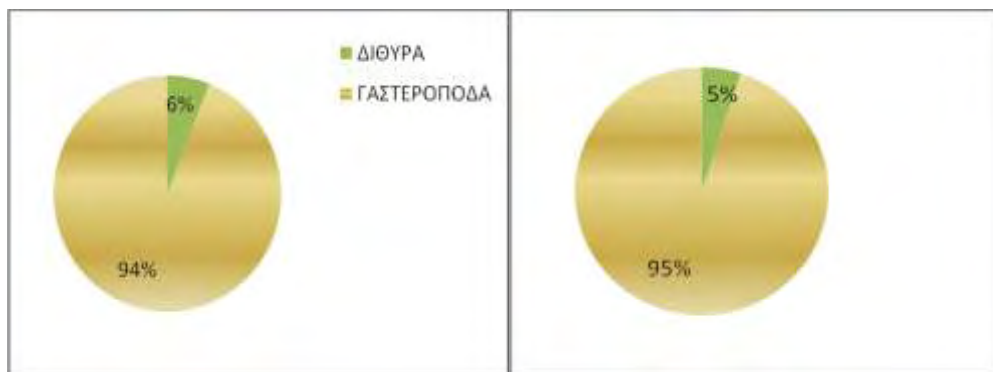


(α)

(β)

Σχήμα 6: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των ειδών γαστεροπόδων και διθύρων στο σταθμό S3 (α: Άνοιξη, β: Καλοκαίρι).

ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΤΟΜΩΝ S3



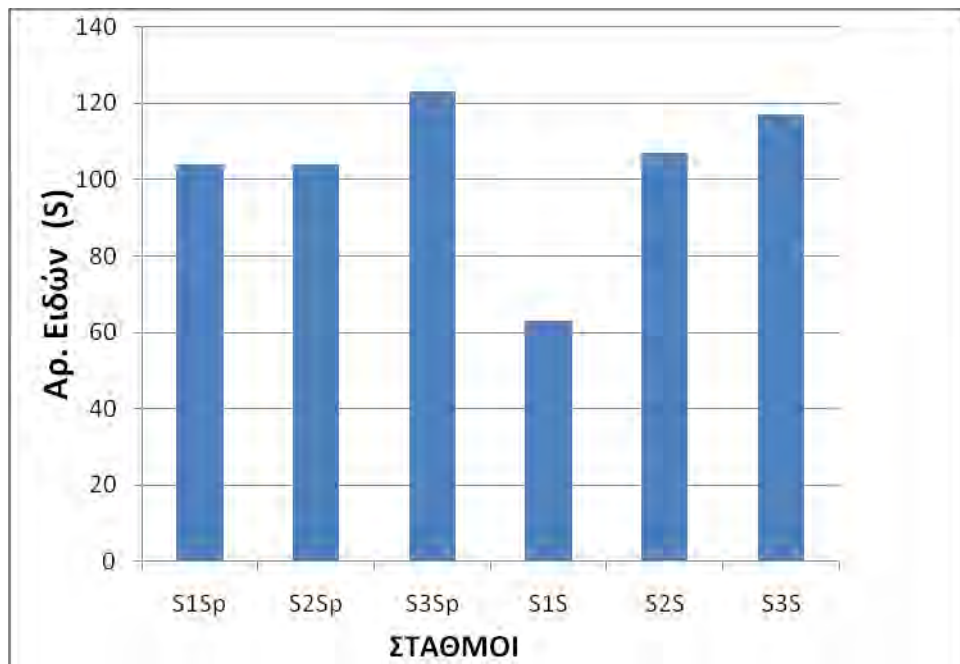
(α)

(β)

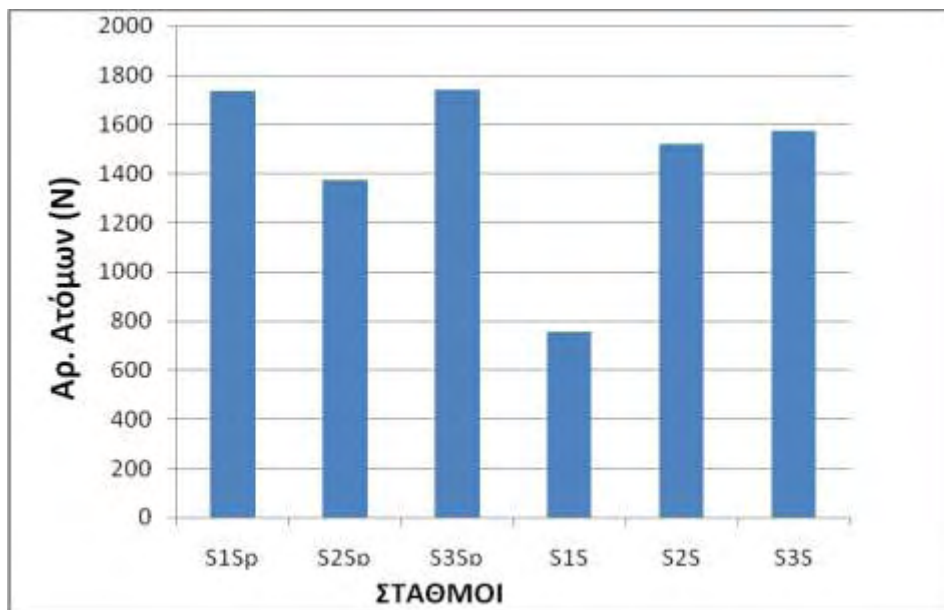
Σχήμα 7: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των ατόμων γαστεροπόδων και διθύρων στο σταθμό S3 (α: Άνοιξη, β: Καλοκαίρι).

Στα Σχήματα 8 - 12 δίνεται η σχηματική απεικόνιση του αριθμού των ειδών, του αριθμού των ατόμων καθώς και του δείκτη γενικής ποικιλότητας (H'), δείκτη

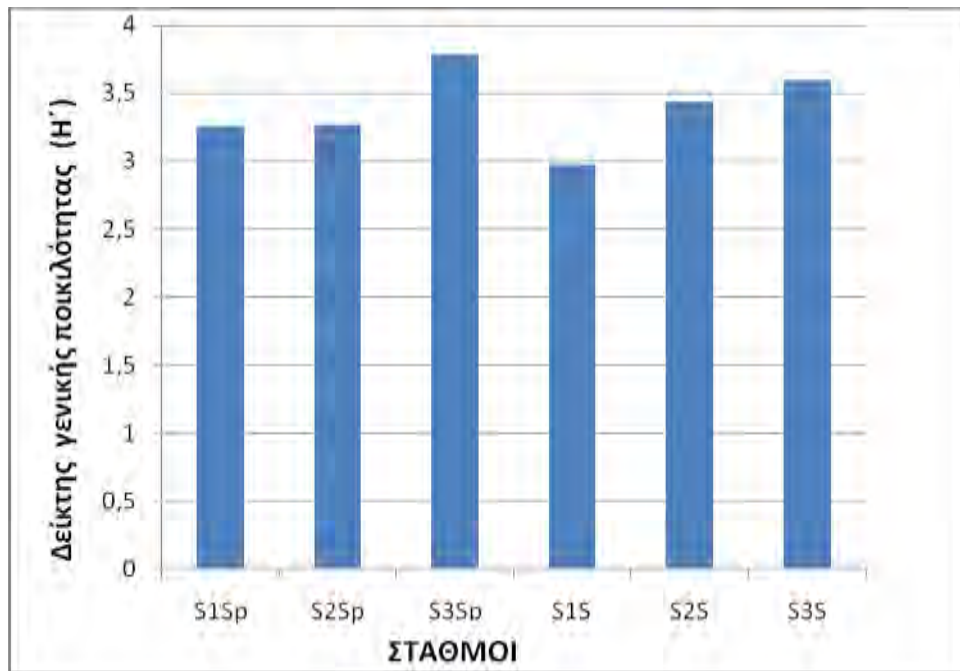
ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J') και του δείκτη αφθονίας των ειδών (d) στους σταθμούς S1, S2 και S3 στις δύο εποχές δειγματοληψίας.



