

## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

### ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

#### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ-ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

#### ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Αλληλεπίδραση εκβολικού συστήματος του Σπερχειού ποταμού και υδατοκαλλιεργειών»



ΧΑΡΙΖΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2009

**«Αλληλεπίδραση Εκβολικού Συστήματος του Σπερχειού ποταμού  
και Υδατοκαλλιεργειών»**

### **Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

- **Χρήστος Νεοφύτου**, Καθηγητής, Ιχθυολογία-Υδροβιολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων.
- **Δημήτριος Βαφείδης**, Μόνιμος Επίκουρος Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και άμεση - έμμεση χρησιμότητά τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.
- **Κων/νος Κορμάς**, Μόνιμος Επίκουρος Καθηγητής, Οικολογία Υδάτινης Στήλης με έμφαση στα Μικροβιακά και Τροφικά Είδη, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω αυτούς που βοήθησαν ενεργά στην υλοποίηση της. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της εργασίας Καθηγητή κ. Χρήστο Νεοφύτου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου την παρούσα Μεταπτυχιακή εργασία. Οι καίριες παρεμβάσεις του ήταν καθοριστικές για την πορεία της παρούσας εργασίας.

Επίσης τα υπόλοιπα μέλη της Τριμελούς Επιτροπής Παρακολούθησης, τον Μόνιμο Επίκουρο Καθηγητή κ. Δημήτρη Βαφείδη και τον Μόνιμο Επίκουρο Καθηγητή κ. Κώστα Κορμά για τις υποδείξεις και τις συμβουλές τους. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Διδάκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Νίκο Νεοφύτου για την όλη στήριξη και βοήθεια του τόσο σε επίπεδο δειγματοληψιών όσο και σε υλικοτεχνικό. Ευχαριστίες εκφράζονται και προς τον κ. Κώστα Σκόρδα Συνεργάτη του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τη βοήθειά του στην ανάλυση του οργανικού άνθρακα. Θέλω, επίσης, να ευχαριστήσω το φίλο κ. Κώστα Ζάρρα, Λέκτορα της Θεολογικής σχολής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και συγγραφέα, για τη βοήθειά του στην επιμέλεια του κειμένου. Ευχαριστίες εκφράζονται, επίσης, στους Αλέξη Λόλα και Γιώργο Λεμπέση για τη βοήθειά τους.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τον Σιμεών Μπούμπα και Γιώργο Λεμπέση για τη φιλοξενία και όλους όσους βοήθησαν άμεσα ή έμμεσα για να ολοκληρωθεί αυτή η διατριβή.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε με σκοπό να διερευνηθεί η αλληλεπίδραση του εκβολικού συστήματος του Σπερχειού ποταμού με τις μυδοκαλλιέργειες του Μαλιακού Κόλπου. Επιλέχθηκαν δύο σταθμοί αντιπροσωπευτικοί της αλληλεπίδρασης αυτής. Ο ένας σε μια μονάδα καλλιέργειας μυδιών και ο άλλος σε απόσταση 500 μέτρων μέσα στο εκβολικό του Σπερχειού.

Η εκπόνησή της στηρίχθηκε στην καταγραφή και μελέτη των φυσικών και χημικών παραμέτρων του θαλάσσιου οικοσυστήματος και στην καταγραφή και μελέτη του μακροζωοβένθους.

Η στήλη του νερού ήταν ομογενοποιημένη και δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές των φυσικών και χημικών παραμέτρων θερμοκρασίας, αλατότητας, διαλυμένου οξυγόνου και χλωροφύλλης  $\alpha$  μεταξύ των Σταθμών. Η ελάχιστη θερμοκρασία ( $10,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) παρατηρήθηκε τον Μάρτιο στο Σταθμό S<sub>2</sub> λόγω των ψυχρών υδάτινων μαζών του Σπερχειού εξαιτίας της τήξης του χιονιού και η ψηλότερη ( $27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) τον Ιούλιο στον ίδιο Σταθμό. Δεν παρατηρήθηκε η ανάπτυξη πλήρους εποχικού θερμοκλινούς σε κανένα από τους σταθμούς.

Η αλατότητα εμφάνισε μικρές κάθετες διακυμάνσεις και στους δύο σταθμούς, και δεν σχηματίστηκε αλοκλινές. Οι ελάχιστες τιμές εμφανίστηκαν από Νοέμβριο έως και Φεβρουάριο σαν αποτέλεσμα της εισροής γλυκού νερού από το Σπερχειό. Αυτές ήταν σταθερά πάνω από τα 36 psu λόγω της εξαιρετικά άνωδρης περιόδου και οι μέγιστες τιμές κατά τους μήνες του καλοκαιριού.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου δεν έφθασε ποτέ σε περιοριστικό επίπεδο κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών και κυμάνθηκε μεταξύ 4,6-

8,5 ppm. Δεν εμφανίστηκε, επίσης, κάποια διαφοροποίηση με το βάθος, αλλά ούτε μεταξύ των σταθμών εξαιτίας της έλλειψης πλήρους θερμοκλινούς ή αλοκλινούς. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν το χειμώνα και οι χαμηλότερες το καλοκαίρι, καθώς είναι γνωστό ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνουν τη διαλυτότητα του οξυγόνου.

Τα επίπεδα χλωροφύλλης  $\alpha$  ακολούθησαν παρόμοιο εποχικό και τοπικό πρότυπο διακύμανσης. Οι δύο σταθμοί είχαν παρεμφερείς συγκεντρώσεις με το Σταθμό  $S_2$  να έχει πάντα μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωροφύλλης. Η μέση τιμή χλωροφύλλης  $\alpha$  ήταν  $5,0 \pm 2,92 \text{ mg/m}^3$ .

Οι ψηλές συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων αποδόθηκαν στον συνδυασμό της αυτόχθονης αναγέννησής τους από το φυτοπλαγκτό και της αύξησης της συγκέντρωσής τους από τον Σπερχειό ο οποίος αποτελεί μια σημαντική πηγή αυτών. Η δε εποχιακή τους διακύμανση ακολούθησε αυτήν της παροχής του ποταμού. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων παρατηρήθηκαν κυρίως το χειμώνα και την άνοιξη στο Σταθμό  $S_2$  ενώ το καλοκαίρι οι τιμές όλων των αλάτων ελαττώθηκαν. Η διακύμανση τους ήταν:  $\text{NH}_4$  (0,03-10,27  $\mu\text{Mol/l}$ ),  $\text{NO}_2$  (0,03-17,33  $\mu\text{Mol/l}$ ),  $\text{NO}_3$  (1,09-114,68  $\mu\text{Mol/l}$ ),  $\text{PO}_4$  (0,04-22,31  $\mu\text{Mol/l}$ ) και  $\text{SiO}_2$  (4,92-36,12  $\mu\text{Mol/l}$ ). Ο γρήγορος ρυθμός οριζόντιας ανάμιξης των υδάτων στο Μαλιακό κόλπο συντελεί στη μικρότερη συγκέντρωση αυτών στο Σταθμό  $S_1$ . Φαίνεται ότι η μονάδα μυδοκαλλιέργειας δεν επηρεάζει θετικά την αύξηση στη συγκέντρωση των θρεπτικών αλάτων δεδομένου ότι υπολείπεται σε σχέση με τον Σταθμό  $S_2$ .

Η κοκκομετρική ανάλυση έδειξε ότι το ίζημα του Σταθμού  $S_1$  είναι αργιλώδες με 5,28% άμμο, 37,64% ιλύ και 57,08% άργιλο. Αντίστοιχα του  $S_2$  ιλυ-

αργιλώδες με σύσταση 0,56% άμμο, 52,00% ιλύ, και 47,44% άργιλο. Η διαφορά στα ποσοστά ιλύος-αργίλου ανάμεσα στους σταθμούς αποδόθηκε στα θαλάσσια ρεύματα. Τα υπό αιώρηση κλάσματα αργίλου λόγω μεγέθους καθιζάνουν με πιο αργούς ρυθμούς από την ιλύ και επομένως μεταφέρονται και τελικά καθιζάνουν σε περιοχές πιο μακριά από το δέλτα.

Τα ποσοστά οργανικής ουσίας και οργανικού άνθρακα ήταν υψηλά σε σχέση με άλλες περιοχές και δεν διέφεραν μεταξύ των σταθμών. Αυτή η παρατήρηση αποδόθηκε ως να οφείλεται πιθανά στα θαλάσσια ρεύματα, τα οποία διέσπειραν τις οργανικές εισροές του Σπερχειού και τα προϊόντα της πρωτογενούς παραγωγής στην περιοχή των σταθμών μας. Το ψηλό ποσοστό οργανικής ύλης 11-12% συνδυαζόταν με χαμηλό ποσοστό οργανικού άνθρακα 2-4% και στους δύο σταθμούς.

Η μακροζωοβενθική κοινωνία χαρακτηρίστηκε από χωρική ετερογένεια ως προς τις διεργασίες που επηρεάζουν τα δύο καθοριστικά συστατικά της ποικιλότητας, δηλαδή τον αριθμό ειδών και την ομοιομορφία. Μέρος της ετερογένειας αυτής αποδόθηκε στα κυρίαρχα είδη του μακροζωοβένθους που δεν είναι κοινά μεταξύ των σταθμών. Αυτή οφείλεται στις διαφορετικές οικολογικές συνιστώσες που επικρατούν στους σταθμούς μας εξαιτίας του εκβολικού συστήματος του ποταμού. Η επικράτηση των αιωρηματοφάγων και ιζηματοφάγων γαστερόποδων *Turritella communis* και *Turritella sp.*, των μαλακίων *Corbula gibba*, *Tellina pulchella* και του αμφίποδου *Ampelisca sp.*, αποδόθηκε ως να οφείλεται στο συνδυασμό ψηλού ποσοστού ιλύος στο υπόστρωμα και σχετικά μεγάλης ποσότητας ιλυοαργιλωδών εκφορτίσεων.

Δεν παρατηρήθηκε η μυδοκαλλιέργεια να προκαλεί οικολογική αστάθεια ή ρύπανση στο περιβάλλον που την περιβάλλει. Αντίθετα, το εκβολικό του Σπερχειού ποταμού φαίνεται να κυριαρχεί πλήρως στην περιοχή.

**Λέξεις κλειδιά:** Εκβολικό σύστημα Σπερχειού, μυδοκαλλιέργεια, φυσικοχημικές παράμετροι, μακροζωοβένθος.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>10</b>
1.1 Εκβολές.....	10
1.1.1 Ορισμός εκβολών.....	10
1.1.2 Προέλευση και τύποι των εκβολών.....	10
1.2 Επίδραση Υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον.....	12
1.3 Βιβλιογραφική αναδρομή.....	14
1.4. Σκοπός της έρευνας.....	18
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>19</b>
2.1 Περιοχή έρευνας.....	19
2.2 Δειγματοληψία-Τεχνικές πεδίου.....	22
2.3 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.....	25
2.3.1 Υδάτινη στήλη.....	25
2.3.1.1 Θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο και χλωροφύλλη	25
α.....	
2.3.1.2 Θρεπτικά άλατα.....	25
2.3.2 Ίζημα.....	27
2.3.2.1 Κοκκομετρική ανάλυση.....	27
2.3.2.2 Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας.....	28
2.4 Βιολογικά χαρακτηριστικά	29
2.4.1 Μακροζωοβένθος.....	29
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>33</b>
3.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.....	33

3.1.1 Υδάτινη στήλη.....	33
3.1.1.1 Θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο και χλωροφύλλη α.....	33
3.1.1.2 Θρεπτικά άλατα.....	43
3.1.2 Ίζημα.....	49
3.1.2.1 Κοκκομετρική ανάλυση.....	49
3.1.2.2 Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας.....	51
3.2 Βιολογικά χαρακτηριστικά	54
3.2.1 Μακροζωοβένθος.....	54
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>82</b>
4.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.....	82
4.1.1 Υδάτινη στήλη.....	82
4.1.1.1 Θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο και χλωροφύλλη α.....	82
4.1.1.2 Θρεπτικά άλατα.....	86
4.1.2 Ίζημα.....	89
4.1.2.1 Κοκκομετρική ανάλυση.....	89
4.1.2.2 Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας.....	91
4.2 Βιολογικά χαρακτηριστικά.....	92
4.2.1 Μακροζωοβένθος.....	92
<b>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>102</b>
<b>6. ABSTRACT.....</b>	<b>126</b>
<b>7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>129</b>

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Εκβολές

#### 1.1.1 Ορισμός εκβολών

Οι εκβολές είναι λίγο ή πολύ κλειστές παράκτιες περιοχές, όπου το ποτάμιο νερό συναντάει και αναμιγνύεται με το θαλασσινό. Αποτελούν δε περιβάλλον που φιλοξενεί πολύ λιγότερα είδη σε σχέση με τις βραχώδεις ακτές. Παρόλα αυτά, περιλαμβάνονται ανάμεσα στα πιο παραγωγικά οικοσυστήματα του πλανήτη (Castro & Huber, 1999). Τα εκβολικά και η γειτονική παράκτια ζώνη αντιπροσωπεύουν περιβάλλοντα δυναμικών αλληλεπιδράσεων, υψηλής βιολογικής παραγωγικότητας και ανακύκλωσης θρεπτικών (Kennish, 1990). Σε γενικές γραμμές, τα παράκτια οικοσυστήματα, που δέχονται ποτάμιες εισροές, θεωρούνται «συστήματα εναπόθεσης» υλικών, τόσο ποτάμιας, όσο και θαλάσσιας προέλευσης (Levinton, 1982: Aller *et al.* 1996: Levin *et al.* 2001).

#### 1.1.2 Προέλευση και τύποι των εκβολών

Οι εκβολές είναι διασκορπισμένες κατά μήκος των ακτών σε όλους τους ωκεανούς και ποικίλλουν πολύ όσον αφορά στην προέλευση, τον τύπο και το μέγεθος. Μπορεί να ονομάζονται λιμνοθάλασσες ή βαλτοτόπια, αλλά όλες έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό τη μίξη ποτάμιου και θαλασσινού νερού, σε κάπως κλειστά τμήματα της ακτής.

Οι εκβολές σχηματίστηκαν όταν το επίπεδο της στάθμης της θάλασσας ανέβηκε, εξαιτίας της τήξης των πάγων, στο τέλος της τελευταίας παγετώδους

περιόδου, πριν από 18.000 χρόνια, περίπου. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, η θάλασσα εισέβαλε στα πεδινά και τα στόμια των ποταμών. Αυτές οι εκβολές ονομάζονται πλημμυρισμένες ποταμο-κοιλιάδες. Ένας δεύτερος τύπος εκβολών είναι οι φραγμογενείς εκβολές. Εδώ, η συσσώρευση ιζημάτων κατά μήκος της ακτής δημιουργεί αμμοφράγματα και νησοφράγματα που λειτουργούν ως τείχος ανάμεσα στον ωκεανό και το νερό των ποταμών. Άλλες εκβολές, όπως ο κόλπος του San Francisco στην Καλιφόρνια, δημιουργήθηκαν όχι επειδή ανέβηκε το επίπεδο της θάλασσας, αλλά εξαιτίας βύθισης της ξηράς, ή καθίζησης, ως απόρροια των κινήσεων του φλοιού της γης. Αυτές είναι γνωστές ως τεκτονικές εκβολές. Άλλος τύπος εκβολών είναι οι φιόρδ, που δημιουργήθηκαν όταν οι παγετώνες που υποχωρούσαν χάραξαν βαθιά, συχνά με εντυπωσιακό τρόπο, πεδιάδες κατά μήκος των ακτών. Όταν το επίπεδο της θάλασσας ανέβηκε, οι πεδιάδες βυθίστηκαν κατά ένα μέρος και τα ποτάμια σήμερα ρέουν μέσα σε αυτές (Castro & Huber, 1999).

Στην Ελλάδα οι εκβολές που συναντώνται ανήκουν σχεδόν στο σύνολό τους στις φραγμογενείς· αυτό ισχύει εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν υπάρχουν έντονα παλιρροϊκά φαινόμενα, καθώς το εύρος διακύμανσης της στήλης του νερού είναι μικρό (περίπου 60 cm) σε αντίθεση με άλλες χώρες, όπως η Ολλανδία, όπου μπορεί να φτάσει μέχρι και 5 m. Ο μηχανισμός δημιουργίας αυτού του τύπου εκβολών περιγράφεται διεξοδικά από τον Χρόνη (1997) : υπόπυκνες (χαμηλότερης αλατότητας) εκροές των ποταμών συναντούν υψηλότερης αλατότητας θαλάσσιες μάζες στην περιοχή της εκβολής. Αυτή η ανάμιξη οδηγεί στη δημιουργία ενός καθεστώτος στρωμάτωσης της πυκνότητας στο στόμιο της εκβολής. Ωστόσο, η ροή του ποταμού προκαλεί την κάθετη ανάμιξη της στήλης,

οπότε επέρχεται σταδιακή καθίζηση και απόθεση του πλέον χοντρόκοκκου ποτάμιου υλικού λόγω βαρύτητας γύρω από την εκβολή. Μαζί με τα βαρύτερα κλάσματα συμπαρασύρεται και καθιζάνει ένα μέρος των λεπτόκοκκων υλικών (άργιλος), φαινόμενο γνωστό ως ηλεκτροχημική κροκίδωση. Τα λεπτόκοκκα κλάσματα, παραμένουν σε κατάσταση αιώρησης κοντά στον πυθμένα, δημιουργώντας μια νεφελοειδή στρώση που κινείται πάνω από τον πυθμένα με διεύθυνση που επηρεάζεται από τη θαλάσσια κυκλοφορία και ειδικά τα ρεύματα βάθους (near-bottom currents). Ένα άλλο μέρος της αιωρούμενης φάσης παγιδύεται μεταξύ επιφάνειας της θάλασσας και του πυκνοκλινούς, δημιουργώντας την επιφανειακή νεφελοειδή στρώση, που επίσης επηρεάζεται από το υδροδυναμικό καθεστώς. Η παρουσία της νεφελοειδούς στοιβάδας πυθμένα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία των κυρίων αποθέσεων (foresets) του μετώπου δέλτα (delta-front). Ως εκ τούτου, η περιοχή του μετώπου χαρακτηρίζεται από έντονους ρυθμούς ιζηματογένεσης. Με την απομάκρυνση από την εκβολή και με την αύξηση του βάθους η πυκνότητα της νεφελοειδούς στρώσης πυθμένα εξασθενεί λόγω ιζηματοπόθεσης. Η περιοχή αυτή των βαθύτερων αποθέσεων (bottomsets) ονομάζεται προδέλτα (prodelta) και χαρακτηρίζεται από αργούς ρυθμούς απόθεσης του λεπτόκοκκου υλικού. Στο δε υπόστρωμα κάνουν την εμφάνισή τους τα ίχνη της βιολογικής δραστηριότητας που ορίζονται ως βιοαναμόχλευση.

## **1.2 Επίδραση Υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον**

Τα τελευταία 25 χρόνια γίνεται μια πολύ σημαντική προσπάθεια σε παγκόσμια κλίμακα για την παραγωγή ζωικών πρωτεϊνών από το υδάτινο περιβάλλον. Η προσπάθεια αυτή περιλαμβάνει την εντατική εκμετάλλευση ιχθύων,

μαλακίων, οστρακοειδών και καρκινοειδών. Οι ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες σε συνδυασμό με τα ανεμολογικά στοιχεία, τη θερμοκρασία, την αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο και την κυκλοφορία του νερού, είναι οι λόγοι που σε πολλά κράτη οι υδατοκαλλιέργειες έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό. Βασικός στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι η παραγωγή ζωικών πρωτεϊνών υψηλής βιολογικής αξίας με το χαμηλότερο κόστος.

Στη χώρα μας η ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών εξελίχθηκε ταχύτατα τα τελευταία 20 χρόνια με πρωτοστατούσα την τεχνητή εκτροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata* L.) και του λαυρακιού (*Dicentrarchus labrax* L.), η παραγωγή των οποίων έφτασε το 2000 συνολικά τους 50.296 τόνους ([www.minagric.gr](http://www.minagric.gr)). Η παραγωγή από τις υδάτινες εκτροφές των οστρακοειδών, με πρωτοστατούσα την εκτροφή του μυδιού (*Mytilus galloprovincialis*), από 1.100 τόνους το 1988 έφθασε τους 32.550 τόνους το 2000 ([www.minagric.gr](http://www.minagric.gr)), καθιστώντας τη μυδοκαλλιέργεια έναν τομέα οικονομικής δραστηριότητας με μεγάλο αναπτυξιακό ενδιαφέρον.

Σημαντικό πλεονέκτημα των υδατοκαλλιεργειών είναι ότι συνεισφέρουν στην άμβλυνση της πίεσης που ασκείται από την ελεύθερη αλιεία και επιτρέπουν τη διατήρηση των θαλάσσιων πληθυσμών που κινδυνεύουν από την υπεραλίευση· ακόμη, συνυπολογίζεται το γεγονός ότι αποτελούν πηγή εισοδήματος για μερίδα κατοίκων παράκτιων περιοχών. Παρ' όλα αυτά, εξαιτίας των χρησιμοποιούμενων ιχθυοτροφών και των παραγομένων αποβλήτων από τη δραστηριότητα των μονάδων, έχουν γίνει αντικείμενο έντονης κριτικής για δυσμενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η κριτική αυτή αφορά κύρια τον τομέα των ιχθυοκαλλιεργειών, δεδομένου ότι οι μυδοκαλλιέργειες χρησιμοποι-

ούν ως τροφή το φυσικό φυτοπλαγκτόν της περιοχής τους, χωρίς να παραγνωρίζεται το γεγονός ότι και αυτές παράγουν απόβλητα.

Γενικά, ζώντας σε ένα τρομερά ευμετάβλητο υδάτινο περιβάλλον, ο υδρόβιος οργανισμός έχει να αντιμετωπίσει πολλές ιδιόμορφες περιβαλλοντικές καταστάσεις που έχουν επίδραση πάνω στην ποιότητα του νερού και που μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την ανάπτυξή του ή να οδηγήσουν σε ολική καταστροφή. Οι παράμετροι που ρυθμίζουν την ποιότητα του νερού είναι κυρίως το διαλυμένο οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, η αμμωνία, ο φώσφορος, τα αιωρούμενα λεπτόκοκκα σωματίδια (οργανικά και ανόργανα) κ.λπ.

Από τα οστρακοειδή, τα μύδια προτιμούν υδάτινο περιβάλλον εντός του οποίου η ιλύς βρίσκεται σε αιώρηση, και η αλατότητα μεταξύ 25‰ και 35‰, αλλά επειδή είναι ευρύαλα είδη, μπορούν να επιβιώνουν μέσα σε ένα μεγάλο εύρος που κυμαίνεται μεταξύ 5‰ και 38‰ (Νεοφύτου & Παναγιωτάκη, 2001).

Τέτοιες συνθήκες συναντώνται σε **εκβολές ποταμών** γι' αυτό και τα πάρκα καλλιέργειας μυδιών απαντώνται σε περιοχές, όπως η Χαλάστρα στο Θερμαϊκό ή ο Μώλος στο Μαλιακό κόλπο, που είναι και η περιοχή της εργασίας αυτής.

### 1.3 Βιβλιογραφική αναδρομή

Είναι γεγονός ότι η αλληλεπίδραση εκβολικών συστημάτων και μυδοκαλλιεργειών στο Αιγαίο δεν έχει μελετηθεί. Παράμετροι με μεγάλη οικολογική σημασία, όπως η ποσότητα των θρεπτικών, της οργανικής ύλης, τοξικών ουσιών κ.λπ., που εισρέουν μέσω των ποτάμιων εκφορτίσεων στο θαλάσσιο σύστημα, δεν έχουν εκτιμηθεί σε ποσοτικό επίπεδο. Τα απόβλητα, πιθανές τοξικές ουσίες και οι επιπτώσεις που προκαλούν οι μυδοκαλλιέργειες στο περιβάλλον,

δεν έχουν μελετηθεί πολύ, επίσης. Ένας πολύ σημαντικός λόγος για τα ελλιπή βιβλιογραφικά στοιχεία είναι ότι τα εκβολικά οικοσυστήματα είναι έντονα μεταβαλλόμενα, δυσπρόσιτα και επηρεαζόμενα από πλήθος παραγόντων. Επομένως, χρειάζεται αρκετά μεγάλη χρονοσειρά μετρήσεων για να καλυφθούν τα κενά γνώσης σχετικά με τις διακυμάνσεις των εισροών (Degens *et al.*, 1985). Επιπρόσθετα, κάθε ποταμός αποδίδει ξεχωριστό φυσικοχημικό και γεωλογικό αποτύπωμα στο οικοσύστημα των εκβολών του. Αυτό αναμένεται να επηρεάζει την απόκριση των θαλάσσιων οργανισμών και βιοκοινωνιών, αν και δεν έχει μελετηθεί ο βαθμός στον οποίο αυτό συμβαίνει (Degens *et al.*, 1991). Άλλος σημαντικός λόγος εντοπίζεται στην κοινή πεποίθηση ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μυδοκαλλιεργειών δεν είναι σημαντικές.