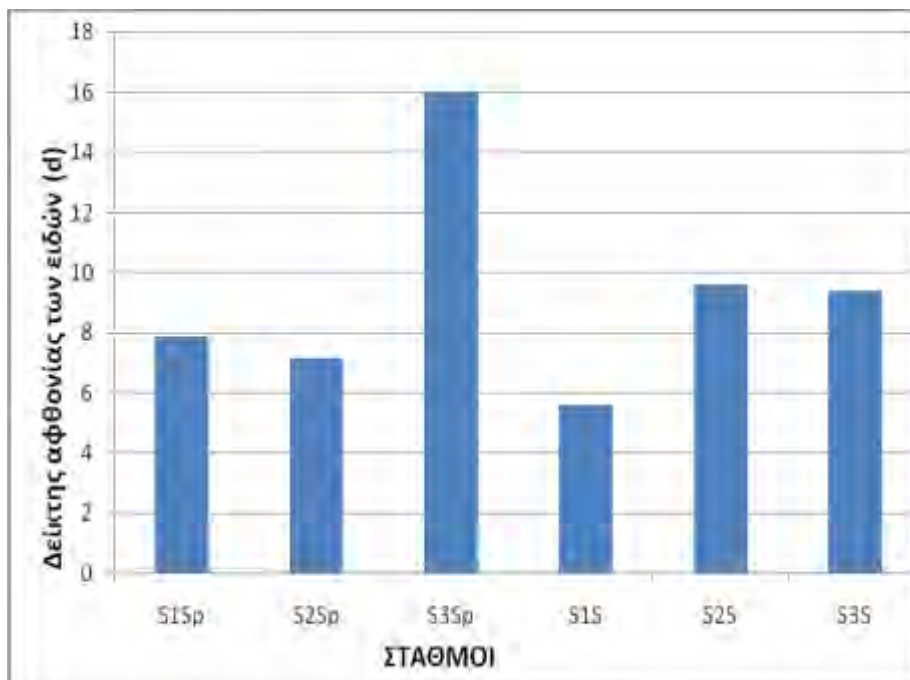
Σχήμα 8: Συνολικός αριθμός των ειδών στους S1, S2 και S3 στις δύο εποχές δειγματοληψίας (Sp:Άνοιξη, S:Καλοκαίρι).



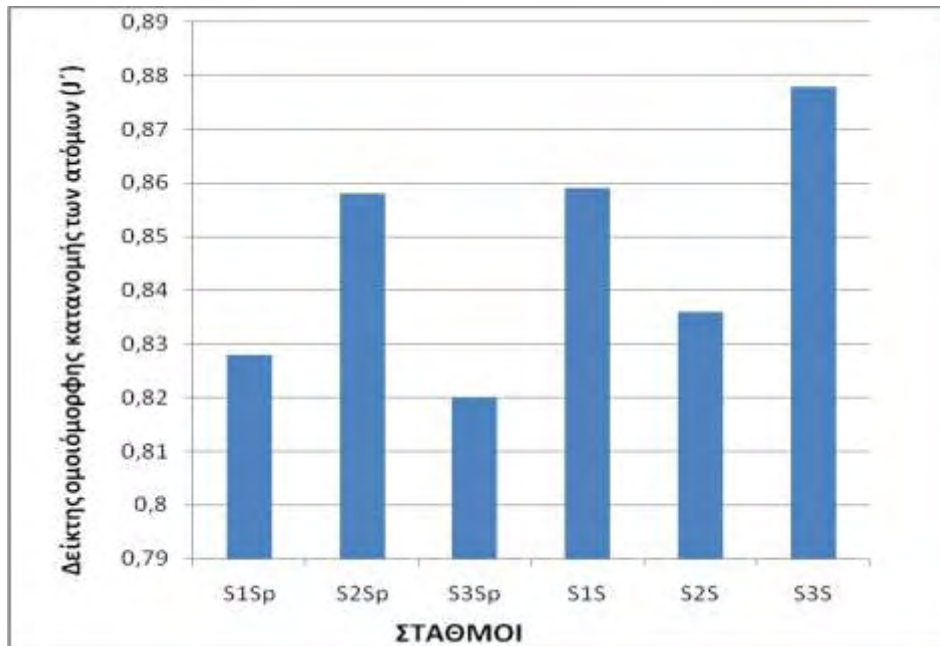
Σχήμα 9: Συνολικός αριθμός των ατόμων στους S1, S2 και S3 στις δύο εποχές δειγματοληψίας (Sp:Άνοιξη, S:Καλοκαίρι).



Σχήμα 10: Δείκτης γενικής ποικιλότητας (H') για τους σταθμούς S1, S2 και S3 στις δύο εποχές δειγματοληψίας (Sp: Άνοιξη, S: Καλοκαίρι).



Σχήμα 11: Δείκτης αφθονίας των ειδών για τους σταθμούς S1, S2 και S3 στις δύο εποχές δειγματοληψίας (Sp: Άνοιξη, S: Καλοκαίρι).



Σχήμα 12: Δείκτης ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων για τους σταθμούς S1, S2 και S3 στις δύο εποχές δειγματοληψίας (Sp: Άνοιξη, S: Καλοκαίρι).

Στον Πίνακα 4 δίνεται η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) των διαφόρων χαρακτηριστικών της βενθικής μαλακοπανίδας μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας. Στον Πίνακα 5 δίνεται η πολυπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (two-way ANOVA) για την εποχική σύγκριση των διαφόρων χαρακτηριστικών της βενθικής μαλακοπανίδας μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας.

Επίσης, στο Σχήμα 13 δίνεται το δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών με βάση το βαθμό συγγένειας της βενθικής μαλακοπανίδας στις δύο εποχές δειγματοληψίας. Παράλληλα, στο Σχήμα 14 δίνεται το διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) των σταθμών με βάση το βαθμό συγγένειας, στις δύο εποχές. Στο Σχήμα 15 δίνεται το διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των ειδών της βενθικής μαλακοπανίδας για τους σταθμούς S1, S2 και S3.

Πίνακας 4: Μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) των διαφόρων χαρακτηριστικών της βενθικής μαλακοπανίδας μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας (BE: Βαθμοί ελευθερίας).

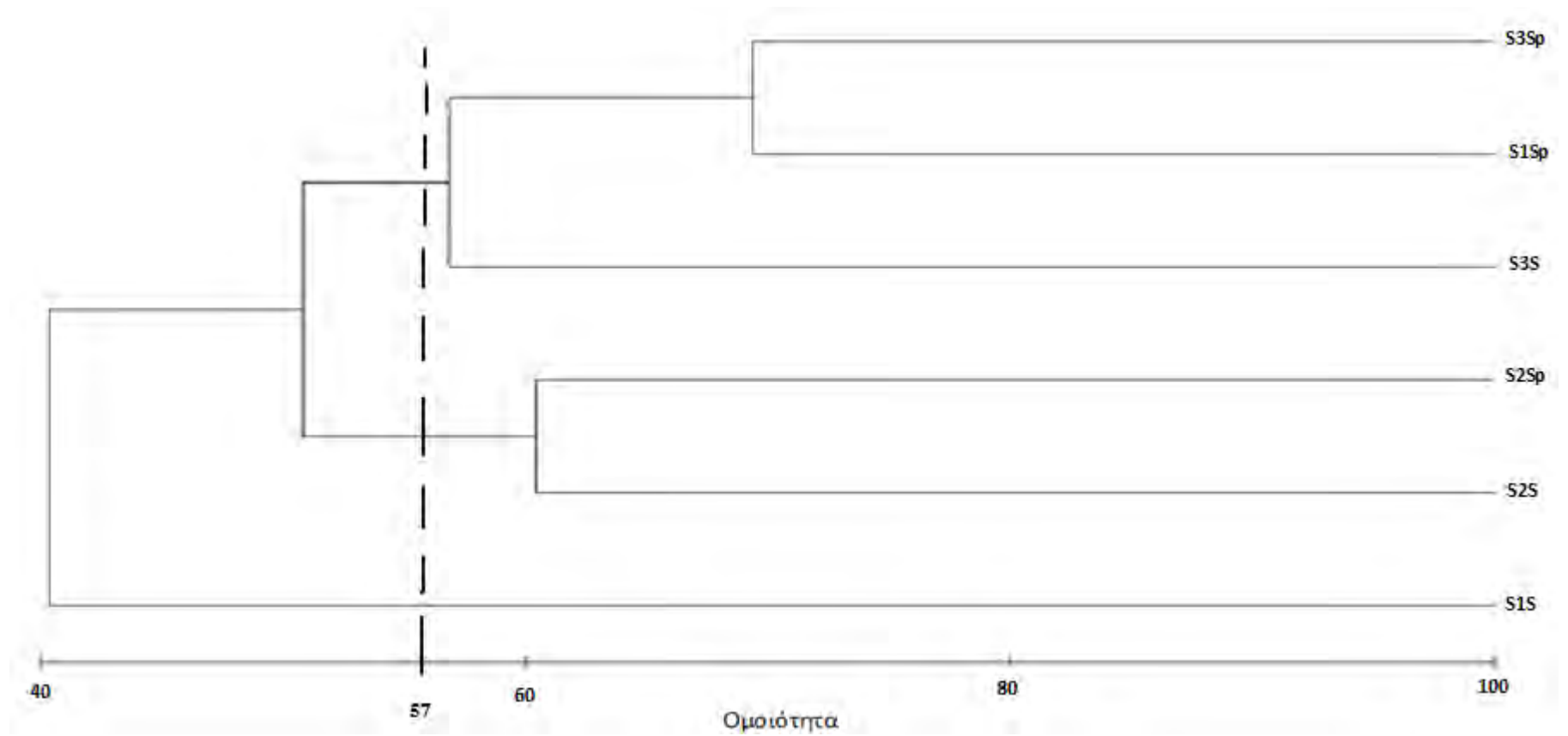
Χαρακτηριστικά Μαλακοπανίδας	ΣΤΑΘΜΟΣ		
	BE (DF)	Αναλογία (F)	Πιθανότητα (P)
Αρ. Ειδών (S)	17	8,05	*
Αρ. Ατόμων (N)	17	2,29	ΜΣ
Δείκτης ποικιλότητας (H')	17	10,96	**
Δείκτης αφθονίας των ειδών (d)	17	9,33	**
Δείκτης ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J')	17	0,75	ΜΣ

* $P < 0, 05$, ** $P < 0, 01$, *** $P < 0,001$, ΜΣ (μη σημαντικό) $P > 0, 05$

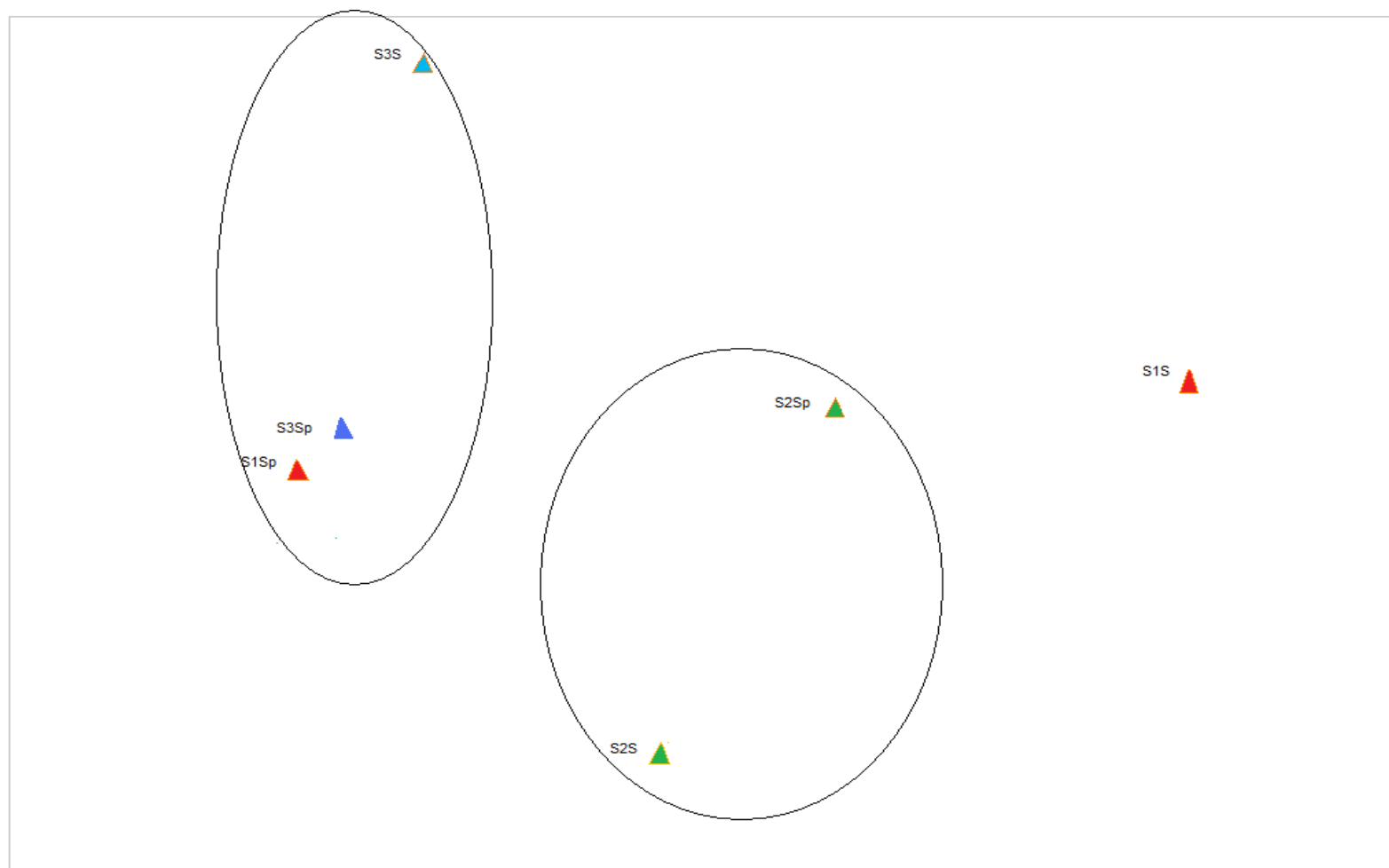
Πίνακας 5: Πολυπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (two-way ANOVA) για την εποχική σύγκριση των διαφόρων χαρακτηριστικών της βενθικής μαλακοπανίδας μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας (BE: Βαθμοί ελευθερίας).

Χαρακτηριστικά Μαλακοπανίδας	ΣΤΑΘΜΟΣ × ΕΠΟΧΗ		
	BE (DF)	Αναλογία (F)	Πιθανότητα (P)
Αρ. Ειδών (S)	17	20,47	***
Αρ. Ατόμων (N)	17	20,87	***
Δείκτης ποικιλότητας (H')	17	15,22	***
Δείκτης αφθονίας των ειδών (d)	17	18,68	***
Δείκτης ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J')	17	1,45	ΜΣ