Οι εργασίες που αφορούν στην επίδραση των εκβολικών συστημάτων επικεντρώνονται στις φυσικοχημικές και γεωλογικές διαβαθμίσεις που υφίστανται οι θαλάσσιες βιοκοινωνίες. Η εισροή θρεπτικών, οργανικής ύλης, ιζήματος και αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης είναι το κύριο αντικείμενο μελέτης. Η αλατότητα αναγνωρίζεται ως ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την εξάπλωση της μακροβενθικής κοινότητας σε εκβολές ποταμών (Mc Lusky & Elliot, 2004). Θεωρείται δε ότι οι φυτοπλαγκτικές ανθίσεις μπροστά από τις εκβολές μεγάλων ποταμών ρυθμίζονται σχεδόν αποκλειστικά από τη ροή θρεπτικών μέσω της υδατοπαροχής των ποταμών (De Master & Pope, 1996). Παράλληλα, εκτιμάται ότι μόνον ένα πολύ μικρό μέρος των θρεπτικών που εισρέουν από τα ποτάμια δεσμεύεται από το φυτοπλαγκτόν και εναποτίθεται με τη μορφή φυτοθρυμμάτων σε βαθύτερα στρώματα του ιζήματος, χωρίς να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά (Froelich *et al.*, 1982: De Master *et al.*, 1983: De Master &



Nitrouer, 1983: Showers & Angle, 1986: Nixon, 1987: Nelson, 1992: De Master & Pope, 1996). Γενικά, εκτιμάται ότι η οργανική ύλη ποτάμιας προέλευσης είναι χαμηλής βιοαποικοδομησιμότητας και αντιπροσωπεύει μόλις το 1% της πρωτογενούς παραγωγής στην παράκτια ζώνη (Bernier, 1982: Meybek, 1982: Ittekkot, 1988). Η ανοργανοποίηση του ποτάμιου οργανικού υλικού είτε πετυγχάινεται σχετικά γρήγορα ή αυτό εξάγεται προς την ανοικτή θάλασσα (Hedges & Keil, 1995).

Ο οργανικός εμπλουτισμός του βένθους από την καλλιέργεια δίθυρων έχει γίνει κύρια το αντικείμενο μελέτης τα τελευταία χρόνια (Burford *et al.*, 1994: de Paz *et al.*, 2008). Η μαζική και εντατική παραγωγή δίθυρων οδηγεί σε ένα συνεχή οργανικό εμπλουτισμό των ιζημάτων που αυξάνει την απαίτηση σε οξυγόνο και μπορεί να οδηγήσει σε προσωρινή ανοξία (Baudinet *et al.*, 1990: Wildish *et al.*, 1990: Grenz *et al.*, 1991: Hatcher *et al.*, 1994: Barranguet, 1997, Christensen *et al.*, 2003). Επίσης, αρκετές μελέτες έχουν γίνει για τη χρησιμοποίηση των μυδιών ως βιοδείκτες της θαλάσσιας ρύπανσης λόγω της ικανότητάς τους να συσσωρεύουν τους ρύπους (Viarengo and Canesi, 1991: Cajara-ville *et al.*, 2000: Goldberg & Bertine, 2000: Orbea *et al.*, 2002: Manduzio *et al.*, 2003: Frenzilli *et al.*, 2004).

Στην Ελλάδα, οι περισσότερες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στους μηχανισμούς επέκτασης των εκβολικών προσχώσεων (Poulos & Chronis, 1997: Poulos *et al.*, 1998: Stournaras, 1999: Pavlidou, 2000: Poulos *et al.*, 2000: Albanakis *et al.*, 2001: Karageorgis & Anagnostou, 2001). Οι μελέτες που αφορούν στις φυσικοχημικές ιδιότητες της υδάτινης στήλης στις εκβολές εστίαστηκαν στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της λειτουργίας εργο-

στασιών και της παρουσίας μεγάλων αστικών κέντρων κοντά στις εκβολές. (Friligos, 1978: Readman *et al.*, 1993: Albanis *et al.*, 1994, 1995: Christou *et al.*, 1995: Friligos *et al.*, 1997: Psyllidou-Giouranovits *et al.*, 1997). Ακόμη, έχουν γίνει μελέτες σε επίπεδο οικοσυστήματος και βιοκοινωνιών (Παπαθανασίου, 1992: ΕΚΘΕ, 1994). Συγκεκριμένα, έχουν μελετηθεί η δομή των πλαγκτικών (Nicolaidou *et al.*, 1983: Christou *et al.*, 1995: Kormas *et al.*, 1998) και των βενθικών βιοκοινωνιών (Tziavos, 1979: Μπόγδανος, 1983: Nicolaidou *et al.*, 1983: Γκούβης, 1988: Κεβρεκίδης, 1988: Zenetos *et al.*, 1991: Chryssovergis & Panayotidis, 1995: Kormas *et al.*, 1997: Akoumianaki *et al.*, 2006: Akoumianaki & Nikolaidou, 2007).

Μελέτες που αφορούν τα όστρακα έχουν γίνει για τη χρησιμοποίησή τους ως βιοδείκτες βαρέων μετάλλων και θαλάσσιας ρύπανσης (Cotou *et al.*, 2001: Tsangaris *et al.*, 2004: Kalpaxis *et al.*, 2004: Zangrandi *et al.*, 2005: Catsiki & Florou, 2006: Vlahogianni *et al.*, 2007: Valavanidis *et al.*, 2008).

Στο εκβολικό σύστημα Σπερχειού ποταμού-Μαλιακού κόλπου έχουν μελετηθεί η λεκάνη απορροής, το εκβολικό του Σπερχειού και ο εσωτερικός Μαλιακός κόλπος (Κακαβάς, 1984: Κωτούλας, 1987: Πούλος, 1997). Έχουν μελετηθεί, επίσης, οι βενθικές και πλαγκτικές βιοκοινωνίες (Kormas, 1999: Kormas *et al.*, 2003: Akoumianaki *et al.*, 2006: Akoumianaki & Nikolaidou, 2007: Stasinou *et al.*, 2007). Ακόμη, στα πλαίσια μελέτης, που αφορά στη χρησιμοποίηση των οστράκων ως βιοδείκτες θαλάσσιας ρύπανσης χρησιμοποιήθηκαν ως δείγμα αναφοράς μη ρυπασμένης περιοχής Valavanidis *et al.*, (2008), μύδια από μυδοκαλλιέργεια του Μαλιακού.

Τέλος, μελέτη για την επίδραση των εκβολών στις μυδοκαλλιέργειες ή για την επίδραση αυτών στο περιβάλλον δεν έχει γίνει μέχρι σήμερα.

#### **1.4 Σκοπός της Έρευνας**

Η επίδραση του εκβολικού συστήματος του Σπερχειού ποταμού στον Μαλιακό κόλπο αφορά στο ιζηματολογικό φορτίο του ποταμού, τις εισροές θρεπτικών, τις εισροές γλυκών νερών και τη μεταφορά ρύπων. Η εμπλοκή πολλών παραμέτρων στο σύστημα εκβολών καλλιέργειας μυδιών δημιουργεί δυσκολία στην προσέγγιση του θέματος. Κατά συνέπεια, η παρούσα μελέτη εστιάστηκε στην επίδραση ορισμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων σε βιολογικές διεργασίες και σε επίπεδο βενθικών βιοκοινωνιών στον εσωτερικό Μαλιακό κόλπο, καθώς και στη μυδοκαλλιέργεια. Ως εκ τούτου, πέρα από την ποσοτική εκτίμηση (χωρικά και χρονικά) της επιρροής του εκβολικού στις μυδοκαλλιέργειες του Μαλιακού κόλπου, και λαμβάνοντας υπόψη την ιδιαιτερότητα της περιοχής – δηλαδή, το γεγονός ότι ο Μαλιακός είναι ένας ημίκλειστος κόλπος -, στόχος της παρούσας διατριβής ήταν να διερευνηθεί και η πιθανή επίδραση των μυδοκαλλιέργειών στο σύστημα εκβολών του ποταμού.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Περιοχή έρευνας

Για την υλοποίηση του σκοπού της παρούσας εργασίας επιλέχθηκε ως περιοχή έρευνας ο Μαλιακός κόλπος. Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής έγινε εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του. Αποτελεί ένα ρηχό ημίκλειστο κόλπο που δέχεται την παροχή του Σπερχειού ποταμού, ενώ παρουσιάζει έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα τόσο στο υδάτινο περιβάλλον (αλιεία και υδατοκαλλιέργειες), όσο και στην ξηρά που τον περιβάλλει (αγροτικές, βιομηχανικές και τουριστικές δραστηριότητες).

Η συνολική του έκταση είναι 90 km<sup>2</sup>. Τα φυσικά ακρωτήρια Καραβοφάναρο στα βόρεια και Χιλιομίλι στα νότια διαχωρίζουν τον κόλπο σε ανατολικό (Εξωτερικός Μαλιακός κόλπος) και δυτικό (Εσωτερικός Μαλιακός κόλπος).

Στον Εσωτερικό Μαλιακό κόλπο, όπου εντοπίζεται η περιοχή μελέτης, το ανάγλυφο του βυθού είναι ομαλό έχοντας μικρές κλίσεις προς το κέντρο του, ενώ το μέγιστο βάθος φθάνει τα 27 m. Η επιφάνειά του ανέρχεται σε 91,5 km<sup>2</sup> και το μήκος της ακτογραμμής του ανέρχεται στα 52 km (Αναγνώστου & Παπαθανασίου, 1994). Εκεί εκφορτίζεται το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού συνολικής έκτασης 2.116 km<sup>2</sup> (Κακαβάς, 1984).

Η λεκάνη του Σπερχειού δημιουργήθηκε στη διάρκεια της μεταλπικής ρηγματογενούς τεκτονικής, η οποία πληρώθηκε με κλαστικά ιζήματα που προήλθαν από διάβρωση (Παπαδέας, 1996). Μέσω της επιφανειακής απορ-

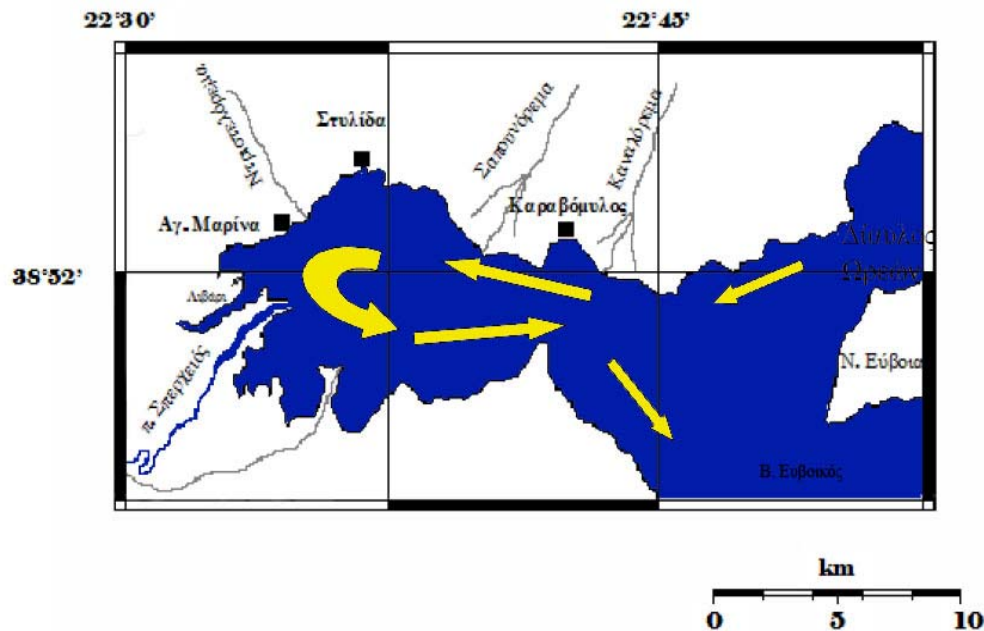
ροής του Σπερχειού εισέρχονται στο Μαλιακό  $501,1 \times 10^6 \text{ m}^3$  γλυκού νερού ανά έτος (Κακαβάς, 1984).

Στην περιοχή του Μαλιακού κόλπου οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες κυμαίνονται από 7 (τον μήνα Ιανουάριο) έως 28 °C (τον Ιούλιο) (Στοιχεία από χρονοσειρές της ΕΜΥ στο σταθμό της Λαμίας από τις περιόδους 1931-1940 και 1956-1981). Σύμφωνα με στοιχεία του ΕΚΘΕ (1994), κατά τις περιόδους βροχοπτώσεων κυρίως, αλλά και χιονοπτώσεων (φαινόμενα τα οποία είναι πιο έντονα κατά τη διάρκεια των μηνών Σεπτεμβρίου-Απριλίου) στο Μαλιακό κόλπο φτάνουν απευθείας  $120 \times 10^6 \text{ m}^3$  νερού περίπου ετησίως. Όσον αφορά το ανεμολογικό καθεστώς της περιοχής, σε ετήσια βάση, το 96% των ανέμων είναι ασθενείς έως μέτριοι και όλων των κατευθύνσεων, ενώ όταν οι άνεμοι είναι ισχυροί εντάσσεται πάνω από 5 Μποφόρ έχουν Βορειοδυτική και Δυτική κατεύθυνση, σύμφωνα με το άξονα της κοίτης του Σπερχειού (ΕΚΘΕ 1994).

Η κυκλοφορία των υδάτων στο Μαλιακό κόλπο σχετίζεται με παλίρροιες οι οποίες προκαλούν τις κινήσεις εισόδου των θαλάσσιων μαζών του Αιγαίου προς το Β. Ευβοϊκό (φάση ανόδου της θαλάσσιας στάθμης) και την αντίθετη κυκλοφορία με έξοδο των νερών του Β. Ευβοϊκού μέσω του Διαύλου των Ωρεών (Σχ. 2.1). Στο σκληρό υπόστρωμα του Μαλιακού, αλλά και στις προβλήτες του λιμανιού της Στυλίδας και στις διάφορες μαρίνες που έχουν κατασκευαστεί, υπάρχουν πληθυσμοί μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) (Kormas *et al.* 1997). Η επένδυση στη μυδοκαλλιέργεια στον εσωτερικό Μαλιακό, με 10 πλωτές μονάδες και παραγωγική δυναμικότητα 2.615 τόνων, βρίσκεται στην 5<sup>η</sup> θέση πανελλαδικά (απογραφικά στοιχεία Δ/νσεων Αλιείας του 2007). Τέλος, η αλιευτική παραγωγή του κόλπου θεωρείται σημαντική, κάτι που συνδέεται κυρίως με το

γεγονός ότι βόρεια του στομίου εκβολής του Σπερχειού βρίσκεται το Λιβάρι. Η περιοχή αυτή με χαρακτηριστικά λιμνοθάλασσας, συνολικής έκτασης 5 km<sup>2</sup> και με μέγιστο βάθος τα 5 m, λειτουργεί ως τροφικό καταφύγιο για πολλά είδη ψαριών. Το Λιβάρι τελεί υπό καθεστώς προστασίας.

Η ανθρωπογενής δραστηριότητα στο Μαλιακό κόλπο και στο Δέλτα του Σπερχειού είναι σημαντική. Όμως, οι λεπτομερείς μελέτες που πραγματοποιήθηκαν κατά την τελευταία δεκαπενταετία με αντικείμενο την περιεκτικότητα των ιζημάτων και της στήλης του Μαλιακού κόλπου σε βαρέα μέταλλα και ενώσεις-

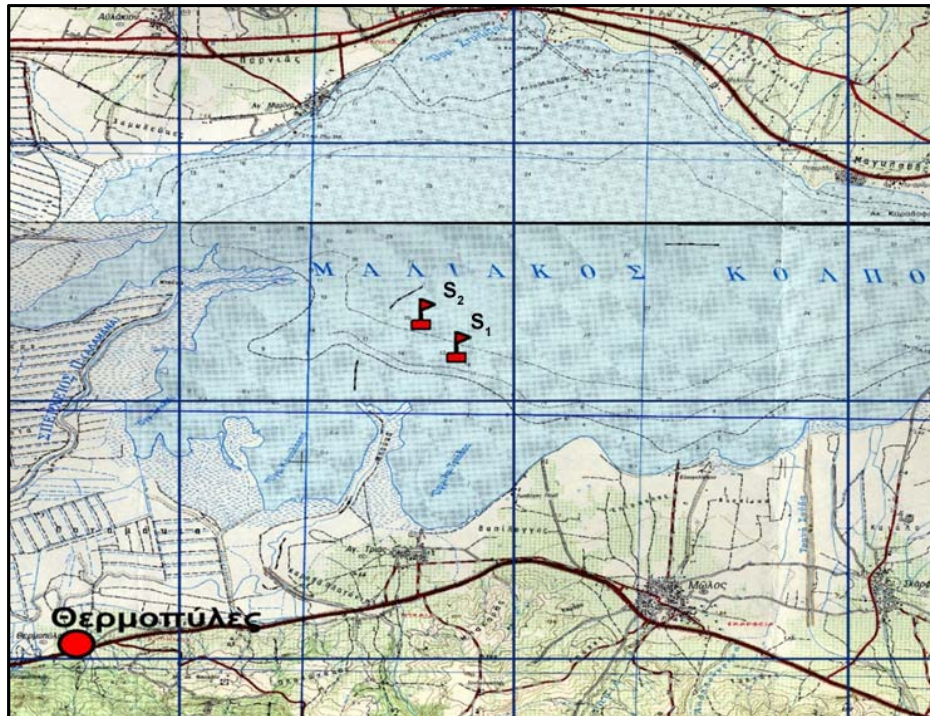


**Σχήμα 2.1** Σχηματική αναπαράσταση της κυκλοφορίας των υδάτινων μαζών στο Μαλιακό κόλπο (Χριστιανίδης, 1992).

δείκτες οργανικής ρύπανσης, κατέληξαν στο χαρακτηρισμό τόσο των ιζημάτων (ΕΚΘΕ, 1994; Anagnostou *et al.* 2000), όσο και της στήλης (Psyllidou-Giouranovits *et al.* 1997), ως «μη επιβαρημένων».

## 2.2 Δειγματοληψία - Τεχνικές πεδίου

Τα πρωτογενή δεδομένα της παρούσας εργασίας προέρχονται από δύο σταθμούς του Μαλιακού κόλπου που απέχουν μεταξύ τους 500 μέτρα (Σχ. 2.2). Για τον εντοπισμό των γεωγραφικών συντεταγμένων των σταθμών, καθώς και της ακριβούς θέσης του Σταθμού  $S_2$  σε κάθε δειγματοληψία, χρησιμοποιήθηκε φορητό GPS GARMIN (GPSMAP 60CS).



**Σχήμα 2.2** Χάρτης με τους σταθμούς δειγματοληψίας ( $S_1$  η μονάδα μυδοκαλλιέργειας και  $S_2$  ο μάρτυρας) στον Μαλιακό Κόλπο, κατά μήκος του άξονα συμμετρίας.

Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις εποχιακές δειγματοληψίες : τον Οκτώβριο του 2007, τον Φεβρουάριο, τον Απρίλιο και τον Ιούλιο του 2008, με σκοπό την ανάλυση θρεπτικών αλάτων στην στήλη του νερού και τον προσδιορισμό του ποσοστού του περιεχόμενου οργανικού υλικού, οργανικού άνθρακα και μακροζωοβένθους στο ίζημα. Εξαίρεση αποτέλεσε ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης του ιζήματος που βασίστηκε στη δειγματοληψία του καλοκαιριού και οι μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού, δηλαδή, η θερμοκρασία, η αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο και η χλωροφύλλη α. Αυτές πραγματοποιήθηκαν σε μηνιαία βάση και πάντα κατά το ίδιο χρονικό διάστημα της ημέρας (10:00-15:00).

Ειδικότερα:

- Ο πρώτος Σταθμός Δειγματοληψίας **S<sub>1</sub>** με γεωγραφικές συντεταγμένες (**38<sup>0</sup> N 50' 998''** και **22<sup>0</sup> E 36' 481''**) βρίσκεται στον Εσωτερικό Μαλιακό Κόλπο, στη θέση όρμος Αγίας Τριάδας του Δήμου Μώλου και στο Δ.Δ. Αγίας Τριάδας, όπου λειτουργεί η μονάδα της εταιρείας "ΚΑΘΡΗΝ ΦΙΣ" (Εικ. 2.1).
- Ο δεύτερος Σταθμός Δειγματοληψίας **S<sub>2</sub>** με γεωγραφικές συντεταγμένες (**38<sup>0</sup> N 51' 098''** και **22<sup>0</sup> E 36' 481''**) βρίσκεται επίσης στον Εσωτερικό Μαλιακό Κόλπο.



Στη μονάδα μυδοκαλλιέργειας της παρούσας εργασίας εκτρέφεται το δίθυρο μαλάκιο (*Mytilus galloprovincialis*), και λειτουργεί από το 2004 σε έκταση 44 στρεμμάτων, είναι δυναμικότητας 634 t/έτος και ο τύπος εκτροφής είναι με το σύστημα LONG-LINE. Για την πραγματοποίηση των δειγματοληψιών χρησιμοποιήθηκε το σκάφος της μονάδας της “ΚΑΘΡΗΝ ΦΙΣ”, “ΛΥΚΟΣ” Ν.Σ. 37, ολικού μήκους 16,35 m.



**Εικόνα 2.1** Χαρακτηριστική άποψη της μονάδας μυδοκαλλιέργειας “ΚΑΘΡΗΝ ΦΙΣ” στο Μαλιακό κόλπο (Σταθμός S<sub>1</sub>).

## 2.3 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

### 2.3.1 Υδάτινη στήλη

#### 2.3.1.1 Θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο και χλωροφύλλη α

Σε κάθε έναν από τους δύο σταθμούς, μετρήθηκαν σε μηνιαία βάση η θερμοκρασία, η αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο και η χλωροφύλλη α στη στήλη με συνεχή καταγραφέα CTD (SEABIRD-19plus).

#### 2.3.1.2 Θρεπτικά άλατα

Από κάθε σταθμό δειγματοληψίας και από κάθε βάθος ελήφθησαν σε εποχιακή βάση πέντε δείγματα νερού με φιάλη Niskin 1ℓ, από την επιφάνεια, τα 10 m και 20 m βάθους για αναλύσεις θρεπτικών (σύνολο 120 δείγματα νερού).

Για τη συντήρηση των θρεπτικών αλάτων (αμμωνιακά, νιτρικά, νιτρώδη, φωσφορικά και πυριτικά), προστέθηκε στα δείγματα χλωριούχος υδράργυρος (1 ml HgCl<sub>2</sub> σε 1 l δείγματος) και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε κατάψυξη (-20°C), μέχρι τη διενέργεια των αναλύσεων στο εργαστήριο με φασματοφωτόμετρο τύπου SHIMADZU UV-1700, σύμφωνα με τις μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω.

**Αμμωνιακά:** Για τον προσδιορισμό των αμμωνιακών αλάτων, σε συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος νερού προστέθηκε ποσότητα αντιδραστήριου φαινόλης-αλκοόλης, οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχος καταλύτης. Στη συνέχεια το μίγμα τοποθετήθηκε κάτω από υπεριώδες φως για την ανάπτυξη χρώματος για χρονικό διάστημα 40 min σε θερμοκρασία 22-27 °C και τελικά μετρήθηκε η

οπτική απορρόφηση στα 640 nm έναντι δισαπτεσταγμένου νερού (Liddicoat *et al.*, 1974).

**Νιτρικά:** Ο προσδιορισμός των νιτρικών αλάτων στο θαλασσινό νερό βασίζεται στην ιδιότητά τους να ανάγονται ποσοτικά σε νιτρώδη κατά τη διέλευση από γυάλινη στήλη που περιέχει κόκκους καδμίου περιβαλλόμενων από μεταλλικό χαλκό. Τα νιτρώδη που προκύπτουν από την αναγωγή προσδιορίζονται με διαζώτωση με σουλφανιλαμίδα και σχηματισμό αζωχρώματος με N-(1-ναφθυλ)-αιθυλενοδιαμίνη. Το αζώχρωμα μετράται φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 543 nm έναντι απεσταγμένου νερού. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιείται νιτρικό κάλιο ( $\text{KNO}_3$ ) συγκέντρωσης  $20 \mu\text{g-at N}\cdot\ell^{-1}$  (Parsons *et al.*, 1984).

**Νιτρώδη:** Τα νιτρώδη άλατα του δείγματος του θαλασσινού νερού αφήνονται να αντιδράσουν με σουλφανιλαμίδα σε όξινο περιβάλλον. Η προκύπτουσα διαζωένωση αντιδρά με N-(1-ναφθυλ)-αιθυλενοδιαμίνη και σχηματίζει ένα έντονο αζώχρωμα που μετράται φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 543 nm έναντι απεσταγμένου νερού. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιείται νιτρώδες νάτριο ( $\text{NaNO}_2$ ) συγκέντρωσης  $50 \mu\text{g-at N}\cdot\ell^{-1}$  (Parsons *et al.*, 1984).

**Φωσφορικά:** Για τον προσδιορισμό των φωσφορικών αλάτων, το δείγμα αφήνεται να αντιδράσει με ένα σύνθετο αντιδραστήριο που περιέχει μολυβδικό οξύ και τρισθενές αντιμμώνιο. Το προκύπτον σύμπλεγμα ανάγεται για να δώσει τελικά ένα βαθυγάλαζο διάλυμα που μετράται φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 885 nm. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιείται δισόξινο φωσφορικό κάλιο ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) συγκέντρωσης  $0,0816 \text{ g}\cdot\ell^{-1}$  (Parsons *et al.*, 1984).