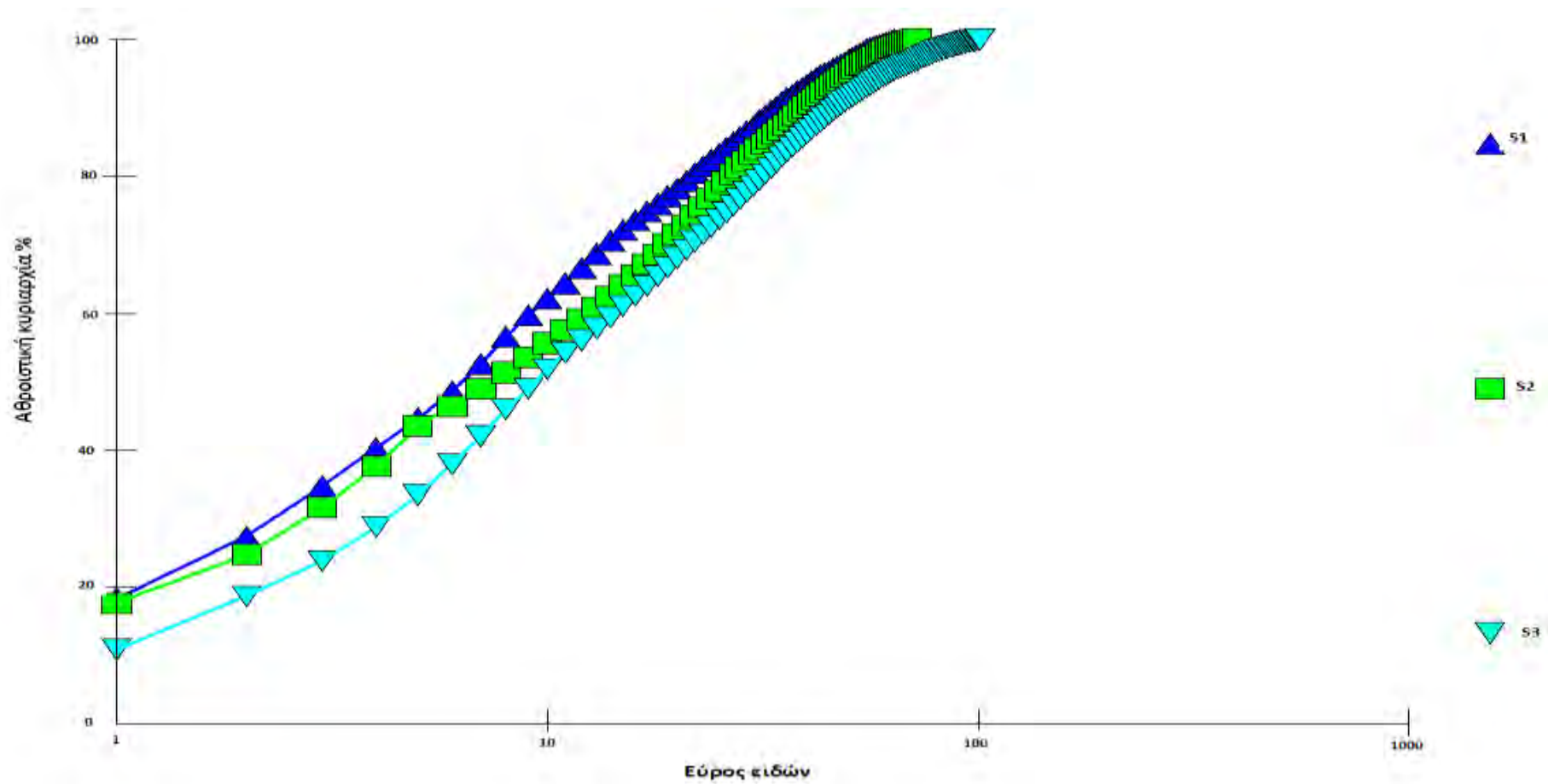
* $P < 0, 05$, ** $P < 0, 01$, *** $P < 0,001$, ΜΣ (μη σημαντικό) $P > 0, 05$



Σχήμα 13: Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών με βάση το βαθμό συγγένειας της βενθικής μαλακοπανίδας κατά τη διάρκεια δύο εποχών (Sp: Άνοιξη, S: Καλοκαίρι).



Σχήμα 14: Διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) των σταθμών με βάση το βαθμό συγγένειας της βενθικής μαλακοπανίδας κατά τη διάρκεια δύο εποχών (Sp: Άνοιξη, S: Καλοκαίρι).



Σχήμα 15: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των ειδών της βενθικής μαλακοπανίδας για τους σταθμούς S1, S2 και S3.

Από την ανάλυση των δειγμάτων της βενθικής μαλακοπανίδας βρέθηκαν 2199 άτομα τα οποία ανήκουν σε 120 είδη. Με βάση τα αποτελέσματα του Πίνακα 2, οι σταθμοί S1 και S3 εμφάνισαν παρόμοια κατανομή όσον αφορά την αφθονία ατόμων κατά την εποχή της Άνοιξης (1736 και 1740, αντίστοιχα). Ο σταθμός S2, την ίδια εποχή εμφάνισε τη μικρότερη συγκέντρωση σε αφθονία ατόμων (1372). Ακόμη, κατά την εποχή του Καλοκαιριού, οι σταθμοί S2 και S3 εμφάνισαν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σε αφθονία ατόμων (1519 και 1577, αντίστοιχα), ενώ ο σταθμός S1 την αντίστοιχη εποχή εμφάνισε τη μικρότερη συγκέντρωση (758). Όσον αφορά την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή της αφθονίας των ατόμων, ο σταθμός S1 εμφάνισε τις μικρότερες τιμές την εποχή του Καλοκαιριού ενώ ο σταθμός S2 την αντίστοιχη εποχή, εμφάνισε τις μεγαλύτερες τιμές. Παράλληλα ο δείκτης ποικιλότητας (H'), στο σταθμό S2 εμφάνισε την μικρότερη τιμή την εποχή του Καλοκαιριού ενώ την μεγαλύτερη τιμή εμφάνισε ο σταθμός S3 την εποχή της Άνοιξης. Ακόμη, ο δείκτης αφθονίας των ειδών (d) παρουσίασε παρόμοια κατανομή για τους σταθμούς S1 και S2 την εποχή της Άνοιξης καθώς και για τους σταθμούς S2 και S3 την εποχή του Καλοκαιριού. Αντιθέτως, ο σταθμός S1, εμφάνισε τη μικρότερη τιμή την εποχή του Καλοκαιριού, ενώ ο σταθμός S3 εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή την εποχή της Άνοιξης. Τέλος, όσον αφορά τον δείκτη ομοιομορφίας (J'), εμφάνισε παρόμοια κατανομή και για τους τρεις σταθμούς και στις δυο εποχές. Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) των διαφόρων χαρακτηριστικών της βενθικής μαλακοπανίδας μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας έδειξε μια σημαντική στατιστική διαφορά για όλα τα χαρακτηριστικά εκτός από τον αριθμό των ατόμων (N) και το δείκτη ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J'). Επίσης, η πολυπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (two way ANOVA) για την εποχική

σύγκριση των ίδιων χαρακτηριστικών έδειξε στατιστικώς σημαντικές διαφορές, εκτός από το δείκτη ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J').

Από τα 11 κυρίαρχα είδη βενθικής μαλακοπανίδας τα οποία εντοπίστηκαν συνολικά μόνο ένα βρέθηκε να είναι κοινό και στους τρεις σταθμούς δειγματοληψίας με ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας. Αυτό ήταν το είδος *Bittium reticulatum* κατά την εποχή της Άνοιξης. Τα είδη των δίθυρων τα οποία εμφάνισαν τα μεγαλύτερα ποσοστά στους σταθμούς δειγματοληψίας είναι το *Corbula gibba*, το *Cingula nitida*, το *Lucinella divaricata*, καθώς και το *Mytilus edulis*.

Με βάση τα σχήματα 2, 4 και 6 τα οποία απεικονίζουν το ποσοστό των ειδών της βενθικής μαλακοπανίδας στους τρεις σταθμούς δειγματοληψίας, τα γαστερόποδα εμφανίζονται να κυριαρχούν έναντι των διθύρων. Όσον αφορά το ποσοστό εμφάνισης των ειδών, τόσο για τα γαστερόποδα όσο και για τα δίθυρα, εμφανίζεται να παραμένει αμετάβλητο και στις δύο εποχές δειγματοληψίας για τους σταθμούς S2 και S3, σε αντίθεση με το σταθμό S1 όπου παρατηρείται αύξηση του ποσοστού των διθύρων κατά 5% το Καλοκαίρι. Το μεγαλύτερο ποσοστό ειδών των γαστερόποδων στους τρεις σταθμούς δειγματοληψίας εμφανίζεται στο σταθμό S2 την Άνοιξη και το Καλοκαίρι, ενώ το μικρότερο ποσοστό ειδών εμφανίζεται στο σταθμό S1 το Καλοκαίρι. Όσον αφορά το ποσοστό εμφάνισης των ειδών των διθύρων, ο σταθμός S1 το Καλοκαίρι εμφανίζει το μεγαλύτερο ποσοστό, σε αντίθεση με το σταθμό S2 ο οποίος την εποχή της Άνοιξης και του Καλοκαιριού εμφανίζει το μικρότερο ποσοστό. Παράλληλα, όσον αφορά το ποσοστό εμφάνισης των ατόμων των διθύρων παρατηρείται σημαντική αύξηση του ποσοστού τους την εποχή της Άνοιξης, σε ποσοστό έως και 100% για τους σταθμούς S1 και S2, ενώ στο σταθμό S3 το ποσοστό των ατόμων παραμένει σταθερό και στις δύο εποχές. Το μεγαλύτερο ποσοστό των

ατόμων των διθύρων παρατηρείται την εποχή του Καλοκαιριού με ποσοστό 19% στο σταθμό S1, ενώ το μικρότερο ποσοστό εμφανίζεται στο σταθμό S2 την Άνοιξη και στο σταθμό S3 το Καλοκαίρι, με ποσοστό εμφάνισης 5%. Επίσης, όσον αφορά το ποσοστό των ατόμων των γαστερόποδων τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφανίζονται στους σταθμό S2 την Άνοιξη και στο σταθμό S3 το Καλοκαίρι, με ποσοστό εμφάνισης 95%.