**Πυριτικά:** Για τον προσδιορισμό των πυριτικών αλάτων, το θαλασσινό νερό αφήνεται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες να αντιδράσει με μολυβδικό διάλυμα, παράγοντας πυριτομολυβδικά, φωσφορομολυβδικά και αρσενομολυβδικά σύμπλοκα. Στη συνέχεια προστίθεται ένα αναγωγικό διάλυμα, που περιέχει θειική π-μεθυλ-αμινοφαινόλη και οξαλικό οξύ, που αντιδρά με το πυριτομολυβδικό σύμπλοκο για να δώσει ένα βαθυγάλαζο χρώμα, ενώ ταυτόχρονα αποσυνθέτει τα φωσφορομολυβδικά και πυριτομολυβδικά σύμπλοκα. Το τελικό διάλυμα φασματοφωτομετρείται σε μήκος κύματος 810 nm έναντι απεσταγμένου νερού. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιείται διάλυμα πυριτοφθοριδίου ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) συγκέντρωσης 500  $\mu\text{g-at Si.l}^{-1}$  (Parsons *et al.*, 1984).

Για τη στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων νερού των δύο σταθμών χρησιμοποιήθηκε η πολυπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (two-way nested ANOVA) με τη χρήση του λογισμικού STATISTICA (έκδοση 6.0). Τα δεδομένα των θρεπτικών αλάτων συγκρίθηκαν εποχιακά για όλα τα βάθη και τους σταθμούς. Τα διαγράμματα με τις εποχιακές συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων έγιναν με τη χρήση του Excell 2007, και αυτά με τις κατακόρυφες κατανομές τους έγιναν με τη χρήση του λογισμικού SURFER 8.

## 2.3.2 Ίζημα

### 2.3.2.1 Κοκκομετρική ανάλυση

Κατά τη διάρκεια της εποχιακής δειγματοληψίας του καλοκαιριού συλλέχθηκαν δείγματα ιζήματος 50 g το καθένα με τη βοήθεια δειγματολήπτη τύπου Van Veen από τους σταθμούς, για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής τους σύστασης (σύνολο 2 δείγματα). Τα δείγματα αυτά τοποθετήθηκαν σε πλαστικά

δοχεία και στη συνέχεια καταψύχθηκαν στους  $-20^{\circ}\text{C}$  μέχρι την ανάλυσή τους στο εργαστήριο. Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο Βουγιούκου (Μήτσιος, 1999).

### **2.3.2.2 Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας**

Κατά τη διάρκεια των τεσσάρων εποχιακών δειγματοληψιών συλλέχθηκαν και δείγματα αναμεμιγμένου ιζήματος για τον προσδιορισμό του ποσοστού του περιεχόμενου οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα (σύνολο 24 δείγματα). Η συλλογή των δειγμάτων αυτών έγινε με πλαστική σύριγγα εσωτερικής διαμέτρου 2,6 cm με κομμένο το κάτω άκρο, από επιφανειακό ίζημα που συλλέχθηκε με δειγματολήπτη τύπου Van Veen. Οι σύριγγες με το δείγμα διατηρήθηκαν στους  $-20^{\circ}\text{C}$  μέχρι την ανάλυσή τους στο εργαστήριο.

Το παγωμένο ίζημα τοποθετήθηκε σε πορσελάνινη κάψα και αποξηράθηκε σε κλίβανο στους  $70^{\circ}\text{C}$  για μια νύχτα. Το αποξηραμένο μέχρι ξηρού βάρους ίζημα κοσκινίστηκε με κόσκινο με άνοιγμα ματιού 0,5 mm. Έπειτα λειοτριβήθηκε σε πορσελάνινο ιγδίο και κοσκινίστηκε με κόσκινο με άνοιγμα ματιού 0,212 mm. Συγκεκριμένη ποσότητα ιζήματος (2-5 g) τοποθετήθηκε σε προζυγισμένη και ελεύθερη οργανικών υλικών πορσελάνινη κάψα και κάηκε για 4 ώρες στους  $500^{\circ}\text{C}$ . Το ποσοστό του περιεχόμενου οργανικού υλικού προσδιορίστηκε από τη διαφορά βάρους πριν και μετά την καύση.

Συγκεκριμένη, επίσης, ποσότητα ιζήματος (1 g) χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του ποσοστού του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στηρίζεται στην υγρή οξειδωση των οργανικών ουσιών με διχρωμικό κάλιο (μέθοδος WALKLEY-BLACK, 1934). Η ποσότητα του αναλυσόμενου διχρωμικού καλίου προσδιορίζεται με οπισθογκομέτρηση της περίσσειάς

του με διάλυμα δισθενούς σιδήρου (Gaudette *et al.*, 1974). Για τη στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων του ιζήματος των δύο σταθμών, χρησιμοποιήθηκε η πολυπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (two-way nested ANOVA) με τη χρήση του λογισμικού STATISTICA (έκδοση 6.0).

## **2.4. Βιολογικά χαρακτηριστικά**

### **2.4.1. Μακροζωοβένθος**

Για τη μελέτη του μακροζωοβένθους συλλέχθηκαν εποχιακά από κάθε σταθμό τρεις δειγματοληπτικές μονάδες (2x4x3: σύνολο 24 δείγματα) με δειγματολήπτη τύπου Van Veen (επιφάνειας 0,25 m<sup>2</sup>). Αφού ξεπλύθηκαν με θαλασσινό νερό δια μέσου μεταλλικών κόσκινων διαμέτρου 0,5 mm (Bachelet, 1990), τα δείγματα αυτά μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο μέσα σε πλαστικά δοχεία μαζί με διάλυμα φορμαλδεΰδης 10%. Ακολούθησε η διαδικασία της αναγνώρισης των οργανισμών στο δυνατότερο χαμηλό taxa με τη βοήθεια οπτικού στερεοσκοπίου (Olympus SZX9), μικροσκοπίου (Zeiss Axiostar plus) και διαφόρων έγκυρων ταξινομικών κλειδών (Fauvel, 1923: Fauvel, 1927: Day, 1967a: Day, 1967b: Campbell, 1976: Fauchald, 1977: Hayward *et al.*, 1996: Zenetos, 1996: D'Angelo & Gargiullo., 1978: De Haas & Knorr, 1966: Ruffo, 1982a: Ruffo, 1989b: Ruffo, 1993c Ruffo, 1998d: Hofrichter, 2002: Hofrichter, 2003).

Υπολογίσθηκε η αφθονία (ανά είδος και συνολική ανά δείγμα), ο αριθμός των ειδών (ανά δείγμα) και διάφοροι οικολογικοί δείκτες.

Για την εκτίμηση της ποικιλότητας των ειδών, που είναι βασική παράμετρος για την περιγραφή μιας βιοκοινωνίας, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τρεις οικολογικοί δείκτες:

α) Ο δείκτης γενικής ποικιλότητας των Shannon-Wiener (Shannon and Weaver, 1949), που είναι ευρύτερης αποδοχής (Sanders, 1968: Pielou, 1969: Field, 1971: Edwards *et al.*, 1972: Burns, 1978) και δίνεται από τον τύπο:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_2 p_i$$

όπου:  $p_i$  = Η σχετική αφθονία ενός είδους σε ένα συγκεκριμένο δείγμα μιας κοινότητας,  
 $s$  = Ο αριθμός των ειδών.

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

όπου:  $n_i$  = Ο αριθμός ατόμων του  $i$  είδους,  
 $N$  = Ο αριθμός ατόμων του δείγματος.

Ο δείκτης αυτός επηρεάζεται όχι μόνο από τον αριθμό των ειδών, αλλά και από το πόσο ομοιόμορφα είναι κατανεμημένα τα άτομα στα είδη (Sanders, 1968). Ο δείκτης μεγαλώνει όσο αυξάνει ο αριθμός των ειδών και όσο περισσότερο ομοιόμορφη γίνεται η εκπροσώπησή τους (Edwards *et al.*, 1972), ενώ είναι σχετικώς ανεξάρτητος από το μέγεθος και την επιφάνεια του δείγματος.

β) Ο δείκτης ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων ( $J'$ ) (Pielou, 1969).

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

όπου:  $H'$  = η ποικιλότητα όπως υπολογίστηκε από τον τύπο των Shannon-Wiener και  $H'_{\max}$  = η θεωρητική μέγιστη τιμή του  $H'$  την οποία θα είχε το δείγμα αν τα άτομα ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένα μεταξύ των ειδών. Ο δείκτης ομοιόμορφης κατανομής είναι απαραίτητο στοιχείο, γιατί δείχνει αν η διαφορά

στην ποικιλότητα οφείλεται σε διαφορετικό αριθμό ειδών ή στον τρόπο κατανομής των ατόμων στα είδη.

γ) Ο **δείκτης αφθονίας των ειδών** ( $d$ ) που δίνεται από τον παρακάτω τύπο του Margalef (1957).

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

όπου:  $S$  = Ο αριθμός των ειδών σε κάθε δείγμα και

$N$  = Ο αριθμός των ατόμων σε κάθε δείγμα.

Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η επίδραση του αριθμού των ειδών στις τιμές της ποικιλότητας.

Για να μειωθούν όσο γίνεται οι λαθεμένες 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 του μακροζωοβένθους και των επικρατέστερων ειδών των δύο σταθμών με την κατασκευή δενδρογραμμάτων και διαγραμμάτων πολυδιάστατης διάταξης (MDS) (Field *et al.*, 1982), με τη βοήθεια του δείκτη ομοιότητας των Bray-Curtis (Bray and Curtis, 1957). Τα MDS διαγράμματα χρησιμοποιήθηκαν για τη δισδιάστατη απεικόνιση των χωρικών και χρονικών διαφορών στη σύνθεση των ειδών στους δύο σταθμούς που μελετήθηκαν. Επίσης, κατασκευάστηκαν διαγράμματα αθροιστικής κυριαρχίας των ειδών (Dominance plot) σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναφέρεται από τον Warwick (1986). Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος PRIMER (έκδοση 5.1.2).



Για τη στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων μακροζωοβένθους των δύο σταθμών χρησιμοποιήθηκε η πολυπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (two-way nested ANOVA) με τη χρήση του λογισμικού STATISTICA (έκδοση 6.0).

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

##### 3.1.1 Υδάτινη στήλη

###### 3.1.1.1 Θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο και χλωροφύλλη α

Στον Πίνακα 3.1 δίνονται οι μηνιαίες διακυμάνσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων στην στήλη του νερού στους δύο σταθμούς δειγματοληψίας. Στα Σχήματα 3.1-3.8 δίνονται οι κάθετες διαβαθμίσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων σε σχέση με το βάθος της υδάτινης στήλης.

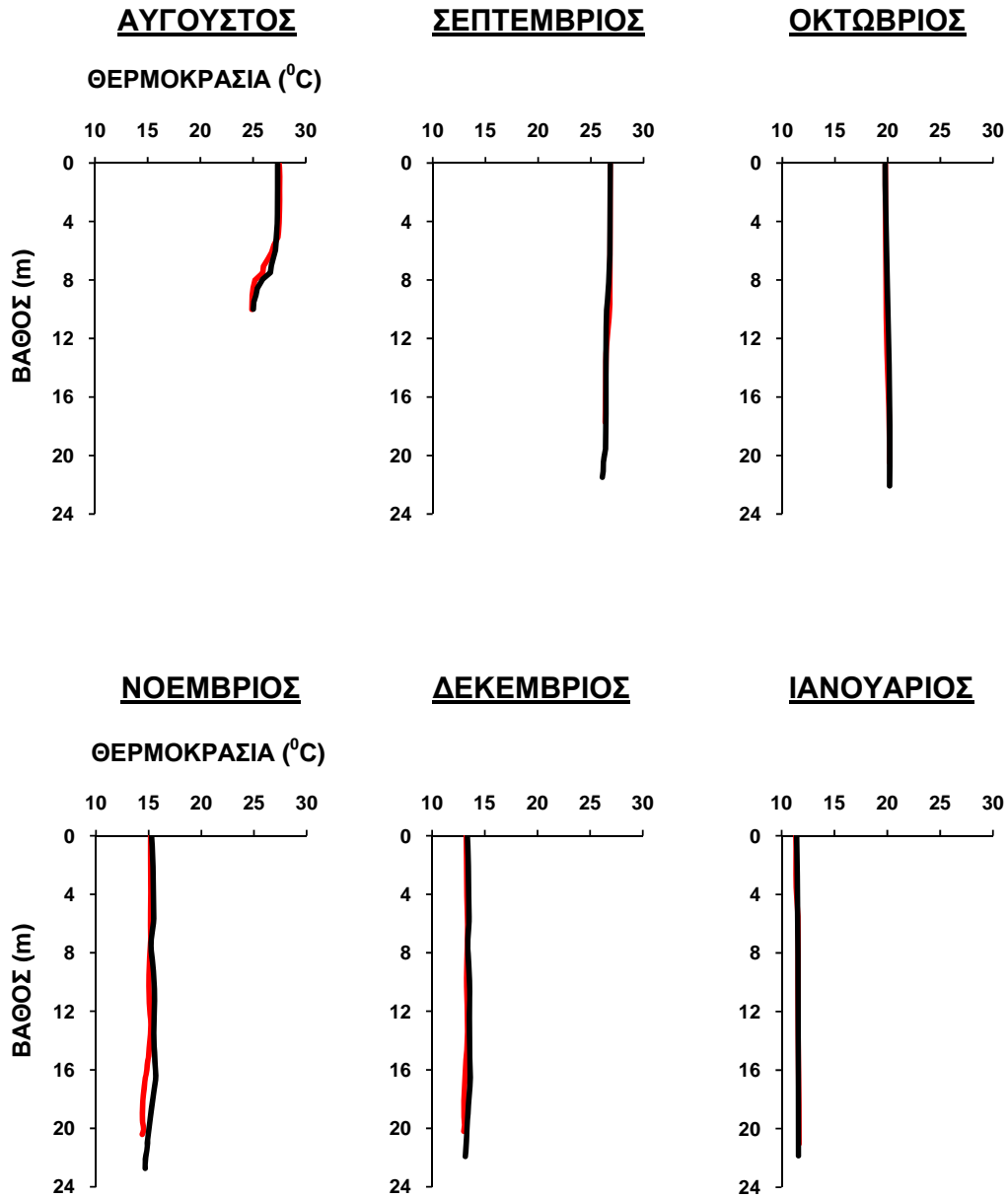
Η ελάχιστη θερμοκρασία (10,8 °C) καταγράφηκε το Μάρτιο στο σταθμό S<sub>2</sub> και η υψηλότερη (27,5 °C) στον ίδιο σταθμό τον Ιούλιο και στο σταθμό S<sub>1</sub> τον Αύγουστο (Πίν. 3.1).

Οι τιμές της αλατότητας στο σταθμό S<sub>1</sub> κυμαίνονται από 36,3-37,9 psu και στο σταθμό S<sub>2</sub> από 36,1-38,1 psu (Πίν. 3.1).

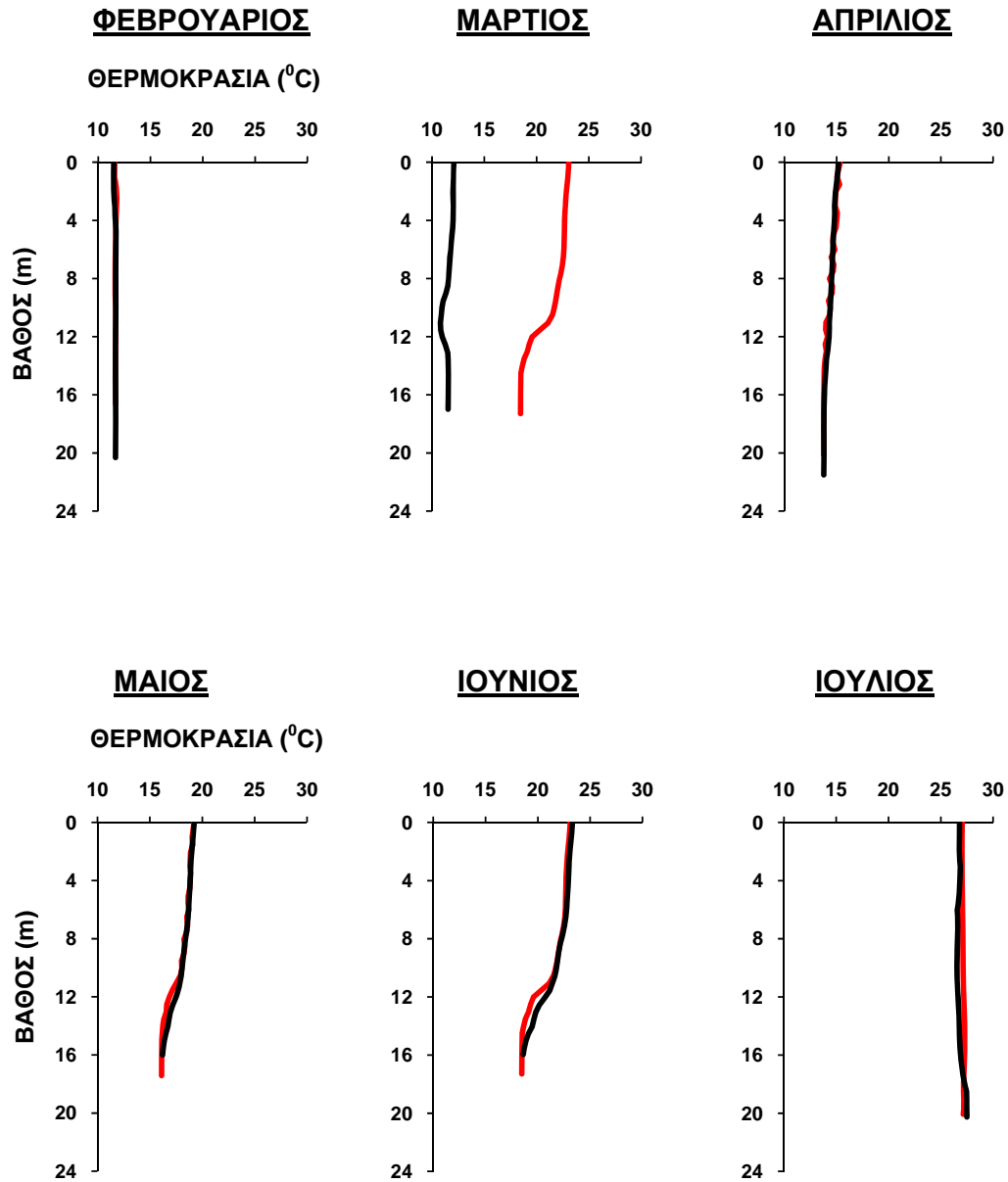
Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου κυμαίνονται από 4,6-8,4 ppm για το σταθμό S<sub>1</sub> και από 4,8-8,5 ppm για το σταθμό S<sub>2</sub> ενώ οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης α κυμαίνονται από 0,6-12,4 mg/m<sup>3</sup> για το σταθμό S<sub>1</sub> και από 0,5-20,2 mg/m<sup>3</sup> (Πίν. 3.1).

**Πίνακας 3.1** Μηνιαίες διακυμάνσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων στην υδάτινη στήλη στους δύο δειγματοληπτικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας (S<sub>1</sub> και S<sub>2</sub>).

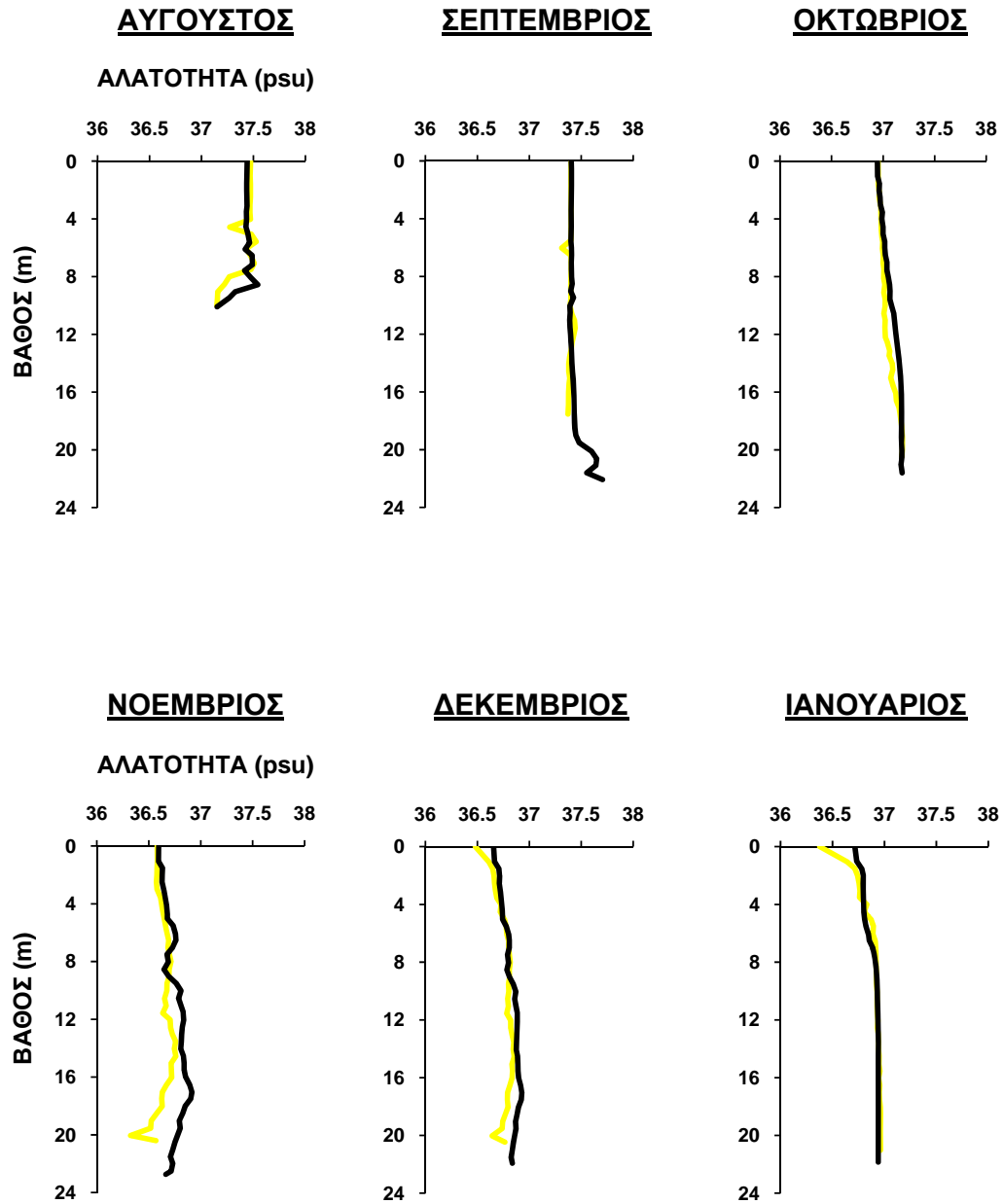
	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)		ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ (psu)		ΔΙΑΛ.ΟΞΥΓ.(ppm)		ΧΛΩΡΟΦΥΛ. α (mg/m <sup>3</sup> )	
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	24,9-27,5	25,0-27,3	37,1-37,5	37,2-37,5	6,4-6,8	6,4-6,7	0,6-1,0	0,5-0,8
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	26,4-26,8	26,0-26,9	37,3-37,4	37,4-37,7	6,0-6,4	5,0-6,3	1,1-3,6	1,0-11,3
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	19,8-20,2	19,8-20,2	37,0-37,2	36,9-37,2	6,4-6,7	6,4-6,7	2,2-5,0	2,4-4,7
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	14,4-15,2	14,7-15,7	36,3-36,8	36,6-36,9	6,9-7,3	6,9-7,3	4,4-12,4	4,5-13,8
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	13,0-13,4	13,2-13,6	36,5-36,9	36,7-36,9	7,0-7,7	7,2-7,7	5,4-10,0	5,8-11,4
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	11,3-11,7	11,4-11,6	36,4-37,0	36,7-36,9	7,1-8,1	7,5-8,1	6,3-11,5	6,5-11,7
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	11,6-11,8	11,5-11,7	36,7-37,3	36,1-37,3	7,9-8,4	7,7-8,5	3,3-9,6	2,1-10,4
ΜΑΡΤΙΟΣ	18,5-23,1	10,8-12,1	37,7-37,9	36,4-37,6	4,6-5,7	7,4-8,4	1,4-3,4	1,3-20,2
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13,8-15,3	13,8-15,2	36,8-37,7	36,5-37,7	6,4-6,8	6,3-6,9	3,8-8,1	2,8-7,4
ΜΑΙΟΣ	16,1-19,2	16,2-19,2	37,3-37,8	37,1-37,8	5,5-6,2	5,7-6,1	1,9-11,9	2,2-5,6
ΙΟΥΝΙΟΣ	18,5-23,1	18,6-23,3	37,7-37,9	37,7-38,0	4,6-5,7	4,8-5,2	1,4-3,4	1,4-4,1
ΙΟΥΛΙΟΣ	27,0-27,3	26,6-27,5	37,6-37,9	37,5-38,1	5,0-5,3	5,2-5,3	0,8-2,6	0,7-3,1



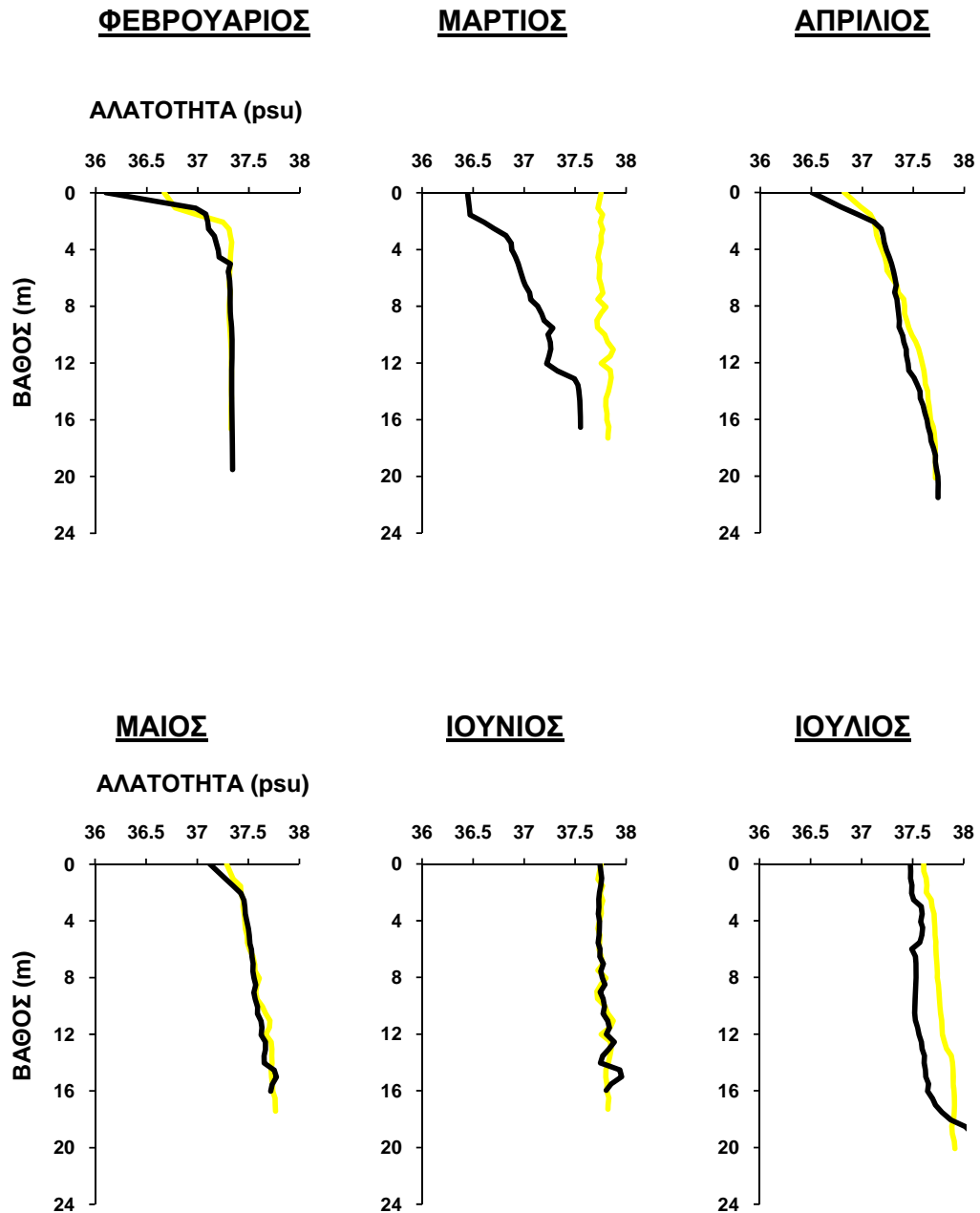
**Σχήμα 3.1** Κάθετη διαβάθμιση της θερμοκρασίας ( $^{\circ}\text{C}$ ) του νερού σε κάθε μήνα δειγματοληψίας στους σταθμούς  $S_1$  [ ] και  $S_2$  [ ].