Από το δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών της περιοχής έρευνας με βάση το βαθμό συγγένειας της βενθικής μαλακοπανίδας κατά τη διάρκεια των δύο εποχών προέκυψαν τρεις διαφορετικές ομάδες με βαθμό ομοιότητας 57%. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει το σταθμό S3 κατά την περίοδο της Άνοιξης και του Καλοκαιριού και το σταθμό S1 κατά την περίοδο της Άνοιξης. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει το σταθμό S2 κατά την περίοδο της Άνοιξης και του Καλοκαιριού και η τρίτη το σταθμό S1 κατά την περίοδο του Καλοκαιριού. Από το διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) προέκυψε σαφής διαχωρισμός των σταθμών εκτός από τους σταθμούς S1 και S3 κατά την περίοδο της Άνοιξης. Το διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών οργανισμών έδειξε ένα σαφή διαχωρισμό όλων των σταθμών, με τους σταθμούς S2 και S3 να εμφανίζονται πιο κοντά σε σχέση με τον S1.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η δομή και η σύνθεση της βενθικής μαλακοπανίδας καθορίζεται άμεσα από την ικανότητα των οργανισμών να προσαρμόζονται στις τοπικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον στο οποίο διαβιούν. Τα άτομα τα οποία έχουν την ικανότητα να εκμεταλλεύονται αποτελεσματικότερα τη διαθέσιμη τροφή καθώς και να προσαρμόζονται καλύτερα στις μεταβολές του περιβάλλοντός τους, είναι και αυτά τα οποία θα επικρατήσουν έναντι κάποιων άλλων οργανισμών. Παράλληλα, ο αριθμός των ατόμων των ειδών αυτών θα παρουσιάζει και τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης και συγκέντρωσης (Λυκάκης 1996). Επίσης, ο εμπλουτισμός του ιζήματος με οργανικά συστατικά προερχόμενα από την υδατοκαλλιέργεια, συμβάλλει σε μεγάλο ποσοστό στη σύνθεση της βενθικής μαλακοπανίδας (Hargrave 2005). Με βάση λοιπόν τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, η ροή της βιοαποικοδομήσιμης οργανικής ύλης που προέρχεται από τους σταθμούς εκτροφής, φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο και να επηρεάζει τη διαμόρφωση της δομής και της σύνθεσης της βενθικής μαλακοπανίδας.

Ο σταθμός S3, ο οποίος αποτέλεσε και τον μάρτυρα της παρούσας μελέτης, την περίοδο του Καλοκαιριού εμφάνισε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σε αφθονία ειδών σε σχέση με τους άλλους σταθμούς της περιοχής έρευνας. Παράλληλα, ο σταθμός S1, ο οποίος ήταν ο σταθμός της συμβατικής εκτροφής, την αντίστοιχη περίοδο εμφάνισε τη μικρότερη συγκέντρωση όσον αφορά την αφθονία ειδών. Δεδομένου ότι κατά τη βιολογική εκτροφή απαιτείται μειωμένη ιχθυοπυκνότητα καθώς και χορήγηση βιολογικής τροφής (Lunger et al. 2007), αναμένεται ότι οι επιδράσεις στη βενθική μαλακοπανίδα του ιζήματος θα είναι λιγότερες σε σχέση με τη συμβατική εκτροφή. Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα της έρευνας,

παρατηρήθηκε μεγαλύτερο ποσοστό του αριθμού των ειδών στο σταθμό S2 το Καλοκαίρι σε σχέση με το σταθμό S1, γεγονός το οποίο πιθανό να οφείλεται στη διαφορετική μορφή διαχείρισης. Στο σταθμό S2 οι οργανισμοί εκτρέφονταν σε συνθήκες βιολογικής εκτροφής (μικρότερη εκτρεφόμενη βιομάζα, μικρότερη πυκνότητα εκτροφής, διαφορετική σύσταση προσφερόμενης τροφής). Παρόλα αυτά οι σταθμοί S1 και S2 την Άνοιξη παρουσίασαν παρόμοια κατανομή όσον αφορά τον αριθμό των ειδών. Αυτό πιθανό να οφείλεται στα μειωμένα ποσοστά προσφερόμενης τροφής που χορηγούνται στους εκτρεφόμενους οργανισμούς κατά τη περίοδο αυτή.

Ο δείκτης αφθονίας των ειδών (d) για τους σταθμούς S1 και S2 μεγιστοποιήθηκε την εποχή της Άνοιξης. Αντιθέτως, ο δείκτης αφθονίας για τον σταθμό S3 μεγιστοποιήθηκε την εποχή του Καλοκαιριού όπου εμφάνισε και το μεγαλύτερο αριθμό ειδών αντίστοιχα. Παράλληλα, η στατιστική επεξεργασία των διαφόρων χαρακτηριστικών της βενθικής μαλακοπανίδας στις δύο εποχές του έτους και για τους τρεις σταθμούς δειγματοληψίας έδειξε μια σημαντική στατιστική διαφορά, εκτός από το δείκτη ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J').

Σε έρευνες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε σταθμούς εκτροφής τσιπούρας (*Sparus aurata*), οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι ο αριθμός των ειδών στο ίζημα παρουσίασε μεγαλύτερα ποσοστά στο σταθμό μάρτυρα σε σχέση με τους άλλους σταθμούς. Σύμφωνα με αυτούς, στη διαφορά των ποσοστών των ειδών που παρατηρήθηκαν, σημαντικός παράγοντας αποτελεί η αυξημένη οργανική ύλη η οποία προέρχεται από την προσφερόμενη τροφή που διαφεύγει από τους εκτρεφόμενους οργανισμούς και η οποία καταλήγει στο ίζημα του πυθμένα (Mirto et al. 2002; Kilaoudatos et al. 2006).

Από τα 11 κυρίαρχα είδη βενθικής μαλακοπανίδας τα οποία εντοπίστηκαν συνολικά μόνο ένα βρέθηκε να είναι κοινό και στους τρεις σταθμούς δειγματοληψίας

με ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας. Αυτό ήταν το είδος *Bittium reticulatum* κατά την εποχή της Άνοιξης. Το είδος αυτό εμφανίζεται να κυριαρχεί στο σταθμό S1 και στις δύο εποχές όπου πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία. Σύμφωνα με τους ερευνητές Meric et al. (2008) το είδος αυτό εμφανίζεται σε περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης και βαρέων μετάλλων. Παράλληλα, σύμφωνα με άλλες έρευνες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης μεταβολών του βενθικού οικοσυστήματος (Dantard et al. 1990; Sureda et al. 2009). Αυτό συμφωνεί και με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας καθώς στο σταθμό S1, το είδος αυτό εμφάνισε τις υψηλότερες συγκεντρώσεις όσον αφορά την αφθονία των ατόμων σε σχέση με τους άλλους σταθμούς. Παρόλα' αυτά σύμφωνα με μετρήσεις των βαρέων μετάλλων που πραγματοποιήθηκαν στο μυϊκό ιστό και στο συκώτι βιολογικής και συμβατικής εκτροφής της τσιπούρας της περιοχής έρευνας, δεν παρατηρήθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις στους εκτρεφόμενους οργανισμούς (Μεντέ 2008). Παράλληλα, η επικράτηση ειδών τα οποία ανήκουν στην οικογένεια Cardidae στο σταθμό S1 κατά την εποχή της Άνοιξης, υποδηλώνει εισροή ποσοτήτων σωματιδιακής οργανικής ύλης στα επιφανειακά ιζήματα καθώς το είδος αυτό τρέφεται διηθώντας σωματίδια οργανικής ύλης τα οποία έχουν καθιζήσει στον πυθμένα (Taylor et al. 1983). Τέλος, τα είδη τα οποία ανήκουν στην οικογένεια Rissoidae εμφανίζονται να κυριαρχούν στους σταθμούς S2 και S3 την Άνοιξη και το Καλοκαίρι αντίστοιχα. Σύμφωνα με τους ερευνητές Crowe et al. (2004), τα είδη αυτά εντοπίζονται κυρίως σε περιοχές οι οποίες δεν είναι επιβαρυνμένες με οργανική ύλη και θα μπορούσαμε να τους χαρακτηρίσουμε ως δείκτες μη ρυπασμένων περιοχών.

Τα είδη των δίθυρων τα οποία εμφάνισαν τα μεγαλύτερα ποσοστά στους σταθμούς δειγματοληψίας είναι το *Corbula gibba*, το *Cingula nitida*, το *Lucinella*

divaricata, καθώς και το *Mytilus edulis*. Το δίθυρο *Corbula gibba*, εμφανίζει ευρεία εξάπλωση σε ποταμόκολπους και εύτροφες περιοχές της βόρειας Ευρώπης και της Μεσογείου, καθώς πιστεύεται ότι επωφελείται από τα υψηλά οργανικά φορτία στα επιφανειακά ιζήματα (Jensen, 1990). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, το συγκεκριμένο είδος εμφάνισε τα μεγαλύτερα ποσοστά την Άνοιξη στο σταθμό της συμβατικής εκτροφής. Παράλληλα, οι αυξημένες ποσότητες οργανικής ύλης προερχόμενες από τις υδατοκαλλιέργειες ευνοούν τη μέγιστη ανάπτυξη του μυδιού (*Mytilus edulis*). Το είδος αυτό προσλαμβάνει την τροφή του διηθώντας τα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία περιέχονται στην υδάτινη στήλη (Kiorboe et al. 2004; Karayucel & Karayucel 2008). Με βάση λοιπόν και τις έρευνες οι οποίες έχουν διεξαχθεί για το είδος αυτό, οι αυξημένες συγκεντρώσεις των ατόμων του είδους στον σταθμό S1 ήταν αναμενόμενη εξαιτίας του εμπλουτισμού της υδάτινης στήλης με περισσότερα θρεπτικά συστατικά σε σχέση με τους άλλους δύο. Επίσης το είδος *Lucinella divaricata* εμφανίζεται σε ενδιαίτηματα τα οποία είναι πλούσια σε φωσφορικά άλατα, κοντά σε λιμάνια, καθώς και σε περιοχές στις οποίες υπάρχει έντονη απόθεση οργανικής ύλης (Pennec et al. 1995). Το είδος *L. divaricata*, εμφάνισε τα μεγαλύτερα ποσοστά την περίοδο της Άνοιξης στο σταθμό S1, ενώ οι σταθμοί S2 και S3 παρουσίασαν περίπου τα ίδια ποσοστά εμφάνισης όσον αφορά την αφθονία του είδους. Το γεγονός αυτό, ίσως να οφείλεται στη σύνθεση της τροφής που χορηγούταν στο σταθμό S2, με αποτέλεσμα οι περιβαλλοντικές επιδράσεις στο ενδιαίτημα των οργανισμών της βενθικής μαλακοπανίδας να είναι λιγότερες σε σχέση με τον σταθμό S1.

Το γεγονός ότι οι σταθμοί S1 και S3 ομαδοποιούνται μαζί κατά την περίοδο της Άνοιξης, σύμφωνα με το δένδρογραμμα ομαδοποίησης των σταθμών και το διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) (Σχ 14), πιθανό να οφείλεται στη

μειωμένη ποσότητα της χορηγούμενης τροφής που δίνεται στους εκτρεφόμενους οργανισμούς της συμβατικής εκτροφής κατά την εποχή εκείνη.

Τέλος, από τη μελέτη των διαγραμμάτων αθροιστικής κυριαρχίας των ειδών της μαλακοπανίδας (Σχ 15) για τους τρεις σταθμούς, φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη επίδραση την έχει ο σταθμός S1 ακολουθούμενος από τον S2 και τον S3. Με βάση λοιπόν το διάγραμμα, ο σταθμός S3, ο οποίος αποτελεί και το σταθμό μάρτυρα εμφανίζει τα μεγαλύτερα ποσοστά όσον αφορά την αφθονία των ειδών. Σύμφωνα με τους ερευνητές Beardmore et al. (1997) και Drake & Agias (1997) αυτό είναι αναμενόμενο καθώς ο σταθμός μάρτυρας είναι απαλλαγμένος από τα πλεονάζοντα οργανικά φορτία τα οποία εμπλουτίζουν τόσο την υδάτινη στήλη όσο και το ίζημα του πυθμένα μεταβάλλοντας έτσι τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Παράλληλα, σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα ο σταθμός S2, ο οποίος αποτελεί και το σταθμό βιολογικής εκτροφής, εμφανίζει μια μικρή διαφοροποίηση σε σχέση με τον σταθμό S1. Η διαφοροποίηση αυτή πιθανό να οφείλεται στη διαφορετική σύνθεση της χορηγούμενης βιολογικής τροφής η και στη μειωμένη ιχθυοφόρτιση.

Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή βιολογικών συνθηκών εκτροφής στην υδατοκαλλιέργεια μπορεί να περιορίσει τις αρνητικές επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον δημιουργώντας παράλληλα μια νέα υποσχόμενη προοπτική στον τομέα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η εφαρμογή βιολογικών συνθηκών εκτροφής συμβάλλει επίσης στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και της σταθερότητας όσον αφορά τη σύνθεση και τη δομή της βενθικής μαλακοπανίδας.

Βέβαια, η εφαρμογή της βιολογικής εκτροφής σε ευρεία κλίμακα απαιτεί περαιτέρω έρευνα προκειμένου να εξακριβωθεί πλήρως η έκταση και το εύρος των επιπτώσεων που μπορεί να έχει τόσο στο υδάτινο περιβάλλον όσο και στους

εκτρεφόμενους οργανισμούς. Παράλληλα, για το χαρακτηρισμό ενός εκτρεφόμενου οργανισμού ως "βιολογικού" θα πρέπει, τόσο οι συνθήκες διαβίωσης του (μειωμένη ιχθυοφόρτιση στους κλωβούς εκτροφής, καλής ποιότητας νερό, επαρκές οξυγόνο κ.α.) καθώς και το είδος και η ποιότητα της χορηγούμενης τροφής (ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια και συστατικά ιχθύων που έχουν ήδη αλιευθεί για ανθρώπινη κατανάλωση στο πλαίσιο βιώσιμης αλιείας, απαγόρευση χρήσης ορμονών και παραγώγων ορμονών κ.α.) και γενικότερα οι τεχνικές εκτροφής οι οποίες εφαρμόζονται, να είναι σύμφωνες με την οδηγία 2009/710/EK.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. Ελληνική Βιβλιογραφία

Αναγνώπουλος, Ν. (2004). Η Μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια: Υπάρχουν λύσεις. 4^ο Μεσογειακό Συνέδριο για την Αλιεία και τις Υδατοκαλλιέργειες. Αθήνα.

Ζενέτου, Α., Σύμπουρα Ν., Παπαδοπούλου Μ.Α., Λεγάκη Μ.Θ., Παπασπύρου Σ. και Αντωνέλλου Γ. (1997). Δομή των βενθικών βιοκοινωνιών του Ν. Ευβοϊκού κόλπου σε σχέση με φυσικού και ανθρωπογενείς παράγοντες. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συμπόσιου Ωκεανογραφίας & Αλιείας. ΤΟΜΟΣ I.

Κλαουδάτος, Σ. (2005). Υδατοκαλλιέργειες 1. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος. σελ 18.