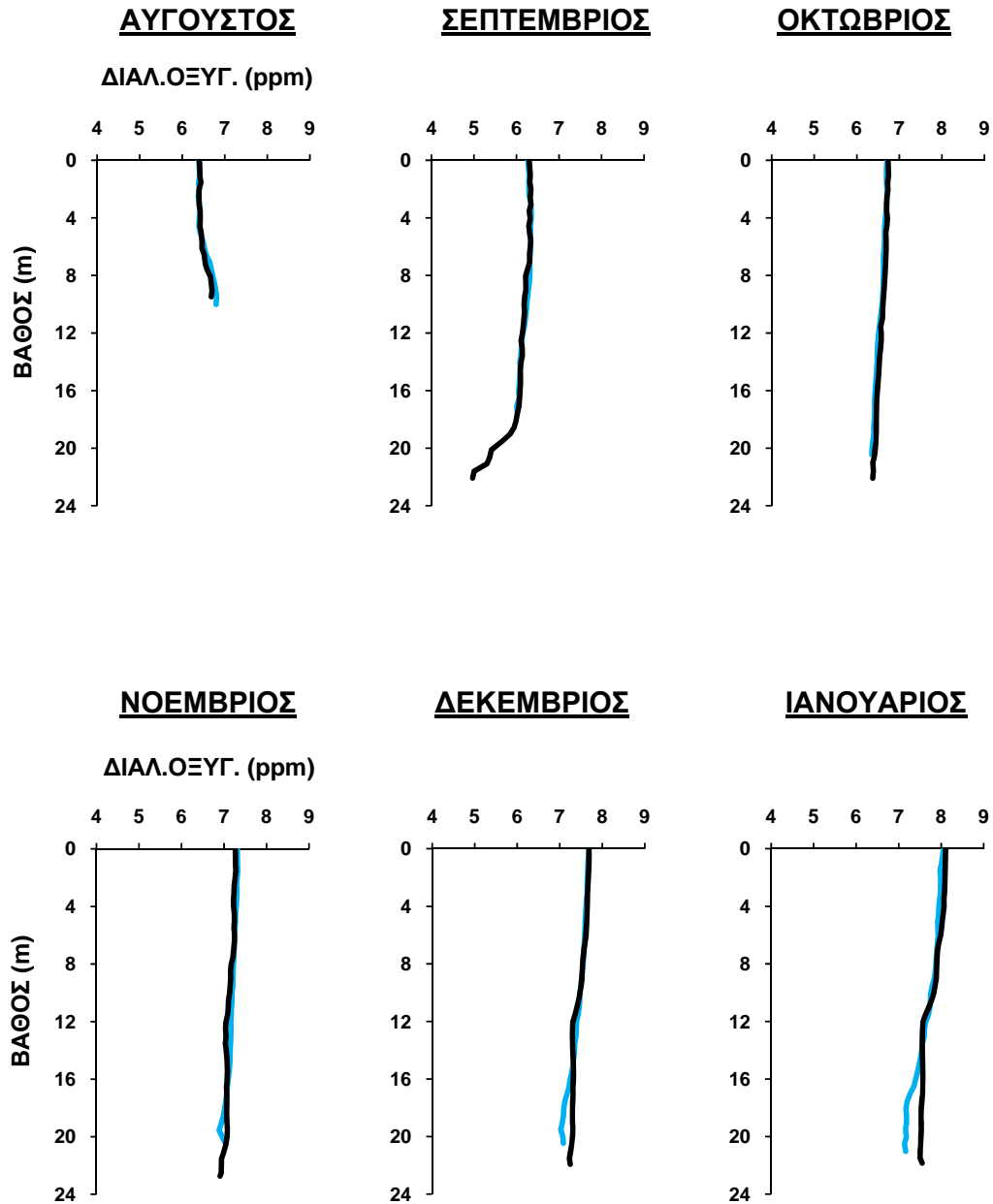
**Σχήμα 3.2** Κάθετη διαβάθμιση της θερμοκρασίας (°C) του νερού σε κάθε μήνα  
δειγματοληψίας στους σταθμούς S<sub>1</sub>[ ] και S<sub>2</sub>[ ].



**Σχήμα 3.3** Κάθετη διαβάθμιση της αλατότητας (psu) του νερού σε κάθε μήνα δειγματοληψίας στους σταθμούς S<sub>1</sub> [■] και S<sub>2</sub> [■].

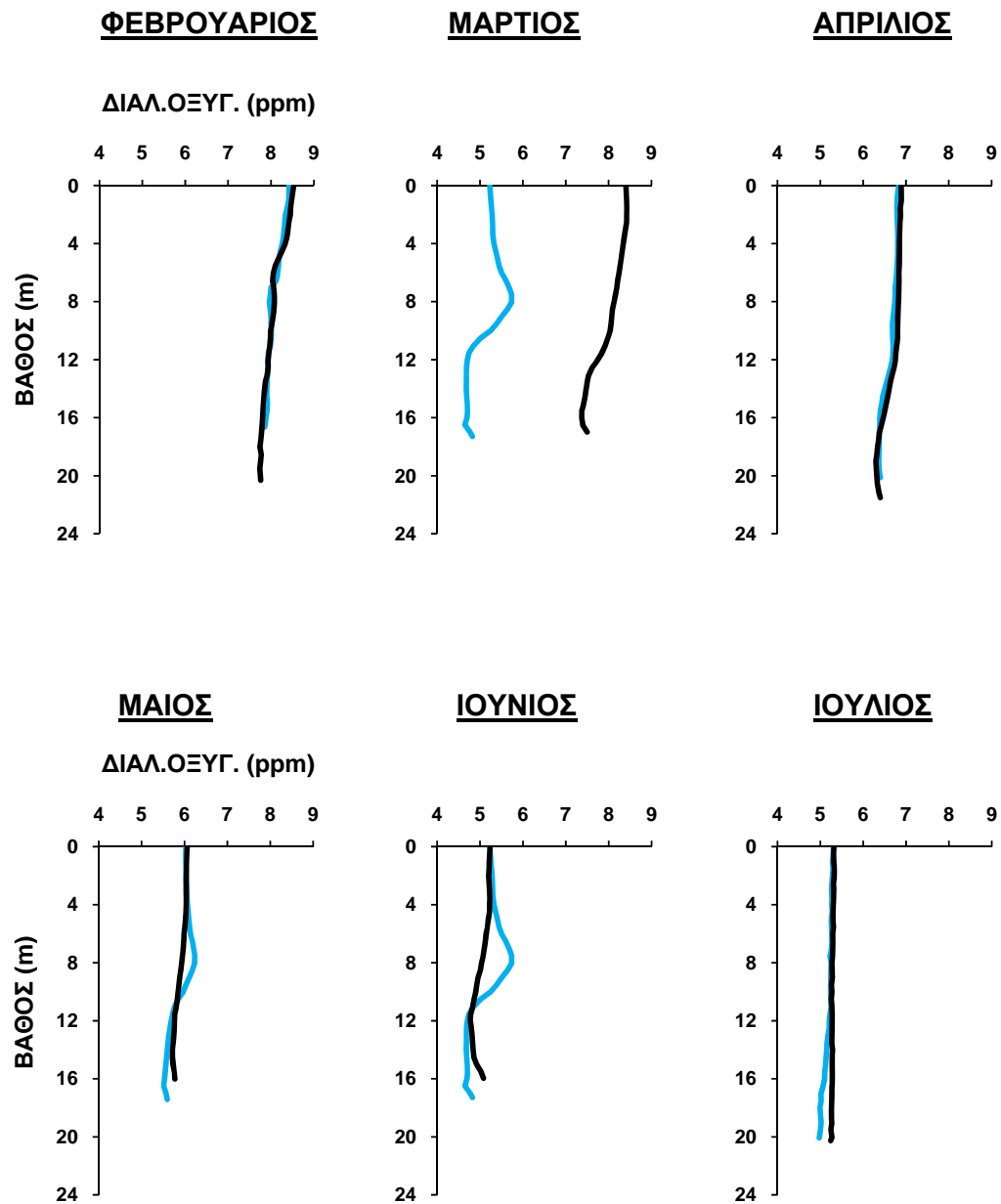


**Σχήμα 3.4** Κάθετη διαβάθμιση της αλατότητας (psu) του νερού σε κάθε μήνα δειγματοληψίας στους σταθμούς S<sub>1</sub>[ ] και S<sub>2</sub>[ ].

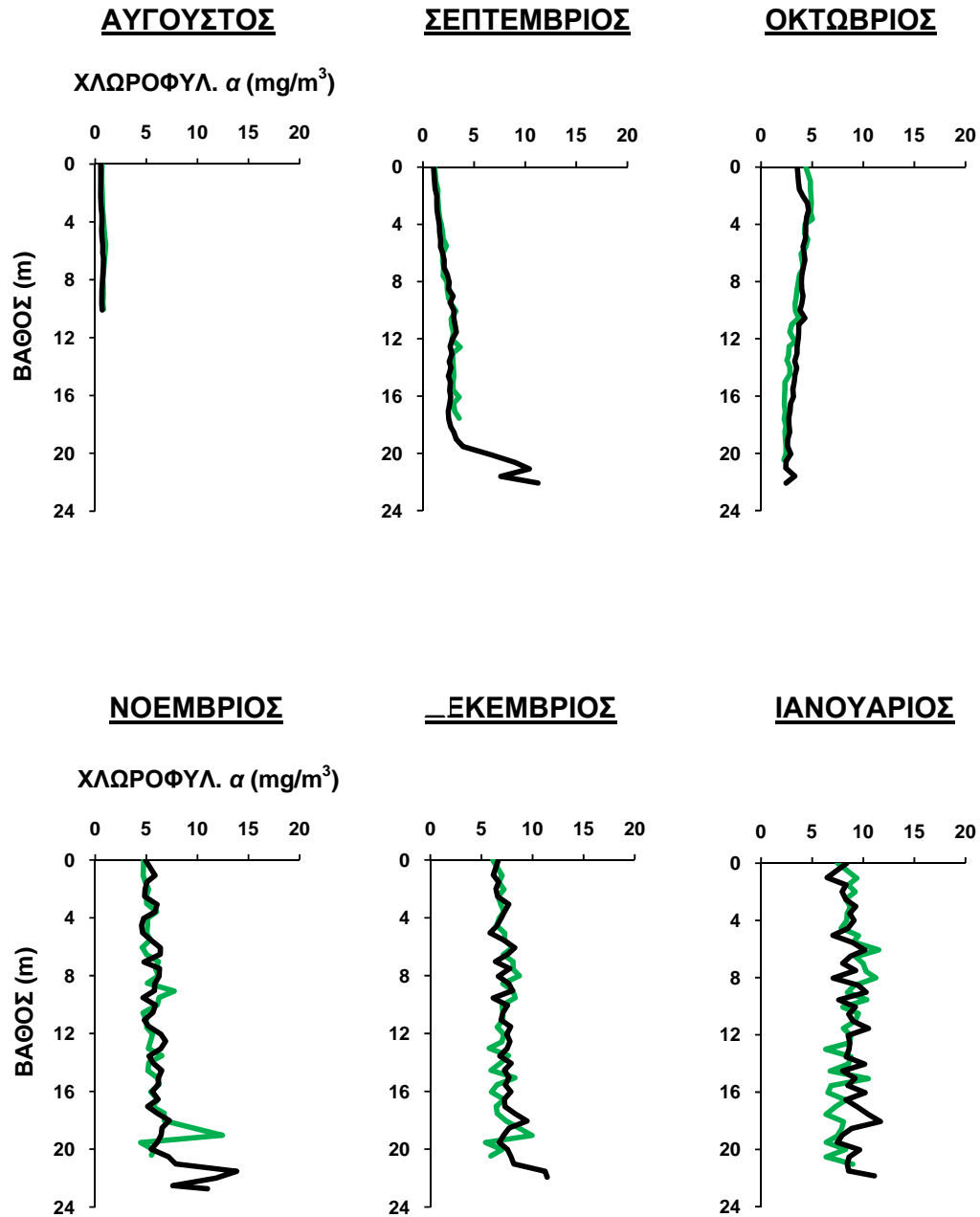


**Σχήμα 3.5** Κάθετη διαβάθμιση του διαλυμένου οξυγόνου (ppm) του νερού σε κάθε μήνα δειγματοληψίας στους σταθμούς S<sub>1</sub>[ ] και S<sub>2</sub>[ ].

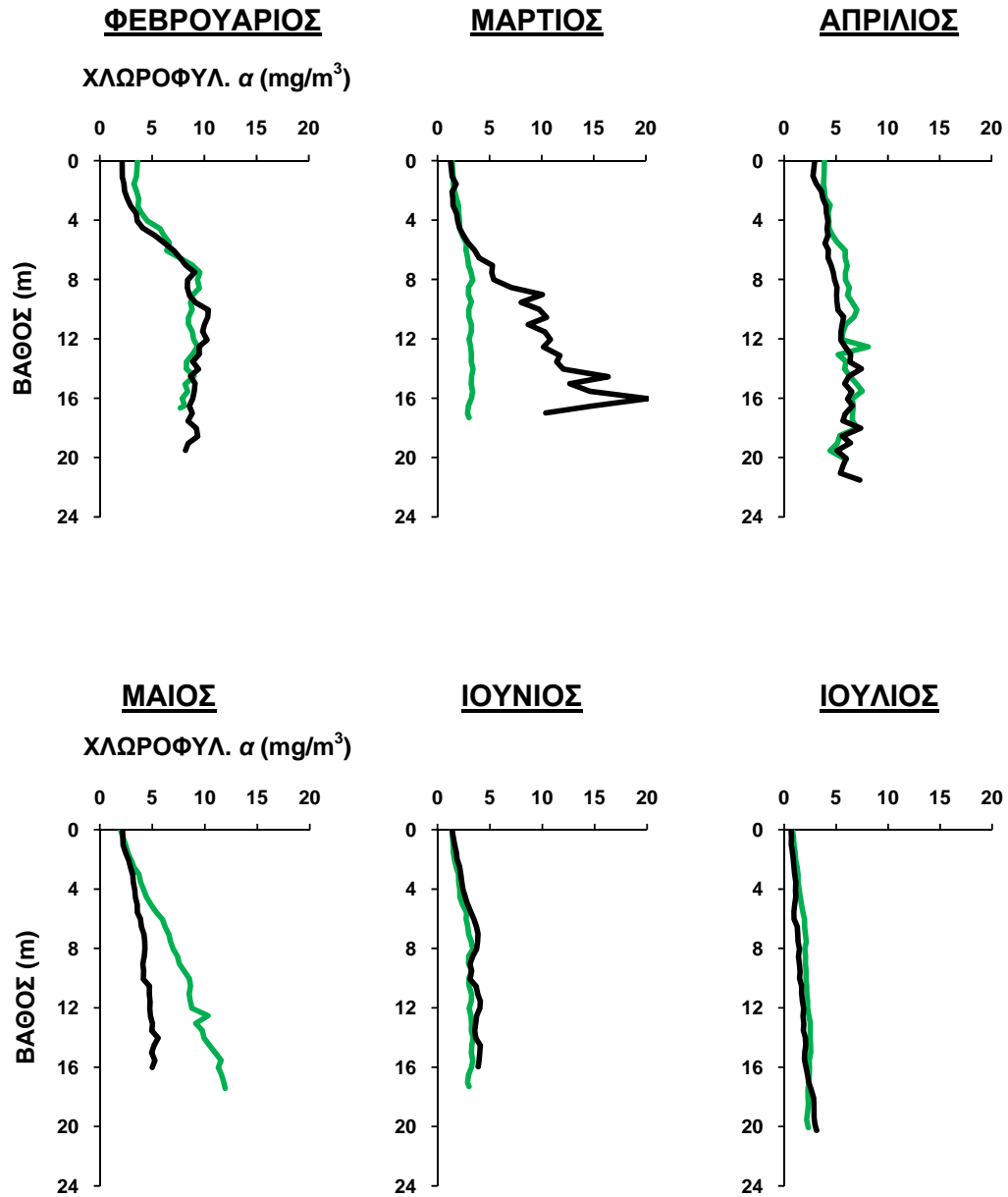




**Σχήμα 3.6** Κάθετη διαβάθμιση του διαλυμένου οξυγόνου (ppm) του νερού σε κάθε μήνα δειγματοληψίας στους σταθμούς S<sub>1</sub>[ ] και S<sub>2</sub>[ ].



**Σχήμα 3.7** Κάθετη διαβάθμιση των συγκεντρώσεων χλωροφύλλης α ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) σε κάθε μήνα δειγματοληψίας στους σταθμούς  $S_1$  [ ] και  $S_2$  [ ].



**Σχήμα 3.8** Κάθετη διαβάθμιση των συγκεντρώσεων χλωροφύλλης α ( $\text{mg/m}^3$ ) σε κάθε μήνα δειγματοληψίας στους σταθμούς S<sub>1</sub> [ ] και S<sub>2</sub> [ ].

### 3.1.1.2 Θρεπτικά άλατα

Στον Πίνακα 3.2 δίνεται η εποχική διακύμανση των θρεπτικών αλάτων του νερού στους δύο σταθμούς δειγματοληψίας. Στον Πίνακα 3.3 δίνεται η ανάλυση διακύμανσης δυο παραγόντων (two-way nested ANOVA) των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων. Στα Σχήματα 3.9-3.12 απεικονίζονται οι κατακόρυφες κατανομές των συγκεντρώσεων στους σταθμούς.

**Πίνακας 3.2.** Εποχική διακύμανση της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων στην στήλη του νερού στους δύο σταθμούς δειγματοληψίας.

	NH <sub>4</sub> (μM/l)		NO <sub>2</sub> (μM/l)		NO <sub>3</sub> (μM/l)		PO <sub>4</sub> (μM/l)		SiO <sub>2</sub> (μM/l)	
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
<b>Φθινόπωρο</b>	0,21-	0,55-	0,03-	0,08-	1,09-	8,79-	0,06-	2,02-	4,92-	5,54-
	6,86	1,45	0,27	0,18	8,61	10,23	0,37	22,31	7,12	7,52
<b>Χειμώνας</b>	0,26-	0,37-	0,31-	0,30-	9,11-	8,21-	0,28-	0,04-	15,67-	26,56-
	4,61	10,27	0,67	11,87	1,07	114,68	5,47	3,86	32,15	36,12
<b>Άνοιξη</b>	0,17-	0,28-	0,14-	0,17-	8,58-	6,49-	4,52-	0,04-	6,13-	6,61-
	0,45	3,24	0,24	17,33	14,34	91,17	5,08	6,96	9,42	9,68
<b>Καλοκαίρι</b>	0,59-	0,03-	0,48-	0,59-	2,42-	3,80-	0,18-	0,27-	5,49-	11,70-
	1,06	1,62	0,80	13,55	3,70	47,31	0,76	1,92	21,76	14,17

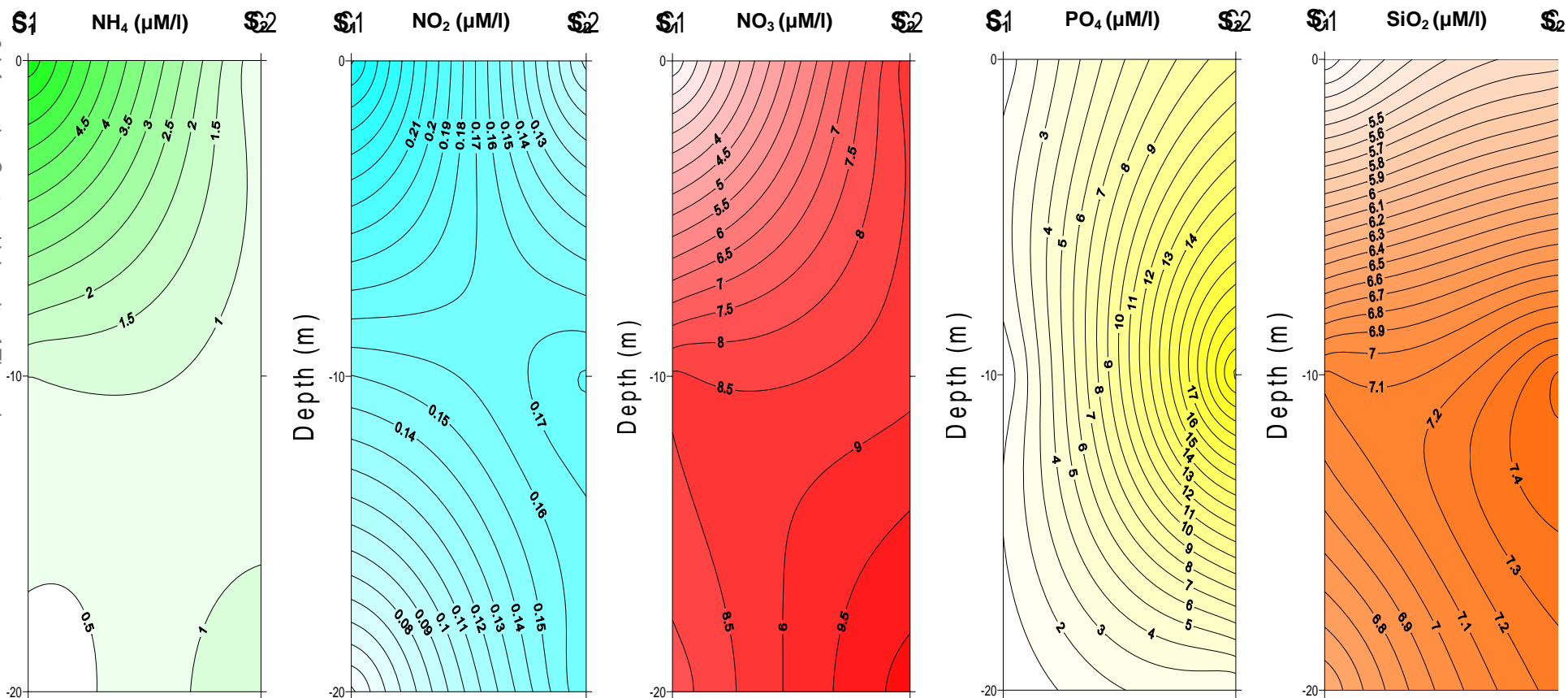
**Πίνακας 3.3** Ανάλυση διακύμανσης δυο παραγόντων (two-way nested ANOVA) των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στους δυο σταθμούς, για όλες τις εποχές και για όλα τα βάθη δειγματοληψίας (d.f.: βαθμοί ελευθερίας, *F*: F-λόγος, *P*: επίπεδο σημαντικότητας).