Κούκουρας, Θ. και Βουλτσιάδου Ε. (1999). Θαλάσσια Βιολογία. University Studio Press, Θεσσαλονίκη. σελ 165-166.

Λουκμίδου, Σ. (2005). Βιολογική Υδατοκαλλιέργεια στη Ευρωπαϊκή Ένωση. Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές για το μέλλον. 3^ο Διεθνές Συνέδριο Βιολογικής Κτηνοτροφίας. Πάτρα.

Λυκάκης, Σ. (1996). Οικολογία. Εκδόσεις Συμμετρία. Πάτρα. σελ 126-140.

Μεντέ, Ε. (2008). Οργανική και βιολογική υδατοκαλλιέργεια τσιπούρας: πρότυπο πειραματικό έργο εκτροφής και παραγωγής. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Διεύθυνση Υδατοκαλλιεργειών και Υδάτων, σελ 85.

Μήτσιος Ι. (1999). Εδαφολογία. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα. σελ 49-53.

Νεοφύτου, Ν. (2007). Διερεύνηση των επιπτώσεων από τη εγκατάσταση και λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων, με έμφαση στη επιλογή δεικτών καθοριστικών του βαθμού της προκαλούμενης ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Περδικάρης, Κ., Κοσμάς Ν., Ευαγγελία Γ., Άννα Ε. και Πάσχος Γ. (2006).

Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον. Εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών & Εσωτερικών υδάτων. ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα Ιχθυοκομίας – Αλιείας.

Στεργίου, Κ.Ι. (1991). Τα οικοσυστήματα του Ευβοϊκού και Παγασητικού Κόλπου.

Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών. Αλιευτικά Νέα. σελ 57-67.

Στρατάκος, Α. (2009). Εκτροφή βιολογικής τσιπούρας (*Sparus aurata*).

Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Τσαγκάρη, Κ., Moate R., Νικολαΐδου Α. και Παπαθανασίου Ε. (1997). Παρουσία

βαρέων μετάλλων σε κυτταρικά οργανίδια νεφρού και πεπτικού αδένα μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) από τον Όρμο της Λάρυμνας (Β. ΕΥΒΟΙΚΟΣ).

Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συμπόσιου Ωκεανογραφίας & Αλιείας, 1997 - ΤΟΜΟΣ Ι. σελ 109-114.

ΦΕΚ Ευρωπαϊκής Ένωσης (2007).

ΦΕΚ Ευρωπαϊκής Ένωσης (2009).

Χαριζόπουλος, Ν. (2009). Αλληλεπίδραση Εκβολικού Συστήματος του Σπερχειού

ποταμού και Υδατοκαλλιεργειών. Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

B. Διεθνής Βιβλιογραφία

- Angel, D.L., Verghese S., Lee J.J., Saleh A.M., Zuber A.D., Lindell D. and Symons A. (2000).** Impact of a net cage fish farm on the distribution of benthic foraminifera in the northern gulf of Eilat (Aqaba, Red Sea). *Foraminiferal Research*, 30:54-65.
- Beardmore, J.A., Mair G.C. and Lewis R.I. (1997).** Biodiversity in aquatic systems in relation to aquaculture. *Aquaculture Research*, 28:829-839.
- Bray, J. R. and Curtis J.T. (1957).** An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27:325-349.
- Brown, J.R., Gowen R.J., and McLusky D.F. (1987).** The effect of salmon farming on the benthos of a Scottish sea loch. *Experimental Marine Biology and Ecology*, 109:39-51.
- Catsiki, V.A. and Florou H. (2006).** Study on the behavior of the heavy metals Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and ¹³⁷Cs in an estuarine ecosystem using (*Mytilus galloprovincialis*) as a bioindicator species: the case of Thermaikos gulf, Greece *Environmental Radioactivity*, 86:31-44.
- Clarkson, E.N.K. (1998).** *Invertebrate Palaeontology and Evolution*. Blackwell, Oxford. 203 p.
- Costanzo, S.D., Murby J. and Bates J. (2005).** Ecosystem response to antibiotics entering the aquatic environment. *Marine Pollution Bulletin*, 51:218-223.
- Crawford, C.M., Macleod C.K.A. and Mitchell I.M. (2003).** Effects of shellfish farming on the benthic environment. *Aquaculture*, 224:117-140.
- Crowe, T.P., Smith E.L., Donkin P., Barnaby D.L. and Rowland S.J. (2004).** Measurements of sublethal effects on individual organisms indicate community-level impacts of pollution. *Ecology*, 41:114-123.

- Dantard, M., Frechilla M. and Ballesteros M. (1990).** Fauna malacologica del Estany des Peix (Formentera), CRC Press, Paris. 111-125 p.
- D'Angelo and Gargiullo. (1978).** Da alle conchiglie mediterranee. Fabbri, Milano. 73-216 p.
- Drake, P. and Arias A.M. (1997).** The effect of aquaculture practices on the benthic macroinvertebrate community of a lagoon system in the Bay of Cádiz (southwestern Spain). *Estuaries and Coasts*, 6:677-688.
- FAO. (2006).** State of world aquaculture 2006, FAO Fisheries Technical Paper. No. 500, Rome, Italy.
- FAO. (2009).** Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) .The state of world fisheries and aquaculture. 16 p.
- Fernandes, T.F., Eleftheriou A., Ackefors A., Eleftheriou M., Ervik M., Sanchez-Mata A., Scanlon T., White P., Cochrane S., Pearson P.H. and Read P.A. (2001).** The scientific principles underlying the monitoring of the environmental impacts of aquaculture. *Applied Ichthyology*, 17:181-193.
- Field, J.G., Clark K.R. and Warwick R.M. (1982).** A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8:37-52.
- Frankic, A. and Hershner C. (2003).** Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture. *Aquaculture international*, 11:517-530.
- Friligos, N. (1987).** Eutrophication assessment in Greek coastal waters. *Toxicology Environmental Chemistry*, 15:185-196.
- Gamito, S. (2010).** Caution is needed when applying Margalef diversity index. *Ecological Indicators*, 10:550-551.
- Gibson, R.N., Atkinson R.J.A. and Gordon J.D.M. (2005).** Oceanography and Marine biology. CRC. Florida. 138-139 p.

- Graca, M.A.S., Barlocher F. and Gessner M.O. (2007).** Methods to study Litter Decomposition. Springer, Dordrecht. 310 p.
- Hansen, P.K., Ervik P., Schaanning M., Johannessen P., Aure J., Jahnsen T. and Stigebrandt A. (2001).** Regulating the local environmental impact of intensive, marine fish farming: II. The monitoring programme of the MOM system (Modelling–Ongrowing fish farms–Monitoring). *Aquaculture*, 194:75-92.
- Hargrave, B. (2005).** Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture. Springer. Berlin. 182-184 p.
- Hargrave, B.T., Phillips G.A., Doucette L.I., White M.J., Milligan T.G., Wildish D.J. and Cranston R.E. (1997).** Assessing benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture. *Water, Air & Soil Pollution*, 99:641-650.
- Hickman, C.P., Roberts L.S. and Larson A. (2001).** Integrated Principles of Zoology, 11th Edition. McGraw Hill, New York. 337-341 p.
- Iwama, G.K. (1991).** Interactions between aquaculture and the environment. *Environmental Science and Technology*, 21:177-126.
- Jahncke, M.L., Garrett E.S., Reilly A., Martin R.E. and Cole E. (2002).** Public, Animal and Environmental Aquaculture health Issues. Wiley and Sons, New York. 47 p.
- Jensen, J.J. (1990).** Increased abundance and growth of the suspension feeding bivalve *Corbula gibba* in a shallow part of the eutrophic Limfjord, Denmark. *Sea Research*, 27:101-108.