Μεταβλητή	Σταθμός × Εποχή		
	d.f.	<i>F</i>	<i>P</i> level
NH <sub>4</sub>	119	1,42	ΜΣ
NO <sub>2</sub>	119	4,86	*
NO <sub>3</sub>	119	0,42	ΜΣ
PO <sub>4</sub>	119	25,25	**
SiO <sub>2</sub>	119	0,83	ΜΣ

\*  $P < 0,05$

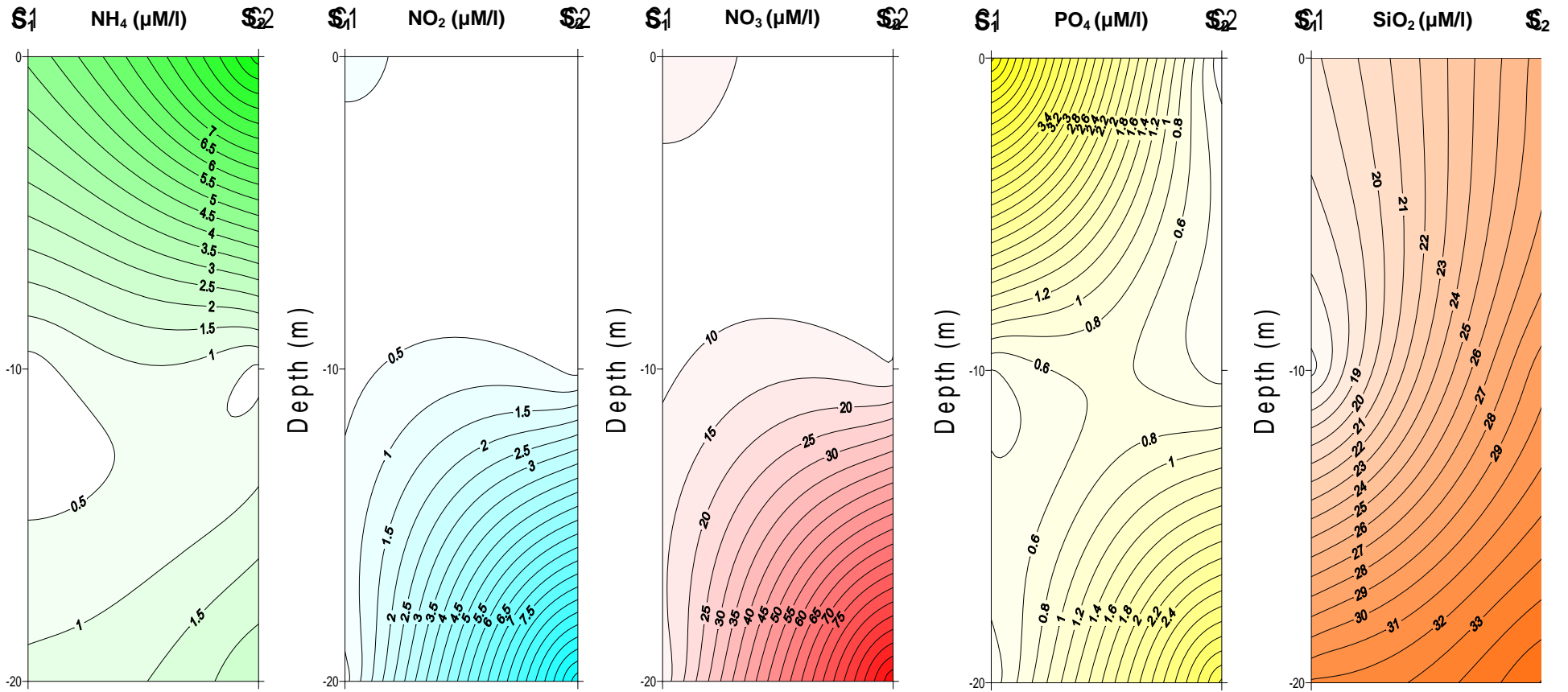
\*\*  $P < 0,001$ , (ΜΣ: μη σημαντικό)

## ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ



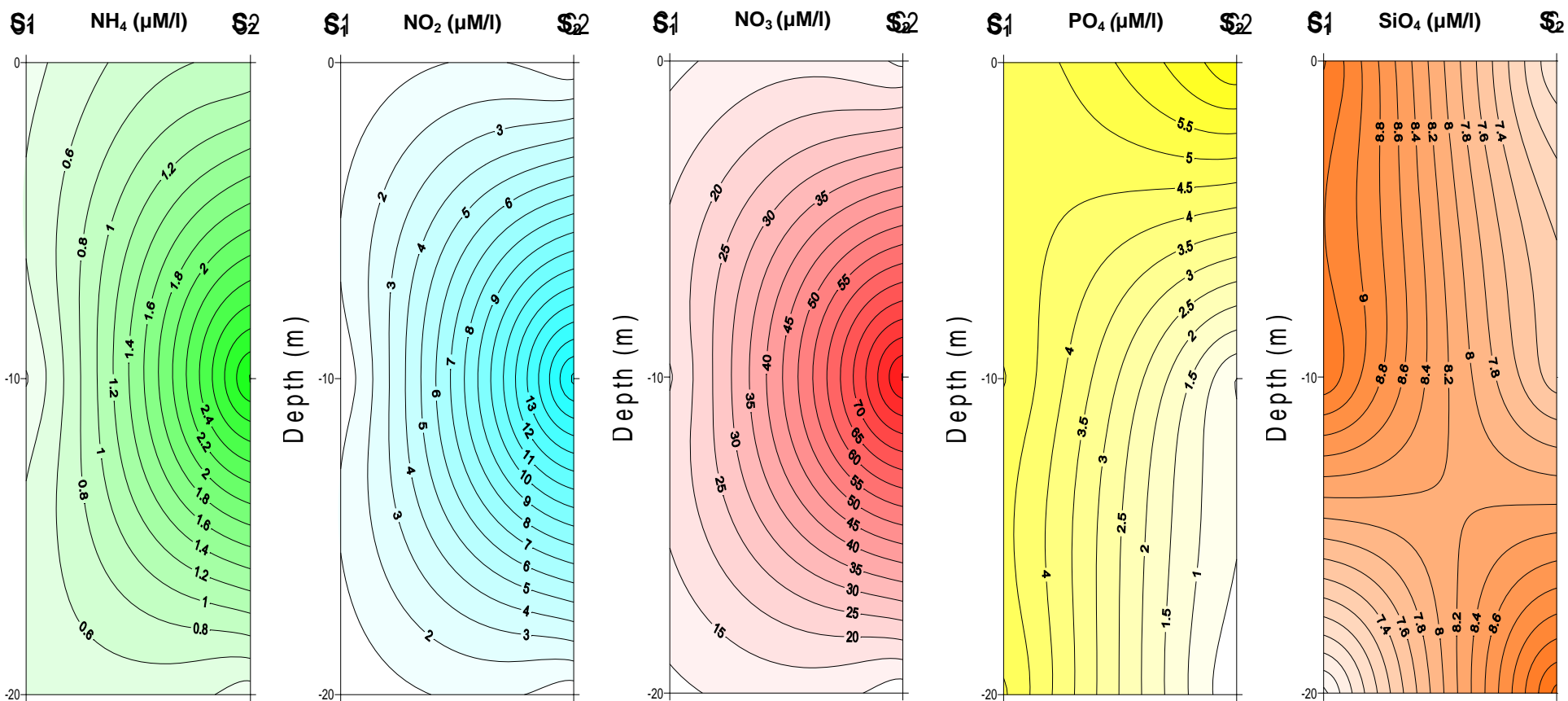
Σχήμα 3.12 Κατακόρυφη κατανομή της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων το φθινόπωρο στην περιοχή μελέτης.

## ΧΕΙΜΩΝΑΣ



**Σχήμα 3.10** Κατακόρυφη κατανομή της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων το χειμώνα στην περιοχή μελέτης.

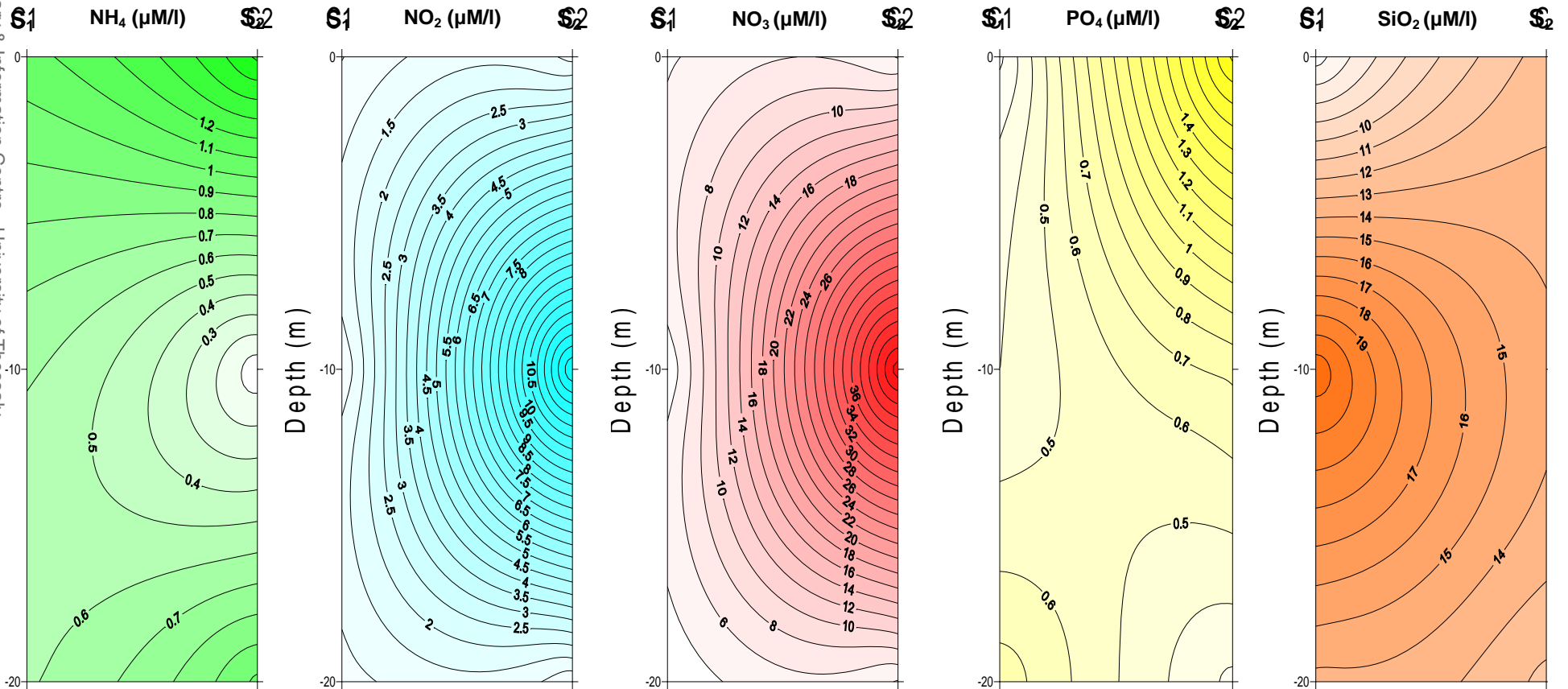
## ΑΝΟΙΞΗ



**Σχήμα 3.11** Κατακόρυφη κατανομή της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων την άνοιξη στην περιοχή μελέτης.



## ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ



Σχήμα 3.12 Κατακόρυφη κατανομή της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων το καλοκαίρι στην περιοχή μελέτης.

Η μέγιστη τιμή συγκέντρωσης των **αμμωνιακών (NH<sub>4</sub>)** με 10,27 μM/l παρατηρείται το χειμώνα στο Σταθμό S<sub>2</sub>, ενώ η ελάχιστη τιμή με 0,03 μM/l το καλοκαίρι στον ίδιο Σταθμό. Για τα **νιτρώδη (NO<sub>2</sub>)** η μέγιστη τιμή των 17,33 μM/l παρατηρείται την άνοιξη στο Σταθμό S<sub>2</sub> και η ελάχιστη τιμή 0,03 μM/l το φθινόπωρο στο Σταθμό S<sub>1</sub>, ενώ για τα **νιτρικά (NO<sub>3</sub>)** η μέγιστη τιμή με 114,68 μM/l παρατηρείται το χειμώνα στο Σταθμό S<sub>2</sub> και η ελάχιστη τιμή με 1,09 μM/l το φθινόπωρο στο Σταθμό S<sub>1</sub>. Τα **φωσφορικά (PO<sub>4</sub>)** παρουσιάζουν την μέγιστη τιμή συγκέντρωσής τους με 22,31 μM/l το φθινόπωρο στο Σταθμό S<sub>2</sub> και την ελάχιστη τιμή τους με 0,04 μM/l το χειμώνα και την άνοιξη στον ίδιο Σταθμό. Τέλος, τα **πυριτικά (SiO<sub>2</sub>)** εμφανίζουν μέγιστο στη συγκέντρωσή τους το χειμώνα στο Σταθμό S<sub>2</sub> με τιμή 36,12 μM/l και ελάχιστο το φθινόπωρο στο Σταθμό S<sub>1</sub> με τιμή 4,92 μM/l.

Η στατιστική επεξεργασία των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων για όλη την περίοδο (τέσσερις εποχές) και σε όλα τα βάθη των δειγματοληψιών και για στους δύο σταθμούς έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά, μόνο για τα νιτρώδη και για τα φωσφορικά.

### 3.1.2 Ίζημα

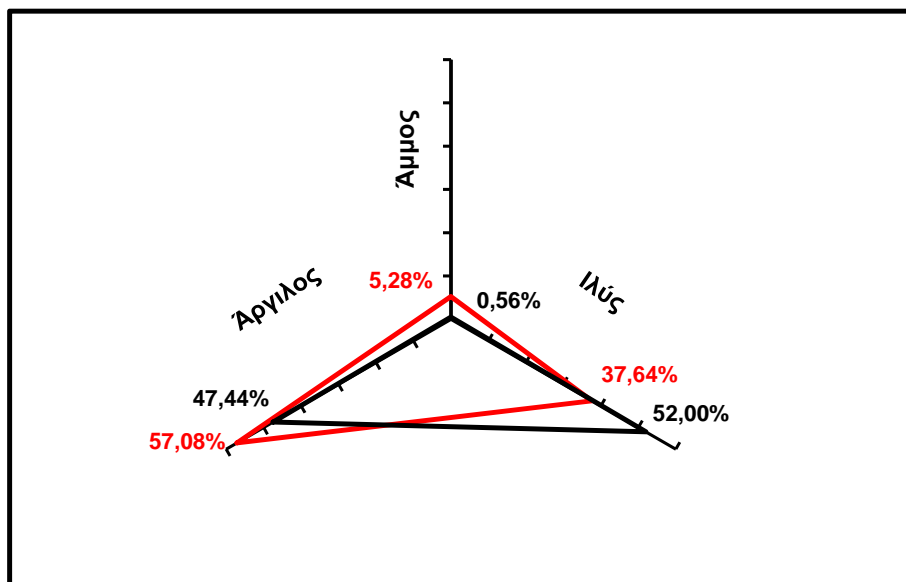
#### 3.1.2.1 Κοκκομετρική ανάλυση

Η Κοκκομετρική ανάλυση του ιζήματος έδειξε για το Σταθμό S<sub>1</sub> ότι η σύστασή του αποτελείται από 5,28% άμμο, 37,64% ιλύ και 57,08% άργιλο και για το Σταθμό S<sub>2</sub> ότι αποτελείται από 0,56% άμμο, 52,00% ιλύ, και 47,44% άργιλο (Πίν. 3.4, Σχ. 3.13).

Σύμφωνα με το διάγραμμα SHEPARD (Shepard 1954), η κατάταξη των ιζημάτων των δύο δειγματοληπτικών σταθμών του Μαλιακού με βάση τη σχετική αναλογία των κλασμάτων άμμου, ιλύος και αργίλου, είναι «αργιλώδες» για το S<sub>1</sub> και «ιλοαργιλώδες» για το S<sub>2</sub> (Πίν. 3.3).

**Πίνακας 3.4** Κοκκομετρική σύσταση και τύπος του ιζήματος των σταθμών έρευνας.

Σταθμός	Άμμος(%)	Ιλύς(%)	Άργιλος(%)	Τύπος ιζήματος
S <sub>1</sub>	5,28	37,64	57,08	αργιλώδες
S <sub>2</sub>	0,56	52,00	47,44	ιλοαργιλώδες



**Σχήμα 3.13** Κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος των σταθμών της περιοχής έρευνας.

### 3.1.2.2 Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας

Η εποχιακή διακύμανση των ποσοστών του περιεχόμενου οργανικού υλικού (ΟΥ) και οργανικού άνθρακα (ΟΑ), καθώς και ο λόγος (ΟΑ:ΟΥ) στα ιζήματα των σταθμών έρευνας, φαίνονται στον Πίνακα 3.5 και στα Σχήματα 3.14-3.16. Στον Πίνακα 3.6 δίνεται η ανάλυση διακύμανσης δυο παραγόντων (two-way nested ANOVA) του περιεχόμενου στο ιζήμα, οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα.

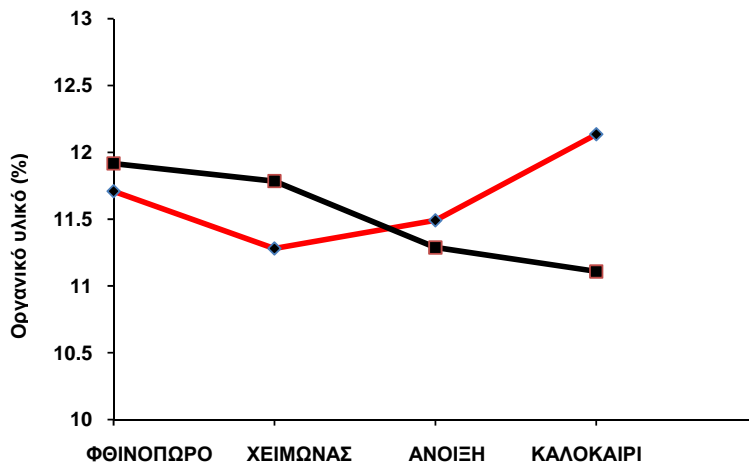
**Πίνακας 3.5** Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα, καθώς και ο λόγος αυτών στο ιζήμα, των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας.

	Οργανικό υλικό (%)		Οργανικός άνθρακας (%)		ΟΑ:ΟΥ	
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
<b>Φθινόπωρο</b>	11,71	11,92	2,41	3,50	0,21	0,29
<b>Χειμώνας</b>	11,28	11,78	3,10	2,61	0,27	0,22
<b>Άνοιξη</b>	11,49	11,29	2,83	2,60	0,25	0,23
<b>Καλοκαίρι</b>	12,13	11,11	3,35	4,18	0,28	0,38

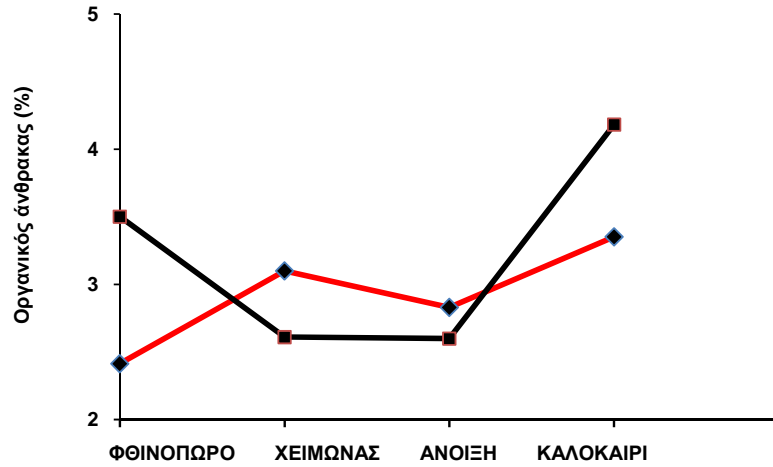
**Πίνακας 3.6** Ανάλυση διακύμανσης δυο παραγόντων (two-way nested ANOVA) του περιεχόμενου στο ίζημα, οργανικού υλικού και οργανικού θρακα (d.f.: βαθμοί ελευθερίας, F: F-λόγος, P: επίπεδο σημαντικότητας).

Μεταβλητή	Σταθμός × Εποχή		
	d.f.	F	P level
ΟΥ	23	1,39	ΜΣ
ΟΑ	23	0,06	ΜΣ

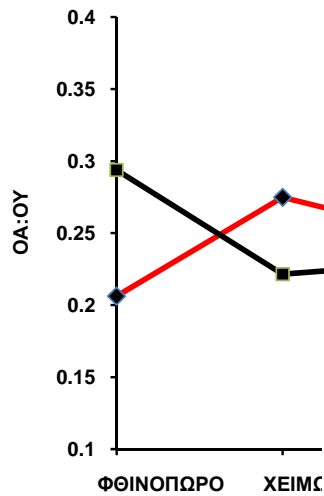
ΜΣ: μη σημαντικό



**Σχήμα 3.14** Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου στο ίζημα οργανικού υλικού στους δύο σταθμούς έρευνας.



**Σχήμα 3.15** Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου στο ίζημα οργανικού άνθρακα στους σταθμούς έρευνας.



Το ποσοστό του οργανικού υλικού στο Σταθμό S<sub>1</sub> κυμαίνεται από 11,28-12,13%, ενώ στο Σταθμό S<sub>2</sub> από 11,11-11,92%. Η διακύμανση του ποσοστού του οργανικού άνθρακα είναι από 2,41-3,35% και 2,60-4,18% αντίστοιχα. Η στατιστική επεξεργασία του περιεχόμενου στο ίζημα, οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα, για όλη την περίοδο των δειγματοληψιών (τέσσερις εποχές) και για τους δύο σταθμούς έδειξε στατιστικά μη σημαντική διαφορά.

Ο λόγος του οργανικού άνθρακα και του οργανικού υλικού στο Σταθμό S<sub>1</sub> κυμαίνεται από 0,21-0,28 και στο Σταθμό S<sub>2</sub> από 0,22-0,38. Το μεγαλύτερο ποσοστό οργανικού άνθρακα έναντι του οργανικού υλικού είναι 38% και καταγράφηκε στο Σταθμό S<sub>2</sub> κατά την περίοδο του καλοκαιριού, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για το Σταθμό S<sub>1</sub> είναι 28% και καταγράφηκε κατά την ίδια περίοδο.

## **3.2 Βιολογικά χαρακτηριστικά**

### **3.2.1 Μακροζωοβένθος**

Η εποχιακή διακύμανση των παραμέτρων του μακροζωοβένθους στις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στους σταθμούς έρευνας δίνονται στον Πίνακα 3.7 και στα Σχήματα 3.17-3.21. Οι παράμετροι που εκτιμήθηκαν σε κάθε Σταθμό και σε κάθε εποχή είναι ο αριθμός των ειδών, ο συνολικός αριθμός των ατόμων/m<sup>2</sup>, ο δείκτης αφθονίας των ειδών (d), ο δείκτης ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J') και ο δείκτης ποικιλότητας (H'). Στον Πίνακα 3.8 δίνεται η ανάλυση διακύμανσης δυο παραγόντων (two-way nested ANOVA) των παραμέτρων του μακροζωοβένθους. Στα Σχήματα 3.22 και 3.23 δίνεται η εκατοστιαία κατανομή του συνόλου του αριθμού των ειδών ανά φύλο σε κάθε Σταθμό. Στα Σχήματα 3.24 και 3.25 δίνεται η εκατοστιαία κατανομή του συνόλου του αριθμού των ατόμων ανά φύλο σε κάθε Σταθμό. Στον Πίνακα 3.9 αναφέρονται όλα

τα είδη του μακροζωοβένθους που βρέθηκαν και στους δύο σταθμούς με το ποσοστό εμφάνισής τους.

Στους Πίνακες 3.10 και 3.11 δίνονται τα κυρίαρχα είδη (%) του μακροζωοβένθους στους Σταθμούς  $S_1$  και  $S_2$  αντίστοιχα, ταξινομημένα κατά φθίνουσα σειρά, σύμφωνα με το ποσοστό εμφάνισης τους. Στο Σχήμα 3.26 δίνεται το δενδρογράμμα ομαδοποίησης των σταθμών της περιοχής έρευνας με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους κατά τη διάρκεια όλων των εποχών. Στα Σχήματα 3.27 και 3.28 δίνονται τα δενδρογράμματα ομαδοποίησης των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας για το σύνολο των εποχών στους σταθμούς  $S_1$  και  $S_2$  αντίστοιχα.

Στο Σχήμα 3.29 δίνεται το διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) των σταθμών της περιοχής έρευνας με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους κατά τη διάρκεια όλων των εποχών. Στο Σχήμα 3.30 δίνεται το διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας για το σύνολο των εποχών και στους δύο σταθμούς της περιοχής έρευνας .

Στα Σχήματα 3.31 και 3.32 δίνονται τα διαγράμματα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών στους Σταθμούς  $S_1$  και  $S_2$  αντίστοιχα, της περιοχής έρευνας για όλες τις εποχές.

Στα Σχήματα 3.33 και 3.34 δίνεται η εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ειδών των πολύχαιτων στους Σταθμούς  $S_1$  και  $S_2$  αντίστοιχα. Στα



Σχήματα 3.35 και 3.36 δίνεται η εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ατόμων των πολύχαιτων στους Σταθμούς S<sub>1</sub> και S<sub>2</sub> αντίστοιχα.

Στα Σχήματα 3.37 και 3.38 δίνεται η Εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ειδών των καρκινοειδών στους Σταθμούς S<sub>1</sub> και S<sub>2</sub> αντίστοιχα. Στα Σχήματα 3.39 και 3.40 δίνεται η εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ατόμων των καρκινοειδών στους Σταθμούς S<sub>1</sub> και S<sub>2</sub> αντίστοιχα.

**Πίνακας 3.7** Εποχική διακύμανση των παραμέτρων του μακροζωοβένθους στους Σταθμούς της περιοχής έρευνάς μας.

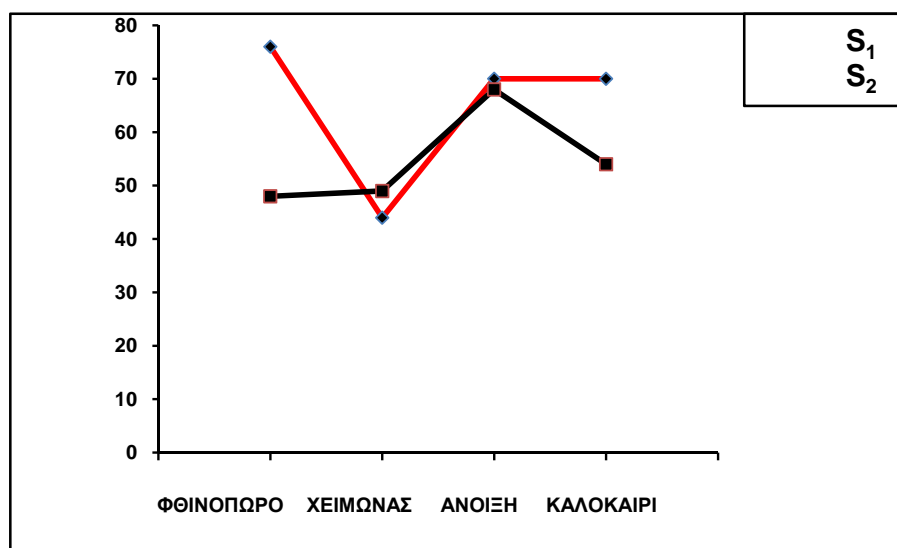
Εποχή	Σταθμός	Αριθμός ειδών (S)	Αριθμός ατόμων (άτομα /m <sup>2</sup> )	Δείκτης αφθονίας των ειδών (d)	Δείκτης ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J')	Δείκτης ποιικιλότητας (H')
<b>ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ</b>	S <sub>1</sub>	76	896	11,03	0,6542	2,833
	S <sub>2</sub>	48	873	6,940	0,5986	2,317
<b>ΧΕΙΜΩΝΑΣ</b>	S <sub>1</sub>	44	913	6,308	0,6367	2,409
	S <sub>2</sub>	49	665	7,384	0,6933	2,698
<b>ΑΝΟΙΞΗ</b>	S <sub>1</sub>	70	1289	9,634	0,7257	3,083
	S <sub>2</sub>	68	1384	9,263	0,7391	3,119
<b>ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ</b>	S <sub>1</sub>	70	1705	9,273	0,7280	3,093
	S <sub>2</sub>	54	1291	7,399	0,7418	2,959

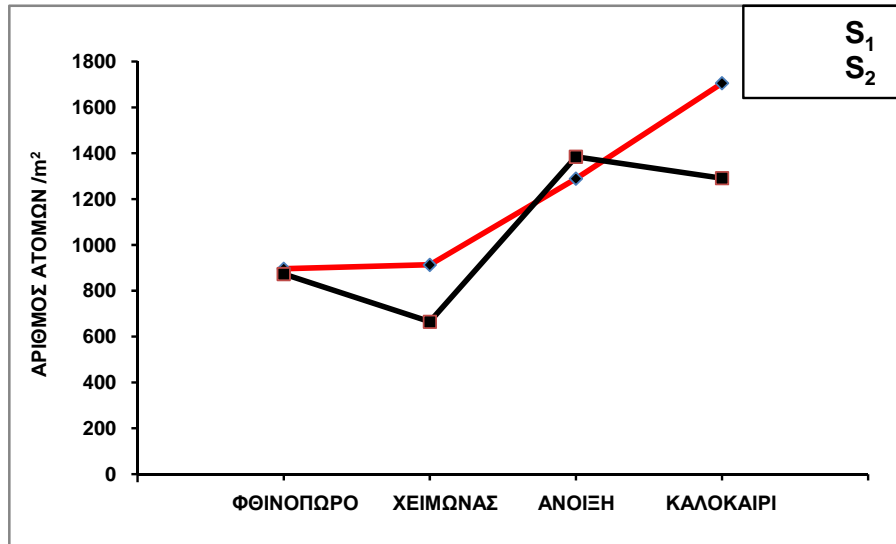
**Πίνακας 3.8** Ανάλυση διακύμανσης δυο παραγόντων (two-way nested ANOVA) των παραμέτρων του μακροζωβένθους (d.f.: βαθμοί ελευθερίας, F: F-λόγος, P: επίπεδο σημαντικότητας).

Μεταβλητή	Σταθμός × Εποχή		
	d.f.	F	P level
S	23	2,71	ΜΣ
N	23	1,84	ΜΣ
d	23	1,25	ΜΣ
J'	23	3,81	*
H'	23	3,49	*

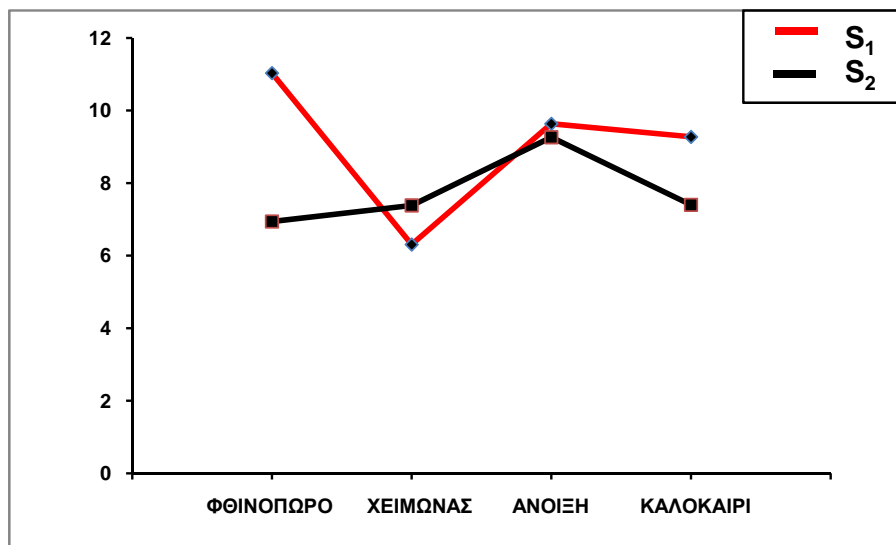
\*  $P < 0,05$

(ΜΣ: μη σημαντικό)

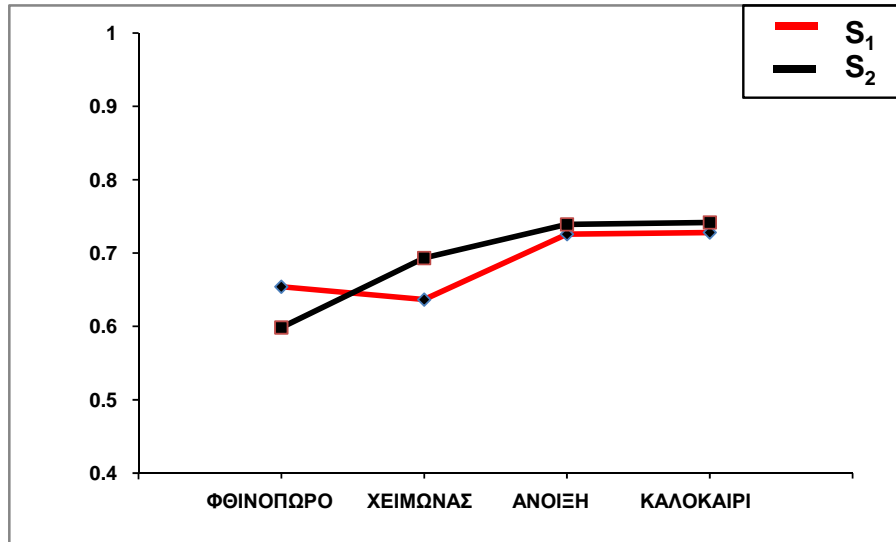




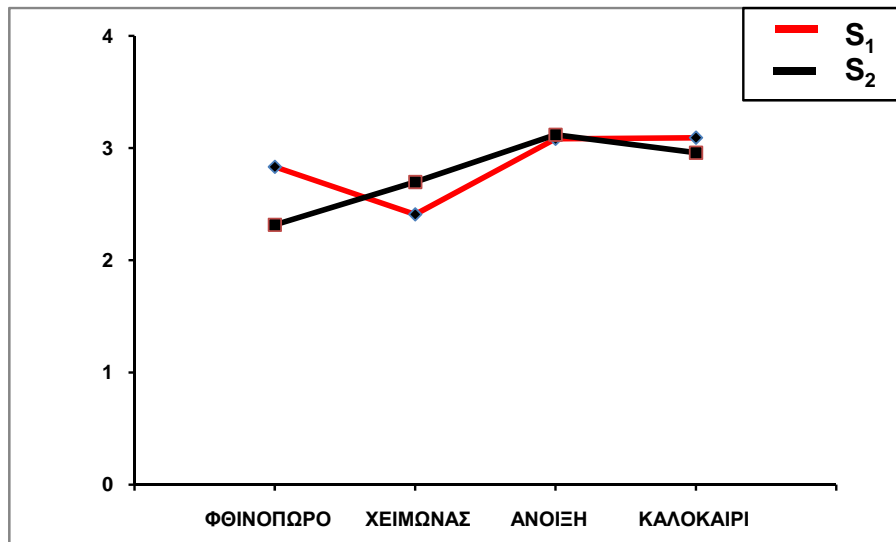
**Σχήμα 3.18** Εποχική διακύμανση του αριθμού των ειδών του μακροζωβένθους των σταθμών της περιοχής έρευνας.



**Σχήμα 3.19** Εποχική διακύμανση του δείκτη αφθονίας των ειδών του μακροζωβένθους των σταθμών της περιοχής έρευνας.



**Σχήμα 3.20** Εποχική διακύμανση του δείκτη ομοιόμορφης κατανομής ατόμων των ειδών του μακροζωοβένθους των σταθμών της περιοχής έρευνας.



**Σχήμα 3.21** Εποχική διακύμανση του δείκτη ποικιλότητας των ειδών του μακροζωοβένθους των σταθμών της περιοχής έρευνας.



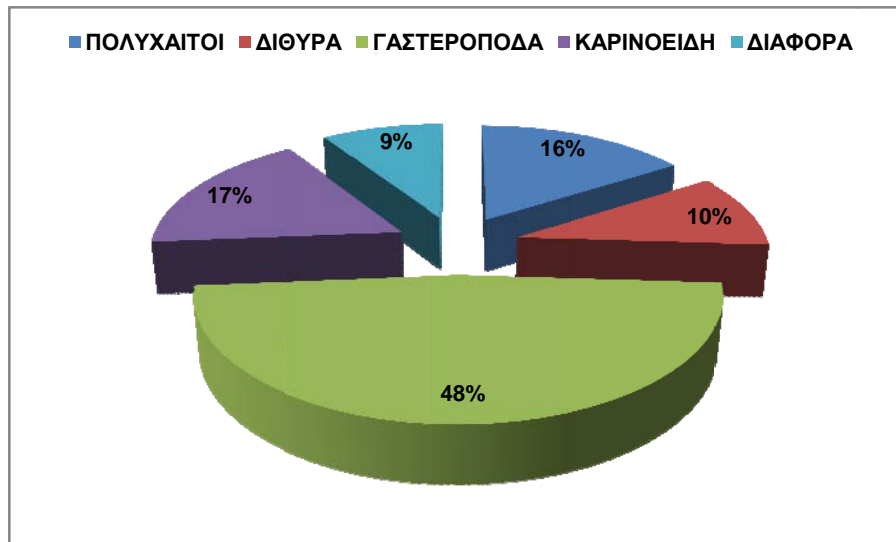
**Σχήμα 3.22** Εκατοστιαία κατανομή του συνόλου του αριθμού των ειδών ανά φύλο στο Σταθμό S<sub>1</sub>.



**Σχήμα 3.23** Εκατοστιαία κατανομή του συνόλου του αριθμού των ειδών ανά φύλο στο Σταθμό S<sub>2</sub>.



**Σχήμα 3.24** Εκατοστιαία κατανομή του συνόλου του αριθμού των ατόμων ανά φύλο στον Σταθμό S<sub>1</sub>.



**Σχήμα 3.25** Εκατοστιαία κατανομή του συνόλου του αριθμού των ατόμων ανά φύλο στον Σταθμό S<sub>2</sub>.

**Πίνακας 3.9** Μακροβενθικά είδη που βρέθηκαν στους δύο Σταθμούς της περιοχής έρευνας με το μέσο όρο του ποσοστού εμφάνισής τους (Π: Πολύχαιτοι, Μ: Δίθυρα μαλάκια, Γ: Γαστερόποδα, Κ: Καρκινοειδή, Δ: Διάφορα).

ΕΙΔΟΣ	ΦΥΛΟ	Ποσοστό εμφάνισης %·m <sup>-2</sup>	
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
<i>Abra alba</i> Wood, 1802	Μ	0,14	0,03
<i>Acteon tornatilis</i>	Γ	0,06	0,03
<i>Amage adspersa</i> Langerhans, 1884	Π	0,03	0,00
<i>Ampelisca</i> sp.	Κ	3,30	6,30
<i>Ampharete acutifrons</i> Grube, 1860	Π	0,33	0,16
<i>Ampharete gracilis</i> Malmgren, 1866	Π	0,03	0,00
<i>Ampharetinae</i> sp.	Π	0,03	0,00
<i>Amphipholis squamata</i>	Δ	0,25	0,51
<i>Amphiura chiajei</i>	Δ	0,03	0,03
<i>Amphiura filiformis</i>	Δ	0,42	0,03
<i>Aonides paucibranchiata</i> Southern, 1914	Π	0,06	0,13
<i>Aonides</i> sp.	Π	0,00	0,03
<i>Aapseudes latreilli</i> H. Milne Edwards, 1828	Κ	0,42	5,79
<i>Arca</i> sp.	Μ	0,06	0,03
<i>Aricidea fragilis</i> Webster, 1879	Π	0,22	0,51
<i>Aricidea</i> sp.	Π	0,03	0,00
<i>Aspidosiphon muelleri</i> Diesing, 1851	Δ	0,25	0,32
<i>Asterina gibbosa</i>	Δ	0,11	0,03
<i>Astropecten spinulosus</i>	Δ	0,08	0,03
<i>Bittium reticulatum reticulatum</i>	Γ	3,36	0,25
<i>Bittium</i> sp.	Γ	0,06	0,03
<i>Capitella capitatus</i> Fabricius, 1780	Π	0,31	0,00
<i>Capitellides giardi</i> Mesnil, 1897	Π	0,94	0,09
<i>Capitobrauchus macgregori</i> Day, 1962	Π	0,14	0,00
<i>Cephalothrix rufifrons</i> Johnston, 1837	Δ	0,19	0,16
<i>Cephalothrix</i> sp.	Δ	0,00	0,09
<i>Cerastoderma glaucum</i> Bruguiere, 1789	Μ	0,11	0,00
<i>Cerebratulus</i> sp.	Δ	0,06	0,03
<i>Chaetopterus</i> sp.	Π	0,11	0,00
<i>Chrysallida</i> sp.	Γ	0,06	0,00
<i>Cirolana borealis</i>	Κ	0,00	0,13
<i>Cirriformia</i> sp.	Π	0,11	0,44

<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	Π	0,78	2,03
<i>Clymenura</i> sp.	Π	0,08	0,00
<i>Comarmondia gracilis</i>	Γ	0,22	0,38
<i>Corbula gibba</i> Olivi, 1792	M	5,47	3,32
<i>Corophium acherusicum</i> Costa, 1857	K	0,00	0,35
<i>Corophium orientale</i> Schellenberg, 1928	K	0,00	0,00
<i>Corophium rotundirostre</i> Stephensen, 1915	K	0,03	0,19
<i>Corophium runcicorne</i> Della Valle, 1893	K	0,06	0,54
<i>Cossura</i> sp.	Π	0,00	0,09
<i>Cucumaria elongata</i>	Δ	0,03	0,00
<i>Cylichna cylindracea</i>	Γ	3,36	4,49
CYMOTHOIDAE I	K	0,00	2,22
<i>Cythara attenuata</i>	Γ	0,00	0,06
<i>Cythara paciniana</i>	Γ	0,22	0,35
<i>Cythara</i> sp.	Γ	0,47	0,44
<i>Cythara vauquelini</i>	Γ	0,00	0,06
<i>Dasybranchetus fauveli</i> Monro, 1931	Π	0,03	0,00
<i>Decamastus gracilis</i> Hartman, 1963	Π	0,08	0,06
<i>Dentalium</i> sp.	Δ	8,58	5,35
<i>Diastylis rugosa</i> Sars, 1865	K	0,03	0,00
<i>Ebalia</i> sp.	K	0,14	0,00
<i>Echinocardium cordatum</i>	Δ	0,03	0,00
<i>Edwardsia</i> sp.	Δ	0,06	0,06
<i>Ensis ensis</i> Linné, 1758	M	0,08	0,03
<i>Epitonium pulchellum</i>	Γ	0,00	0,03
<i>Ericthonius brasiliensis</i> Dana, 1855	K	0,11	0,16
<i>Ethusa mascarone</i>	K	0,03	0,00
<i>Euphausiacea</i> sp.	K	0,11	0,19
<i>Gibbula</i> sp.	Γ	0,06	0,00
<i>Glycera rouxi</i> Audouin & Milne Edwards, 1833	Π	0,11	0,09
<i>Golfingia</i> sp.	Δ	0,03	0,09
<i>Haploscoloplos</i> sp.	Π	0,00	0,09
<i>Harmothoe antilopes</i> McIntosh, 1876	Π	0,17	0,00
<i>Harmothoe lunulata</i> delle Chiaje, 1841	Π	0,11	0,06
<i>Harmothoe</i> sp.	Π	0,14	0,19
<i>Hediste diversicolor</i> O.F. Muller, 1776	Π	0,06	0,00
<i>Heteromastus filiformis</i> Claparede, 1864	Π	0,03	0,03
<i>Hinia incrassata</i>	Γ	0,19	0,19
<i>Hinia limata</i>	Γ	2,33	1,77
<i>Hinia</i> sp.	Γ	0,00	0,06
<i>Hydrobia acuta</i>	Γ	5,72	6,33
<i>Iphinoe serrata</i> Norman, 1867	K	0,11	0,22



<i>Jasmineira elegans</i> Saint-Joseph, 1884	Π	0,00	0,03
<i>Laonice cirrata</i> M. Sars, 1851	Π	0,00	0,19
<i>Leiocapitella</i> sp.	Π	0,11	0,03
<i>Leiocapitellides analis</i> Hartman-Schroder 1960	Π	3,41	0,06
<i>Leiochone</i> sp.	Π	0,00	0,03
<i>Leiochrus alutaceus</i> Ehlers, 1908	Π	0,06	0,00
<i>Leiostraca subulata</i>	Γ	0,33	0,35
<i>Leitoscoloplos kerguelensis</i> McIntosh, 1885	Π	0,03	0,00
<i>Lemintina</i> sp.	Γ	0,31	0,00
<i>Leptochelia savignyi</i> Masunari, 1976	K	0,00	0,03
<i>Leptonereis glauca</i> Claparede, 1870	Π	0,03	0,00
<i>Leucothoe incisa</i> Robertson, 1892	K	0,13	0,60
<i>Leucothoe oboa</i>	K	0,00	0,03
<i>Leucothoe spinicarpa</i> Abildgaard, 1789	K	0,00	0,03
<i>Lineus</i> sp.	Δ	0,64	0,44
<i>Loripes lacteus</i> Linneo, 1758	M	0,22	0,00
<i>Lumbricomastus</i> sp.	Π	0,08	0,00
<i>Lumbrineris impatiens</i> Claparede 1868	Π	0,00	0,03
<i>Lumbrineris</i> sp.	Π	0,72	1,61
<i>Lunatia guillemini</i>	Γ	0,06	0,00
<i>Mactra glauca</i> Born, 1778	M	0,03	0,00
<i>Maldane sarsi</i> Malmgren, 1865	Π	0,03	0,00
<i>Mediomastus fragilis</i> Rasmussen, 1973	Π	0,03	0,00
<i>Megalopastadium portunus</i>	K	0,00	0,03
<i>Melinna cristata</i> Malmgren, 1865	Π	0,33	0,06
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	Π	0,22	0,00
<i>Melinninae</i> sp.	Π	0,03	0,00
<i>Micronephtys</i> sp.	Π	0,03	0,00
<i>Microrbinia linea</i> Hartman, 1965	Π	0,00	0,03
<i>Micrura</i> sp.	Δ	0,42	0,73
<i>Mysidacea</i> sp.	K	0,19	0,13
<i>Mytilus edulis</i> Linneo, 1758	M	0,03	0,00
<i>Mytilus galloprovincialis</i> juv. Lamarck, 1819	M	0,33	0,00
NEMATODA	Δ	0,08	0,70
<i>Neoheteromastus lineus</i> Hartman, 1960	Π	0,00	0,03
<i>Neopaiwa cirrata</i> Hartman & Fauchald, 1971	Π	0,08	0,00
<i>Nephtys longosetosa</i> Heinen, 1911	Π	0,00	0,03
<i>Nephtys</i> sp.	Π	1,36	1,14
<i>Nereis caudata</i> Claparede, 1868	Π	0,03	0,00
<i>Nereis</i> sp.	Π	1,08	0,85
<i>Nicon pictus</i> Kinberg, 1866	Π	0,06	0,00
<i>Nucula nucleus</i> Linneo, 1758	M	4,27	3,61

<i>Nucula</i> sp.	M	0,08	0,00
<i>Odostomia conoidea</i>	Γ	0,33	0,13
<i>Onchnesoma steestrupi</i> Koren & Danielssen, 1875	Δ	0,00	0,25
<i>Ophiomyxa pentagona</i>	Δ	0,06	0,00
<i>Ophiura lacertosa</i>	Δ	0,00	0,03
<i>Orbiniinae</i> sp.	Π	0,17	0,00
<i>Orseis pulla</i> Ehlers, 1864	Π	0,03	0,00
<i>Paraleiocardia</i> sp.	Π	0,06	0,03
<i>Paraonis fulgens</i> Levinsen, 1884	Π	0,00	0,06
<i>Paraonis</i> sp.	Π	0,00	0,03
<i>Periculodes aequimanus</i> Kossman, 1880	K	0,00	0,13
<i>Periculodes longimanus angustipes</i> Ledoyer, 1983	K	0,03	0,06
<i>Petaloproctus</i> sp.	Π	0,03	0,00
<i>Philine</i> sp.	Γ	0,00	0,03
<i>Pilargis verrucosa</i> Saint-Joseph, 1899	Π	0,00	0,03
<i>Poecilochaetus serpens</i> Allen, 1904	Π	0,06	0,28
<i>Portunus</i> sp.	K	0,03	0,00
<i>Prionospio malmgreni</i> Claparede, 1870	Π	0,00	0,03
<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867	Π	0,00	0,03
<i>Pseudocardia incerta</i> Fauvel, 1913	Π	0,08	0,03
<i>Pseudoleiocardia fauveli</i> Harmelin, 1964	Π	0,17	0,16
<i>Pseudoleiocardia</i> sp.	Π	0,28	0,03
<i>Retusa truncatula</i>	Γ	0,11	0,00
<i>Rhodine loveni</i> Tauber, 1879	Π	0,03	0,00
<i>Ringicula auriculata</i>	Γ	0,61	0,38
<i>Rissoa</i> sp.	Γ	0,11	0,00
<i>Rissoella opalina</i>	Γ	0,08	0,13
<i>Scalibregma</i> sp.	Π	0,00	0,03
<i>Schizaster canaliferus</i>	Δ	0,14	0,00
<i>Spiochaetopterus costarum</i> Claparede, 1868	Π	0,03	0,00
<i>Sternaspis scutata</i> Renier, 1807	Π	1,67	6,96
<i>Sthenelais boa</i> Mc Intosh, 1900	Π	0,03	0,00
<i>Tellina pulchella</i> Lamarck, 1818	M	2,66	0,79
<i>Tellymia ferruginosa</i> Montagu, 1808	M	2,11	1,23
<i>Terebellides stroemi</i> Sars, 1835	Π	0,00	0,03
<i>Tetrastemma</i> sp.	Δ	0,11	0,09
<i>Thyasira flexuosa</i> Montagu, 1803	M	0,97	1,01
<i>Truncatella hammersmithi</i>	Γ	0,03	0,00
<i>Tubulanus</i> sp.	Δ	0,33	0,22
<i>Turbonilla lactea</i>	Γ	0,14	0,03
TURRIDAE	Γ	0,22	0,13
<i>Turritella communis</i>	Γ	23,01	22,47

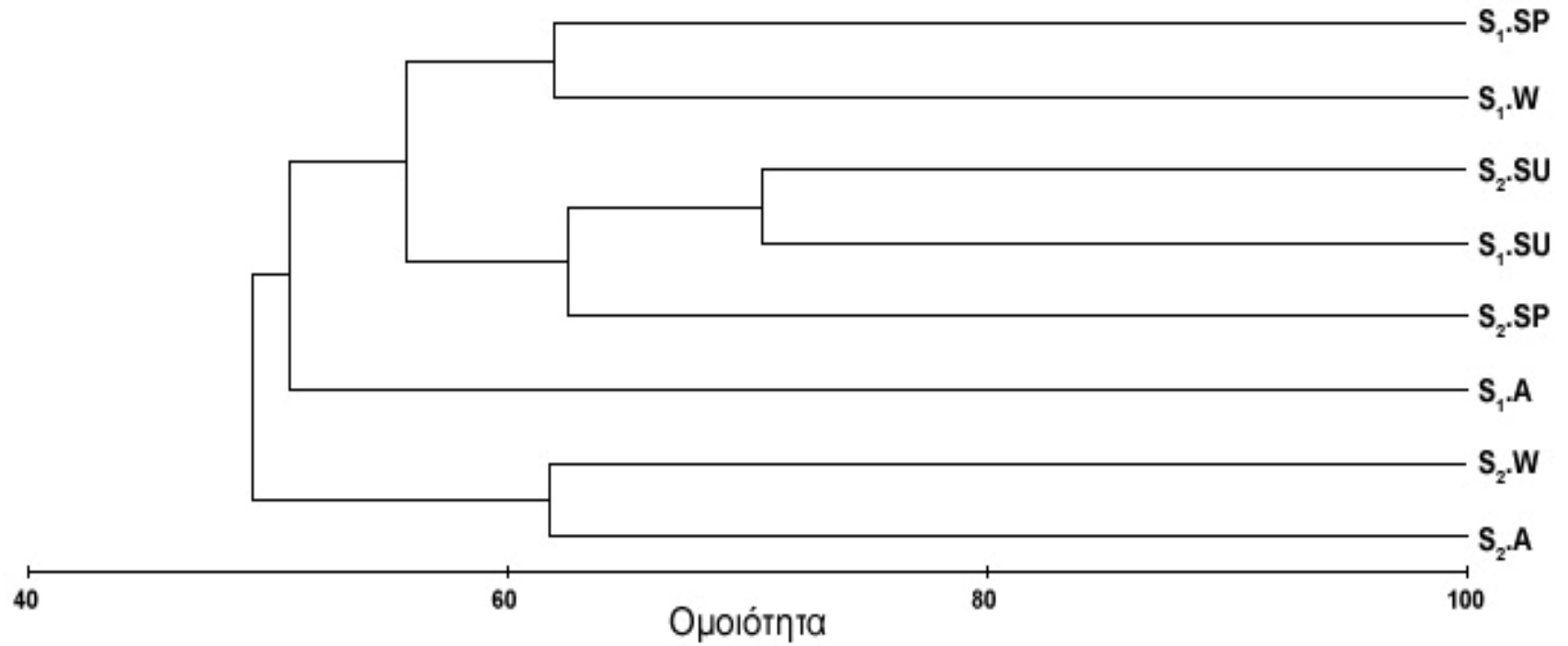
<i>Turritella sp.</i>	Γ	10,74	9,53
VERMICULARIIDAE	Γ	0,42	0,03

**Πίνακας 3.10** Μέσος όρος ποσοστού εμφάνισης (%), κατά φθίνουσα σειρά, των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας για το σύνολο των εποχών στο Σταθμό S<sub>1</sub> (Π: Πολύχαιτοι, Μ: Δίθυρα μαλάκια, Γ: Γαστερόποδα, Κ: Καρκινοειδή, Δ: Διάφορα).