- Jurd, R.D. (2004).** Animal Biology. Garland Science. New York. 30-34 p.
- Kalantzi, I. and Karakassis I. (2006).** Benthic impacts of fish farming: Meta-analysis of community and geochemical data. *Marine Pollution Bulletin*, 52:484-493.
- Karakassis, I., Tsapakis M. and Hatziyanni E. (1998).** Seasonal variability in sediment profiles beneath fish farm cages in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 162:243-252.
- Karakassis, I., Hatziyanni E., Tsapakis M. and Plaiti W. (1999).** Benthic recovery following cessation of fish farming: a series of successes and catastrophes. *Marine Ecology Progress Series*, 184:205-218.
- Karakassis, I., Tsapakis M., Hatziyanni E., Papadopoulou K.N. and Plaiti W. (2000).** Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *Marine Science*, 57:1462-1471.
- Karayucel, S. and Karayucel I. (2008).** The effect of environmental factors, depth and position on the growth and mortality of raft-cultured blue mussels (*Mytilus edulis*). *Aquaculture Research*, 31:893-899.
- Kiorboe, T., Mohlenberg F. and Norh O. (2004).** Effect of suspended bottom material on growth and energetic in *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 61:283-288.
- Klaoudatos, S.D., Klaoudatos D.S., Smith J., Bogdanos K. and Papageorgiou E. (2006).** Assessment of site specific benthic impact of floating cage farming in the eastern Hios Island, Eastern Aegean Sea, Greece. *Experimental Marine Biology and Ecology*, 338:96-111.
- Kümmerer, K. (2009).** Antibiotics in the aquatic environment. *Chemosphere*, 75: 417-434.

- Lefkaditou, E., Siapatis A. and Somarakis S. (2005).** Juvenile planktonic cephalopods sampled off the coasts of central Greece (Easter Mediterranean) during winter. *Phuket Marine Biological Center Research*, 66:259-265.
- Lem, A. (2004).** An Overview of the Present Market and Trade Situation in the Aquaculture Sector - the Current and Potential Role of Organic Products, *FAO Fishery Industries Division HCM City*.
- Lunger, A.N., McLean E. and Craig S.R. (2007).** The effects of organic protein supplementation upon growth feed conversion and texture quality parameters in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 264:342-352.
- Machias, A., Karakassis I., Labropoulos M., Somarakis S., Papadopoulou K.N. and Papaconstantinou C. (2004).** Changes in wild fish assemblages after the establishment of a fish farming zone in an oligotrophic marine ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60:771-779.
- Margalef, R. (1957).** La teoria de information en ecologia. *Mem. Real. Acad. Cienc. General Systems*, 3:36-71.
- Mazzola, A., Mirto S., Rosa T.L., Fabiano M. and Danovaro R. (2000).** Fish-farming effects on benthic community structure in coastal sediments: analysis of meiofaunal recovery. *Marine Science*, 57:1454-1461.
- Mente, E., Pierce G.S., Santos B.M. and Neofitou C. (2006).** Effect of feeding in the culture of Salmonids on the marine aquatic environment: a synthesis for European aquaculture. *Aquaculture International*, 14:499-522.
- Meric, E., Avsar N., Nazik A., Barut I.F., Bergin F., Balkis N., Oncel M.S. and Yesilyurt S.K. (2008).** The response of benthic foraminifer, ostracod, and

mollusc assemblages to environmental conditions: a case study from the Camalti Saltpan. *Mediterranean Marine Science*, 1:121-132.

Mirto, S., La Rosa T., Gambi C., Danovaro R. and Mazzola, A. (2002) Nematode community response to fish-farm impact in the western Mediterranean. *Environmental Pollution*, 116:203-214.

Naylor, R.L., Goldburg R.J., Primavera J.H., Kautsky N., Beveridge M.C.M., Clay J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H. and Troell M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405:1017-1024.

Pennec, M.L., Beninger P.G. and Herry A. (1995). Feeding and digestive of bivalve molluscs to sulphide- rich habitats. *Biochemistry and Physiology*, 111:183-189.

Pielou, G. C. (1969). An introduction to mathematical ecology. Ed. Wiley, New York. 286 p.

Pillay, T.V.R. and Kutty M.N. (2005). Aquaculture – Principles and Practise. Blackwell, Oxford. 284-285 p.

Pohle, G., Frost B. and Findlay R. (2001). Assessment of regional benthic impact of salmon mariculture within the Letang Inlet, Bay of Fundy. *Marine science*, 58:417-426.

Sanders, H. L. (1968). Marine benthic diversity: A comparative study. *The American Naturalist*, 102:243-282.

Satsmadjis, J. and Voutsinou T.E. (1984). Patterns of trace elements in sediments of a greek tidal channel. *Marine Pollution Bulletin*, 15:117-118.

Scoulos, M. and Dasenakis M. (1983). Trace metals in a tidal Mediterranean embayment. *Marine Pollution Bulletin*, 14:24-29.

- Shang, Y.C. (1981).** Aquaculture Economics: Basic concepts and Methods of Analysis. Westview Press, Colorado. 3-4 p.
- Shannon, C. E. and Weaver N (1949).** The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA.
- Shepard, F. (1954).** Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. Sedimentary Research, 24:151-158.
- Stenton-Dozey, J.M.E., Jackson L.F. and Busby A.J. (1999).** Impact of mussel culture on macrobenthic community structure in Saldanha Bay, South Africa. Marine Pollution Bulletin, 39:357-366.
- Sureda, A., Box A., Deudero S. and Pons A. (2009).** Reciprocal effects of caulerpenyne and intense herbivorism on the antioxidant response of *Bittium reticulatum* and *Caulerpa taxifolia*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 11:795-801.
- Talbot, C. and Hole R. (1994).** Fish diets and the control of eutrophication resulting from aquaculture. Applied Ichthyology, 10:258-270.
- Taylor, J.D., Cleveely R.J. and Morris N.J. (1983).** Predatory gastropods and their activities in the blackdown greensand of England. Palaeontology, 26:521-533.
- Tovar, A., Moreno C., Manuel-Vez M.P. and García-Vargas M. (2000).** Environmental impacts of intensive aquaculture in marine waters. Water Research, 34:334-342.
- Warwick, R. M. (1986).** A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. Marine Biology, 92:557-562.

Wu, R.S.S.U., Lam K.S., MacKay D.W., Lau T.C. and Yam. V. (1994). Impact of marine fish farming on water quality and bottom sediment: A case study in the sub-tropical environment. *Marine Environmental Research*, 38:115-145.

Zar, J. H. (1984). Biostatistical analysis. Prentice-Hall. 718 p.

Γ. Διευθύνσεις Διαδικτύου

- www.bio.miami.edu.com
- www.certh.gr.
- www.googlemaps.com
- www.nmr-pics.nl.com
- www.ocean.odu.edu.com
- www.ucmp.berkeley.edu.com
- www.users.uoa.gr

ABSTRACT

The aim of the present study was the evaluation of the environmental impact arising from the conventional and organic fish farming on the mollusk fauna of Larymna Gulf. In order to achieve this goal, we collected sediment samples, we conducted grain-size analysis, separating and classification of the soft fauna's organisms, and performed an evaluation of the species' variety with indexes and finally a statistical analysis of the results.

The grain-size analysis of the sediment showed that S1 sampling station (conventional fish farming) is comprised of 91.44% sand, 3.28% silt and 5.28% clay, S2 sampling station (organic fish farming) is comprised of 91.28% sand, 3.44% silt and 5.28% clay and S3 sampling station (control) is comprised of 88.16% sand, 2.56% silt and 9.28% clay.

A total number of 2199 individuals, belonging to 120 species were indentified. Furthermore, the maximum number of species and abundance recorded at the S3 station.

The one-way ANOVA showed no significant differences for all benthic community parameters except for abundance (N) and species evenness (J'). Furthermore, the two-way ANOVA showed no significant differences for all benthic community parameters except for species evenness (J').

According to the results of the present study, from 11 main soft fauna species which were encountered in total only one was common among the three sampling stations with presence greater than 1% of the total abundance. This was the *Bittium reticulatum* during spring.

Cluster analysis based on Bray-Curtis similarity index indicated the presence of three major Groups with 57% similarity. Multidimensional Scaling (MDS) results indicate three distinct Groups. K-dominance curve are separated into three distinct curves with an increased elevation of the S1 sampling station followed by S2 and S3 sampling station indicating a reduction in diversity.

According to the results of this essay, we can conclude that organic fish farming can reduce the negative impacts of aquaculture in the aquatic environment.

Key words: Larymna Gulf, organic fish farming, mollusk fauna, sediment