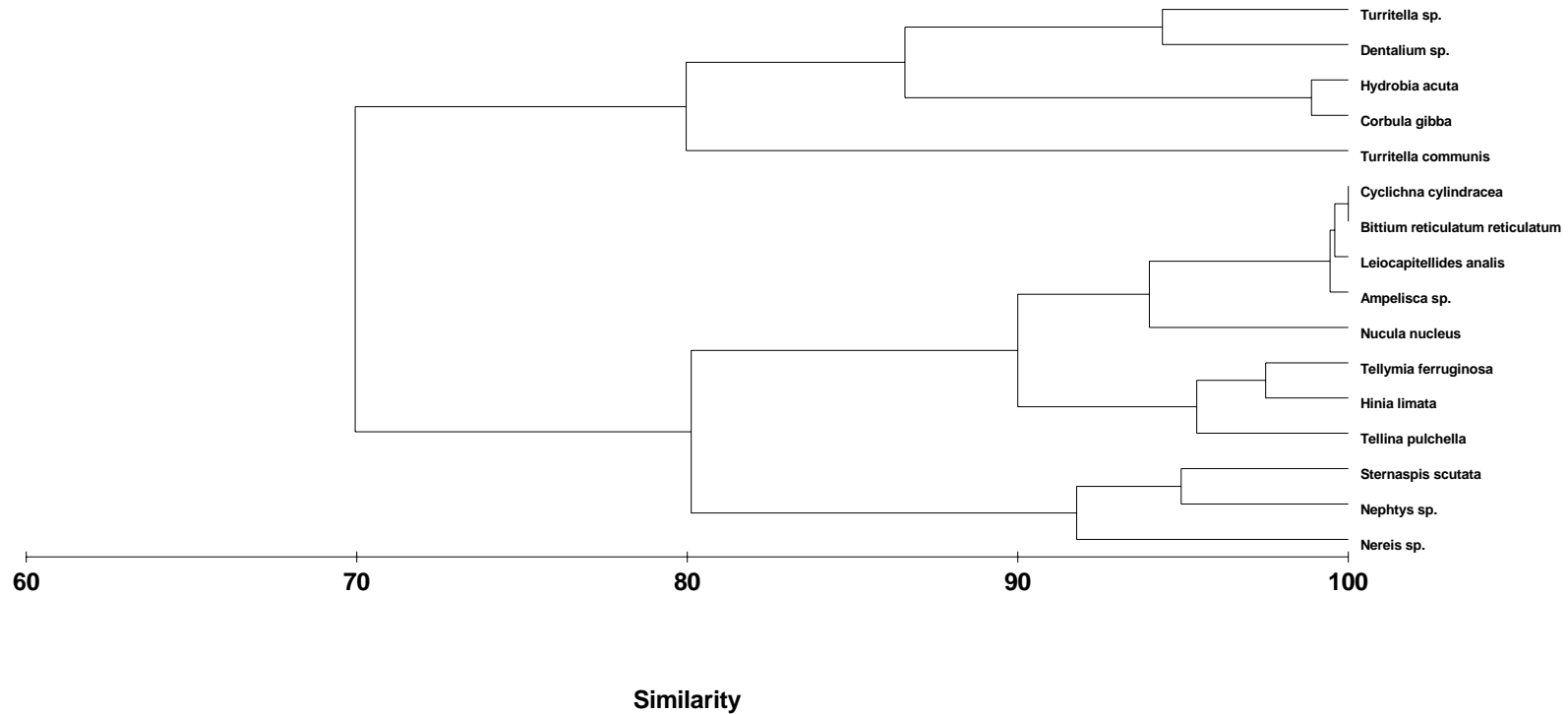
ΕΙΔΟΣ	Φύλο	Ποσοστό εμφάνισης %·m <sup>-2</sup>
<i>Turritella communis</i>	Γ	23,01
<i>Turritella sp.</i>	Γ	10,74
<i>Dentalium sp.</i>	Δ	8,58
<i>Hydrobia acuta</i>	Γ	5,72
<i>Corbula gibba</i>	Μ	5,47
<i>Nucula nucleus</i>	Μ	4,27
<i>Leiocapitellides analis</i>	Π	3,41
<i>Bittium reticulatum reticulatum</i>	Γ	3,36
<i>Cylichna cylindracea</i>	Γ	3,36
<i>Ampelisca sp.</i>	Κ	3,30
<i>Tellina pulchella</i>	Μ	2,66
<i>Hinia limata</i>	Γ	2,33
<i>Tellymia ferruginosa</i>	Μ	2,11
<i>Sternaspis scutata</i>	Π	1,67
<i>Nephtys sp.</i>	Π	1,36
<i>Nereis sp.</i>	Π	1,08

**Πίνακας 3.11** Μέσος όρος ποσοστού εμφάνισης (%), κατά φθίνουσα σειρά, των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας για το σύνολο των εποχών στο Σταθμό S<sub>2</sub> (Π: Πολύχαιτοι, Μ: Δίθυρα μαλάκια, Γ: Γαστερόποδα, Κ: Καρκινοειδή, Δ: Διάφορα).

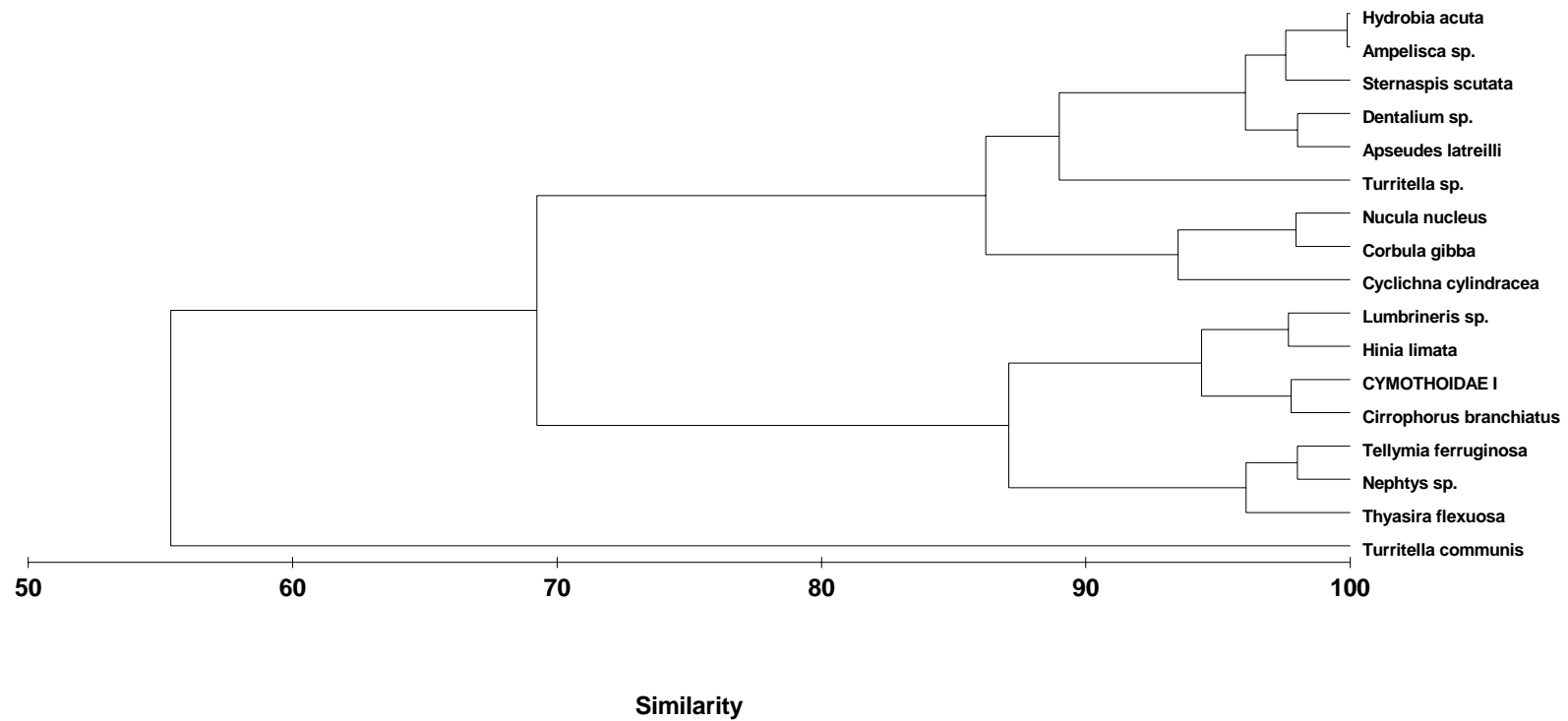
<b>ΕΙΔΟΣ</b>	<b>Φύλο</b>	<b>Ποσοστό εμφάνισης %·m<sup>-2</sup></b>
<i>Turritella communis</i>	Γ	22,47
<i>Turritella sp.</i>	Γ	9,53
<i>Sternaspis scutata</i>	Π	6,96
<i>Hydrobia acuta</i>	Γ	6,33
<i>Ampelisca sp.</i>	Κ	6,30
<i>Apseudes latreilli</i>	Κ	5,79
<i>Dentalium sp.</i>	Δ	5,35
<i>Cylichna cylindracea</i>	Γ	4,49
<i>Nucula nucleus</i>	Μ	3,61
<i>Corbula gibba</i>	Μ	3,32
<b>CYMOTHOIDAE I</b>	Κ	2,22
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	Π	2,03
<i>Hinia limata</i>	Γ	1,77
<i>Lumbrineris sp.</i>	Π	1,61
<i>Tellymia ferruginosa</i>	Μ	1,23
<i>Nephtys sp.</i>	Π	1,14
<i>Thyasira flexuosa</i>	Μ	1,01



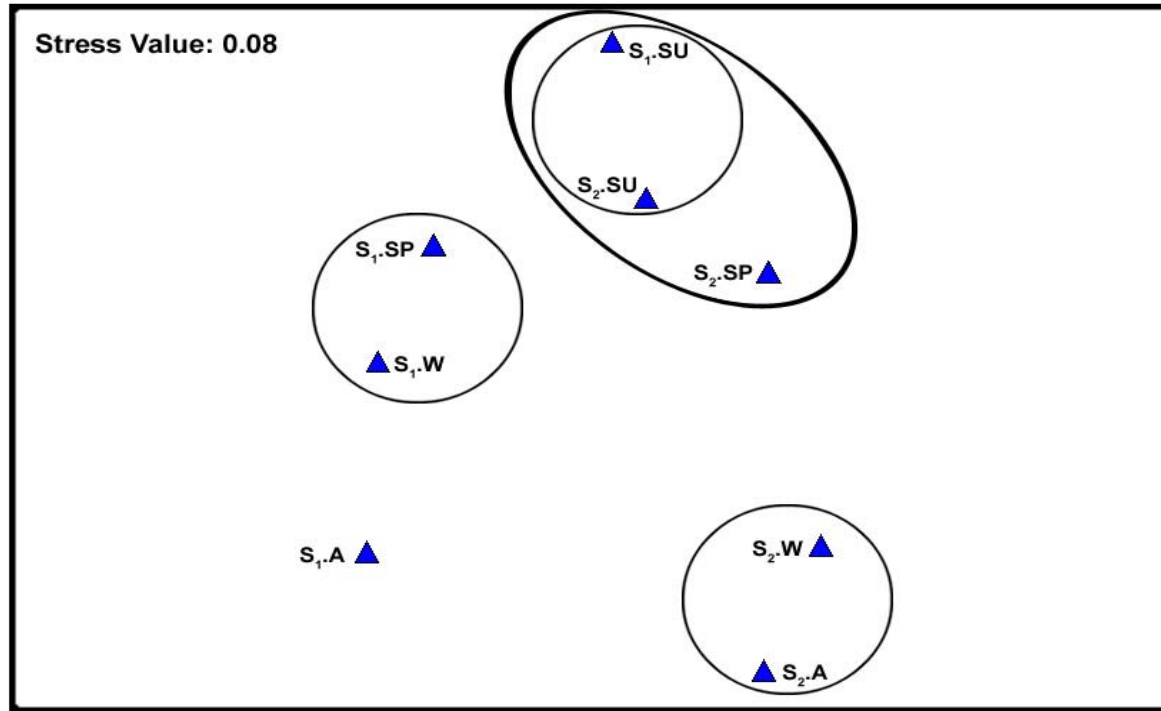
**Σχήμα 3.26** Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των Σταθμών της περιοχής έρευνας με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωβένθους κατά τη διάρκεια όλων των εποχών (A: Φθινόπωρο, W: Χειμώνας, SP: Άνοιξη, SU: Καλοκαίρι).



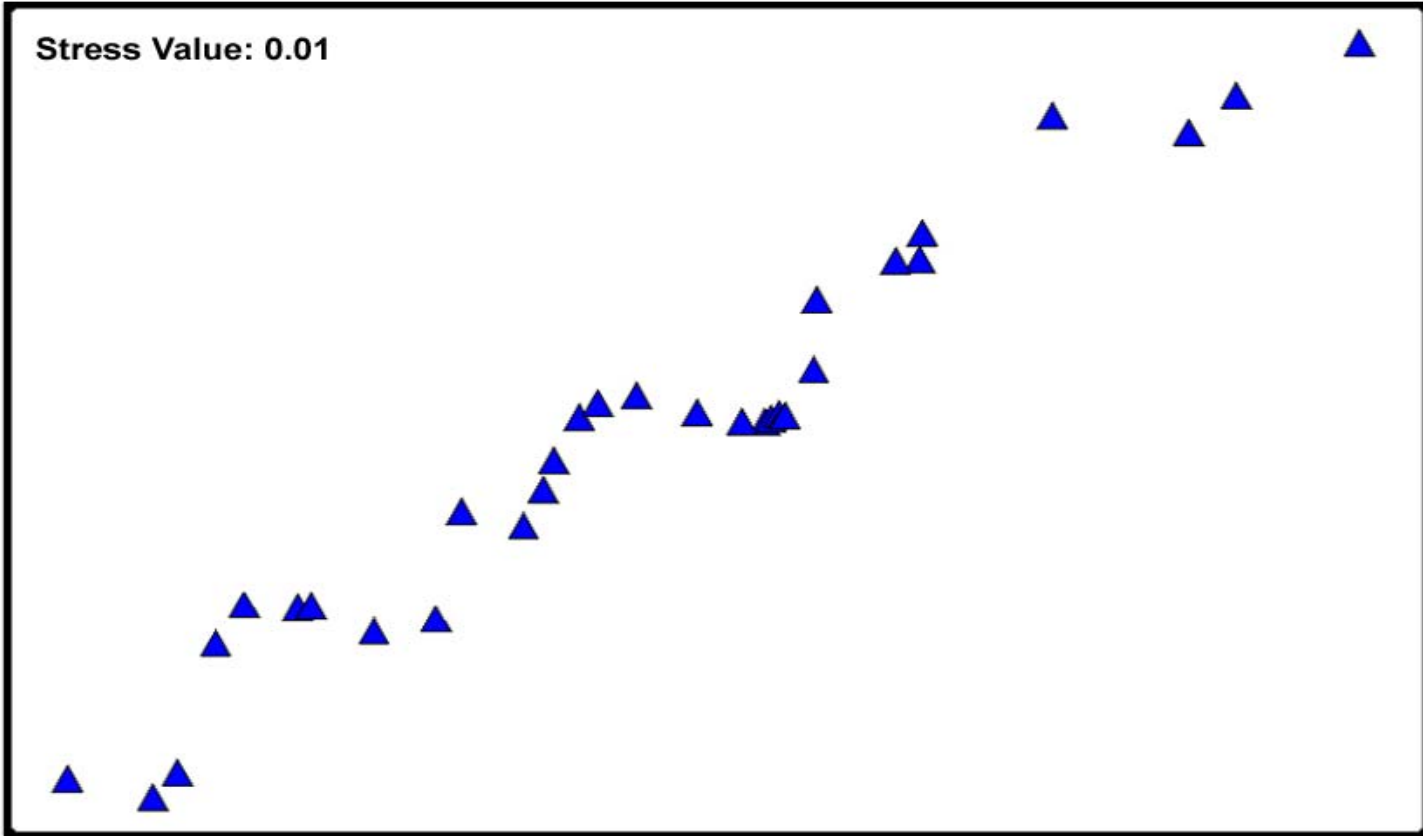
**Σχήμα 3.27** Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας για το σύνολο των εποχών στον Σταθμό S<sub>1</sub> της περιοχής έρευνάς μας.

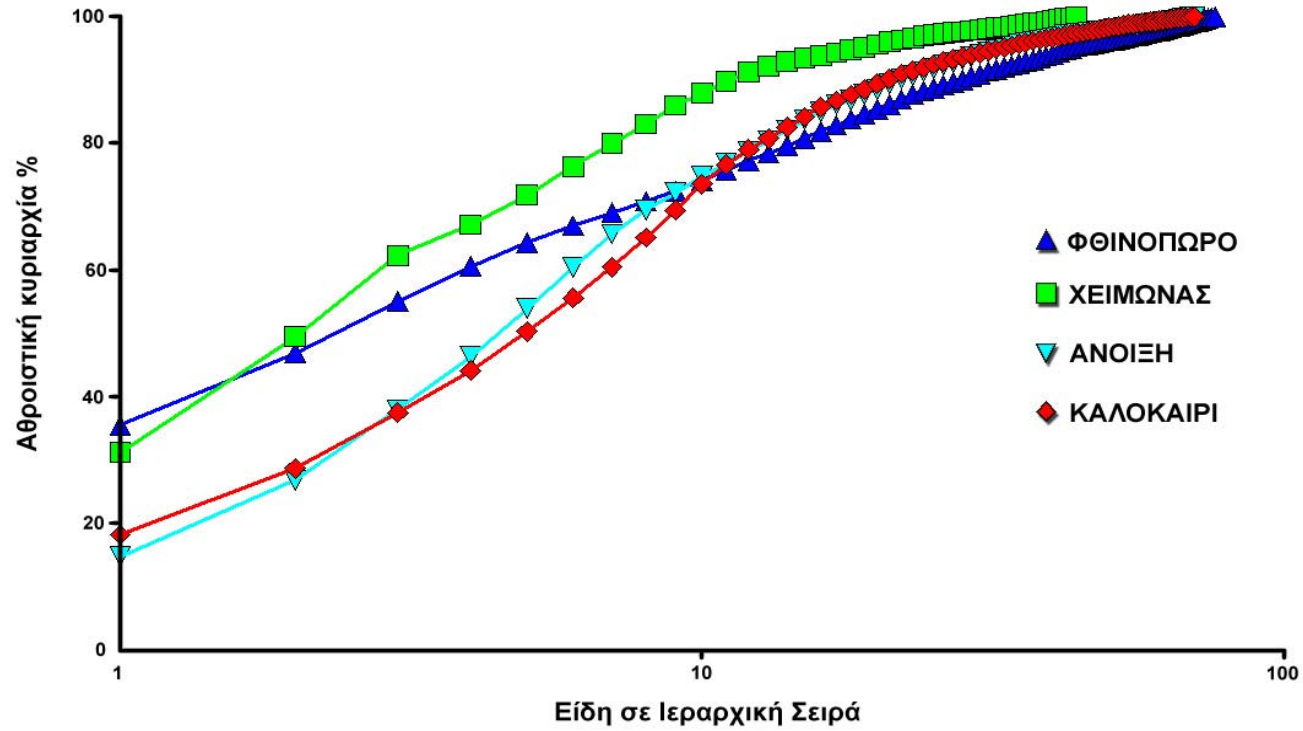


**Σχήμα 3.28** Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο του 1% της συνολικής αφθονίας για το σύνολο των εποχών στον Σταθμό S<sub>2</sub> της περιοχής έρευνάς μας.

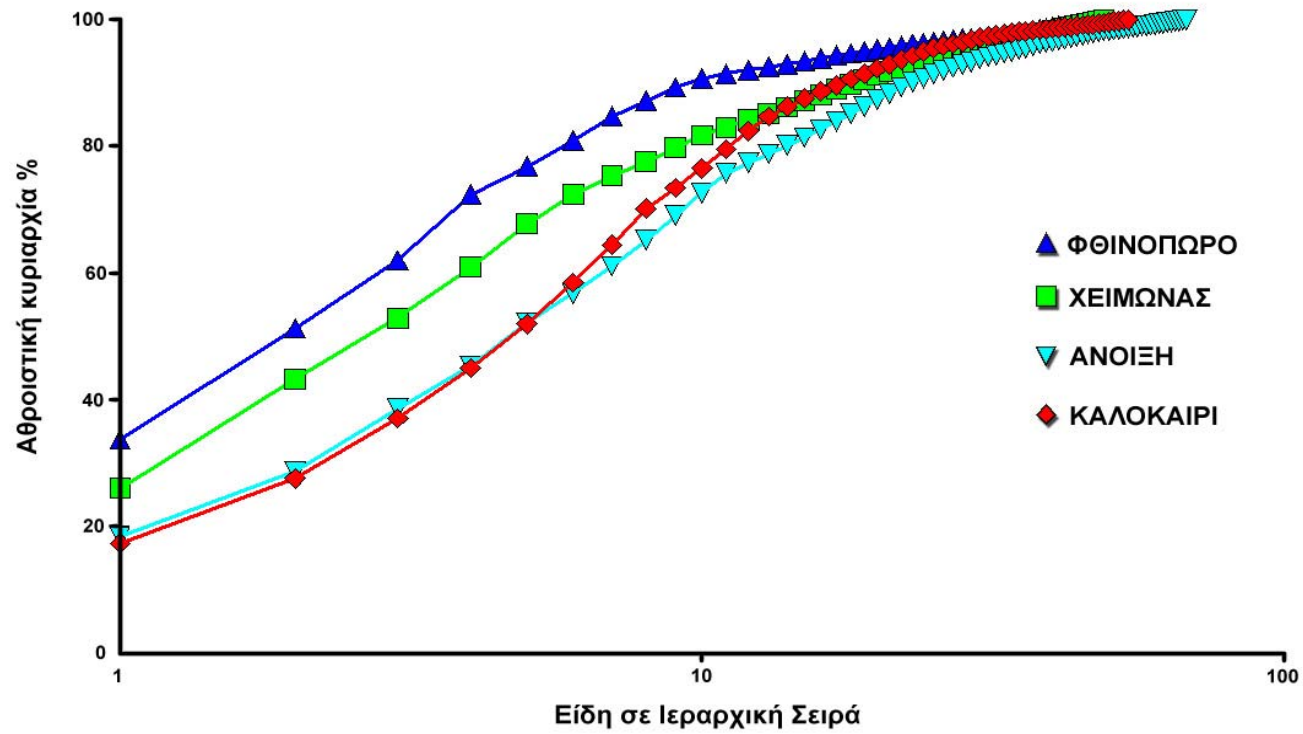




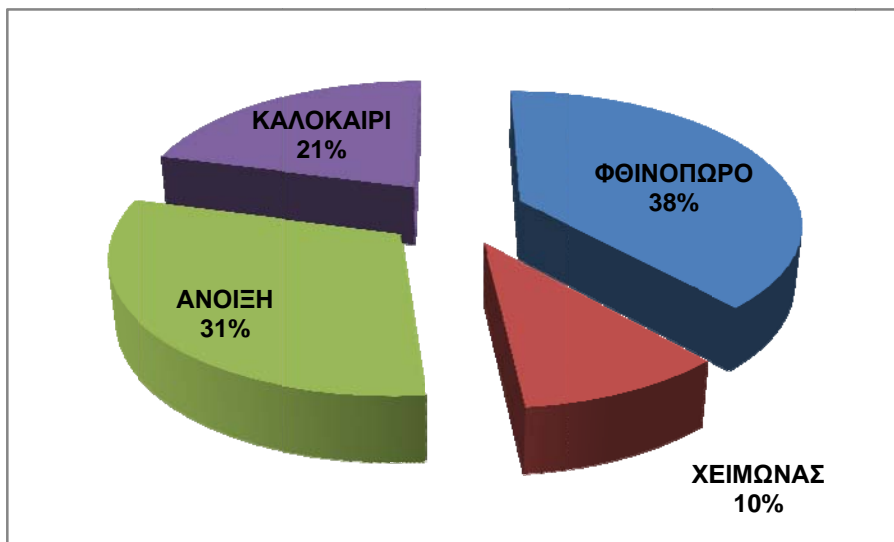




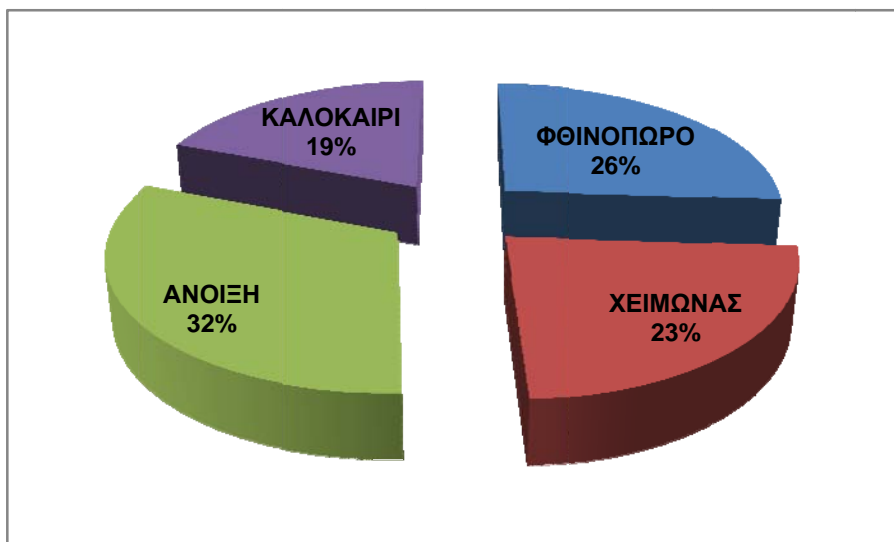
**Σχήμα 3.31** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών στον Σταθμό S<sub>1</sub> της περιοχής έρευνας για όλες τις εποχές.



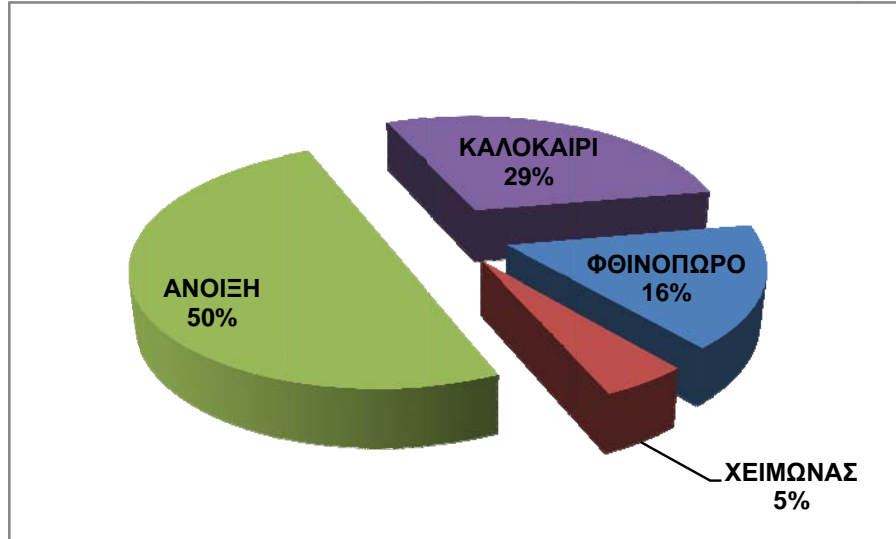
**Σχήμα 3.32** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών στον Σταθμό S<sub>2</sub> της περιοχής έρευνας για όλες τις εποχές.



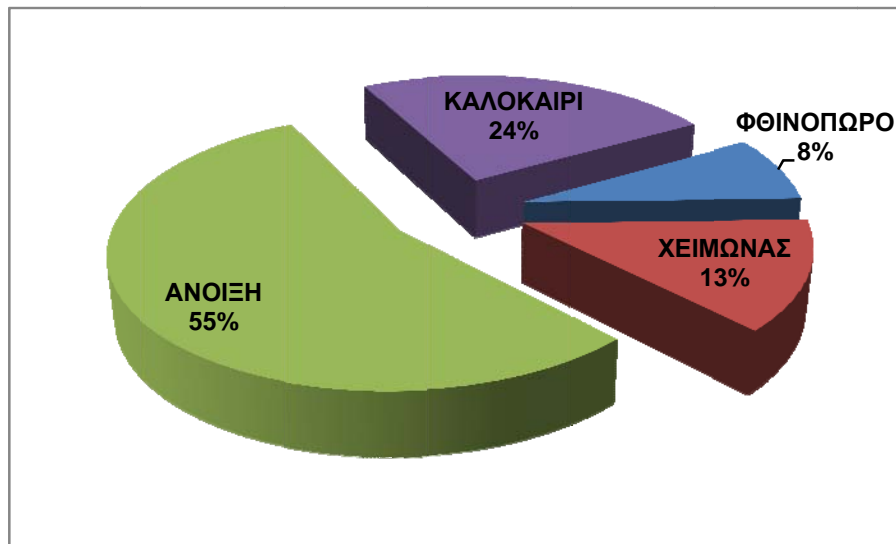
**Σχήμα 3.33** Εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ειδών των πολύχαιτων στο Σταθμό S<sub>1</sub>.



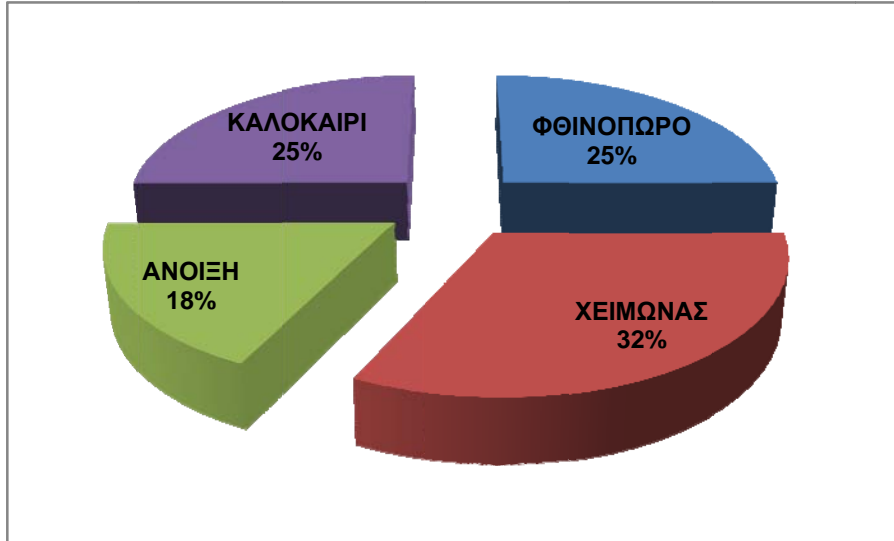
**Σχήμα 3.34** Εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ειδών των πολύχαιτων στο Σταθμό S<sub>2</sub>.



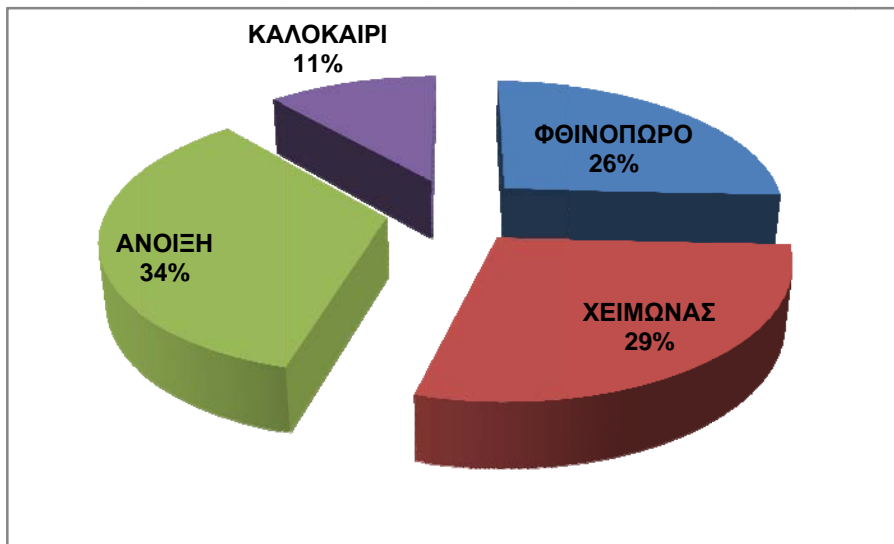
**Σχήμα 3.35** Εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ατόμων των πολύχαιτων στο Σταθμό S<sub>1</sub>.



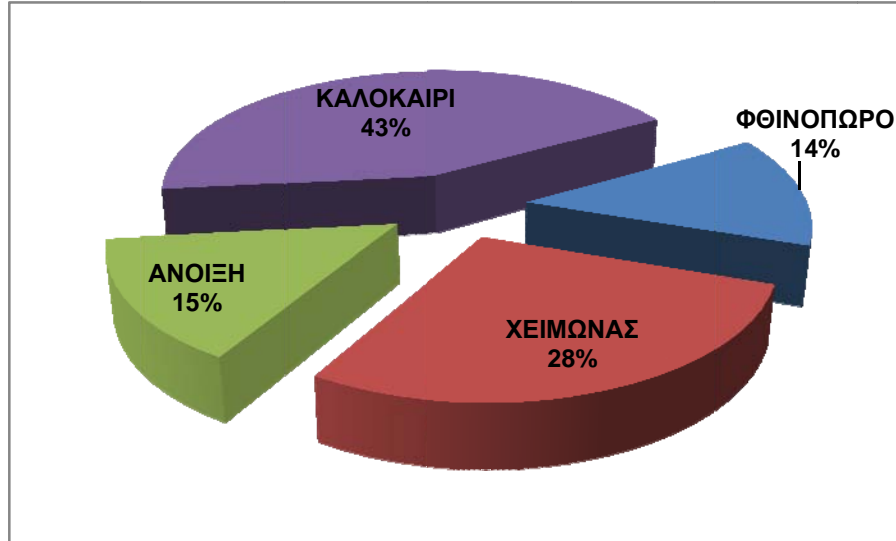
**Σχήμα 3.36** Εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ατόμων των πολύχαιτων στο Σταθμό S<sub>2</sub>.



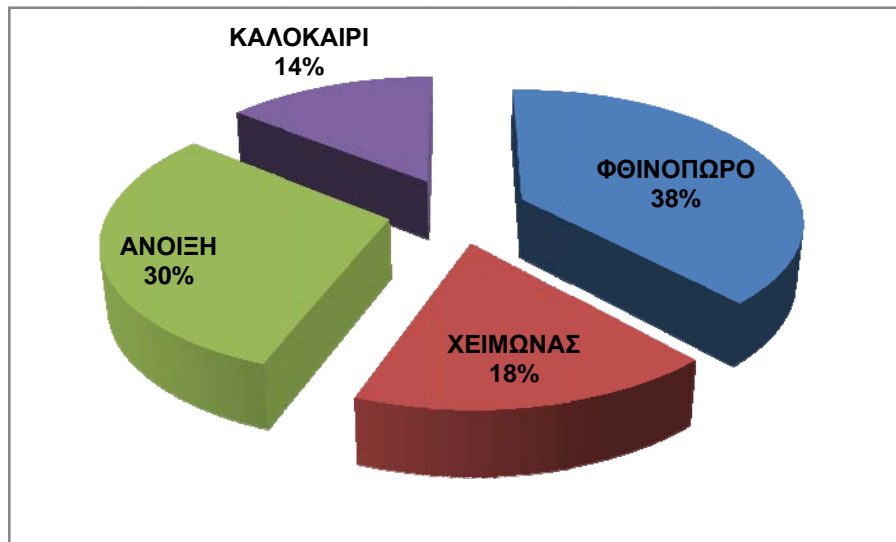
**Σχήμα 3.37** Εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ειδών των Καρκινοειδών στο Σταθμό S<sub>1</sub>.



**Σχήμα 3.38** Εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ειδών των Καρκινοειδών στο Σταθμό S<sub>2</sub>.



**Σχήμα 3.39** Εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ατόμων των καρκινωειδών στο Σταθμό S<sub>1</sub>.



**Σχήμα 3.40** Εποχική εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ατόμων των καρκινωειδών στο Σταθμό S<sub>2</sub>.

Στον Σταθμό  $S_1$  οι μεγαλύτερες τιμές του αριθμού των ειδών εμφανίστηκαν το Φθινόπωρο (76 είδη) και οι ελάχιστες τιμές το χειμώνα (44 είδη). Αντίστοιχα για τον Σταθμό  $S_2$ , οι μεγαλύτερες τιμές του αριθμού των ειδών εμφανίστηκαν την άνοιξη (68 είδη) και οι ελάχιστες τιμές (48 είδη) το φθινόπωρο.

Οι μεγαλύτερες τιμές του αριθμού των ατόμων των ειδών (αφθονία) εμφανίστηκαν για το Σταθμό  $S_1$  το καλοκαίρι (1705 άτομα/m<sup>2</sup>) και οι ελάχιστες το φθινόπωρο (896 άτομα/m<sup>2</sup>). Για το Σταθμό  $S_2$  οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίστηκαν το καλοκαίρι (1384 άτομα/m<sup>2</sup>) και οι ελάχιστες (665 άτομα/m<sup>2</sup>) το χειμώνα.

Ο δείκτης της αφθονίας των ειδών για το Σταθμό  $S_1$  κυμάνθηκε μεταξύ 6,3-11,03 και για τον  $S_2$  μεταξύ 6,9-9,2. Οι υψηλότερες τιμές του δείκτη καταγράφηκαν για τον  $S_1$  το φθινόπωρο και για τον  $S_2$  την άνοιξη, ενώ οι χαμηλότερες το χειμώνα και το φθινόπωρο αντίστοιχα .

Ο δείκτης της ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων κυμάνθηκε για το Σταθμό  $S_1$  μεταξύ 0,63-0,72 και για το Σταθμό  $S_2$  μεταξύ 0,59-0,74. Οι υψηλότερες τιμές του δείκτη καταγράφηκαν και για τους δύο Σταθμούς το καλοκαίρι, ενώ οι χαμηλότερες για το Σταθμό  $S_1$  το χειμώνα και για τον  $S_2$  το φθινόπωρο.

Ο δείκτης ποικιλότητας κυμάνθηκε για το Σταθμό  $S_1$  μεταξύ 2,40-3,09 και για το Σταθμό  $S_2$  μεταξύ 2,31-3,11. Οι υψηλότερες τιμές του δείκτη καταγράφηκαν για τον  $S_1$  το καλοκαίρι και για τον  $S_2$  την άνοιξη, ενώ οι χαμηλότερες το χειμώνα και το φθινόπωρο αντίστοιχα.

Η στατιστική επεξεργασία των δεικτών του μακροζωβένθους έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά για το δείκτη ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων και για τον δείκτη ποικιλότητας.



Οι πολύχαιτοι αποτέλεσαν την κυρίαρχη βενθική ομάδα στο σύνολο των ειδών, ακολουθούμενοι από τα γαστερόποδα και στους δύο Σταθμούς. Στο Σταθμό  $S_1$  τα ποσοστά ήταν, 42% για τους πολύχαιτους και 21% για τα γαστερόποδα, ενώ για τον  $S_2$ , 37% και 22% αντίστοιχα. Σε αντίθεση, όμως, τα γαστερόποδα ήταν αυτά που εμφάνισαν μεγαλύτερο αριθμό ατόμων και στους δύο Σταθμούς, με 53% για τον  $S_1$  και 48% για τον  $S_2$ . Η δεύτερη πιο κυρίαρχη ομάδα στο σύνολο του αριθμού των ατόμων ήταν τα δίθυρα με 16% για τον  $S_1$  και τα καρκινοειδή με 17% για τον  $S_2$ .

Ο συνολικός αριθμός των ειδών που αναγνωρίστηκαν έφθασε τα 160. Τα κυρίαρχα είδη με ποσοστό εμφάνισης άνω του 1% στο σύνολο των ατόμων ήταν 16 για το Σταθμό  $S_1$  και 17 για τον  $S_2$  και 12 από αυτά ήταν κοινά μεταξύ των σταθμών. Στο Σταθμό  $S_1$  από τα κυρίαρχα είδη, 4 ανήκουν στους πολύχαιτους, 4 στα δίθυρα μαλάκια, 6 στα γαστερόποδα, 1 στα καρκινοειδή και 1 στα διάφορα. Αντίστοιχα στον Σταθμό  $S_2$  από τα κυρίαρχα είδη 4 ανήκουν στους πολύχαιτους, 4 στα δίθυρα μαλάκια, 5 στα γαστερόποδα, 3 στα καρκινοειδή και 1 στα διάφορα. Κυρίαρχο είδος και στους δύο Σταθμούς είναι το γαστερόποδο *Turritella communis*, με ποσοστά εμφάνισης 23.01% για τον  $S_1$  και 22.47% για τον  $S_2$ .

Η ομαδοποίηση των σταθμών της περιοχής έρευνάς μας με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωιβένθους κατά την διάρκεια όλων των εποχών έδειξε δύο κύριες ομάδες. Η πρώτη περιλαμβάνει το Σταθμό  $S_1$  το φθινόπωρο με το Σταθμό  $S_2$  το χειμώνα, και η δεύτερη υποομάδες με τους Σταθμούς σε όλες τις υπόλοιπες εποχές. Ο βαθμός συγγένειας των δύο ομάδων είναι περίπου 30%.

Η ομαδοποίηση των κυρίαρχων μακροζωοβενθικών ειδών για το σύνολο των εποχών στο Σταθμό  $S_1$  έδειξε δύο μεγάλες κύριες ομάδες με βαθμό συγγένειας περίπου 70%. Στο Σταθμό  $S_2$ , η αντίστοιχη ομαδοποίηση των κυρίαρχων μακροζωοβενθικών ειδών έδειξε επίσης δύο κύριες ομάδες. Η μια αποτελείται από ένα μόνο είδος και η άλλη από όλα τα υπόλοιπα. Ο βαθμός συγγένειάς τους είναι περίπου 55%. Το διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) των σταθμών, καθώς και των κυρίαρχων ειδών, έδειξε ομάδες διάταξης που σχετίζονται σαφώς με την ομαδοποίησή τους.

Τα διαγράμματα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών έδειξαν ότι υπάρχουν εποχικές μεταβολές σε κάθε Σταθμό. Εξαίρεση αποτέλεσε το φθινόπωρο και ο χειμώνας στο Σταθμό  $S_2$ .

Το φθινόπωρο με 38% στο Σταθμό  $S_1$  και την άνοιξη με 32% στο Σταθμό  $S_2$  εμφανίστηκε το μεγαλύτερο ποσοστό του αριθμού των ειδών των πολύχαιτων. Η εκατοστιαία κατανομή του αριθμού των ατόμων των πολύχαιτων και στους δύο Σταθμούς ήταν μεγαλύτερη την άνοιξη με 50% στο Σταθμό  $S_1$  και 55% στον  $S_2$ .

Αναφορικά με τα καρκινοειδή, το μεγαλύτερο ποσοστό του αριθμού των ειδών στο Σταθμό  $S_1$  παρουσιάστηκε το χειμώνα με 32% και στον  $S_2$  την άνοιξη με 34%. Ενώ, όσον αφορά το μεγαλύτερο ποσοστό του αριθμού των ατόμων, στο Σταθμό  $S_1$  παρουσιάστηκε το καλοκαίρι με 43% και στον  $S_2$  το φθινόπωρο με 38%.

## 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

#### 4.1.1 Υδάτινη στήλη

##### 4.1.1.1 Θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο και χλωροφύλλη α

###### α) Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία της θάλασσας είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή και τη βιοποικιλότητα των θαλάσσιων οργανισμών. Επηρεάζει την επιβίωση, την ανάπτυξη, την αναπαραγωγική φυσιολογία και τη συμπεριφορά τους. Επιδρά ουσιαστικά στο μεταβολικό ρυθμό και στην κατανάλωση οξυγόνου. Όσο η θερμοκρασία τείνει προς το βέλτιστο όριο, για τα εκτρεφόμενα είδη, τόσο αυξάνει ο μεταβολικός τους ρυθμός και η κατανάλωση οξυγόνου. Τα βέλτιστα όρια για την ανάπτυξη του μυδιού *Mytilus galloprovincialis*, το οποίο εκτρέφεται στη μονάδα μυδοκαλλιέργειας της παρούσας εργασίας, είναι μεταξύ 10-20 °C και τα όρια ανοχής του μεταξύ 5-30 °C (Νεοφύτου & Παναγιωτάκη, 2001).

Η θερμοκρασία εμφάνισε την αναμενόμενη εποχική διακύμανση εντός των ορίων ανοχής των μυδιών της μονάδας. Η ελάχιστη θερμοκρασία (10,8 °C) παρατηρήθηκε τον Μάρτιο στο Σταθμό S<sub>2</sub>. Προφανώς, αυτό συνέβη λόγω των ψυχρών υδάτινων μαζών του Σπερχειού εξαιτίας της τήξης του χιονιού, αφού η θέση του σταθμού βρίσκεται σε ένα εσωτερικότερο σημείο στο μέτωπο των ε-

κβολών. Αντίστοιχα, η χαμηλότερη θερμοκρασία για το Σταθμό S<sub>1</sub> (11,3 °C) παρατηρήθηκε τον Ιανουάριο. Η υψηλότερη θερμοκρασία (27,5 °C) παρατηρήθηκε στο Σταθμό S<sub>2</sub> τον Ιούλιο και στο Σταθμό S<sub>1</sub> τον Αύγουστο. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με τα ευρήματα παρόμοιων εργασιών στην ίδια περιοχή μελέτης (Kormas *et al.* 2002). Δεν παρατηρήθηκε η ανάπτυξη πλήρους εποχικού θερμοκλινούς σε κανένα από τους σταθμούς. Το ίδιο ισχύει και μεταξύ των σταθμών. Μοναδική εξαίρεση αποτέλεσε ο Μάρτιος, πιθανώς εξαιτίας του παράγοντα που προαναφέρθηκε.

## **β) Αλατότητα**

Η αλατότητα είναι, επίσης, ένας σημαντικός παράγοντας για τη διαβίωση των θαλασσίων οργανισμών. Κάθε μεταβολή της προκαλεί διαταραχή της ωσμωρυθμιστικής τους ικανότητας. Η άριστη αλατότητα για την ανάπτυξη του μυδιού είναι μεταξύ 18-30 ‰ και τα όρια ανοχής του 5-38 ‰ (Νεοφύτου & Παναγιωτάκη, 2001).

Η αλατότητα εμφάνισε μικρές κάθετες διακυμάνσεις και στους δύο σταθμούς, εξαιτίας της έλλειψης αλοκλινούς. Οι ελάχιστες τιμές εμφανίστηκαν από Νοέμβριο έως και Φεβρουάριο σαν αποτέλεσμα της εισροής γλυκού νερού από το Σπερχειό. Αυτές ήταν σταθερά πάνω από τα 36 ‰ λόγω της εξαιρετικά άνυδρης περιόδου και οι μέγιστες τιμές κατά τους μήνες του καλοκαιριού. Ωστόσο, οι επιφανειακές τιμές στα πρώτα 4 m της στήλης εμφάνισαν εύρος διακυμάνσεων, από το Φεβρουάριο έως το Μάιο. Ενδεχομένως αυτό συνέβη λόγω της παρουσίας μετώπου ανάμιξης των γλυκών νερών, που εισρέουν μέχρι τα τέλη Μαΐου από το Σπερχειό, με τις θαλάσσιες μάζες. Διαπιστώθηκε, επίσης, ότι κατά τη διάρκεια της μελέτης οι τιμές της αλατότητας στους δύο σταθμούς δειγ-

ματοληψίας δεν διέφεραν σημαντικά. Οι Hoekstra *et al.*, (1989) θεωρούν ότι τέτοια μικρή διακύμανση της αλατότητας οφείλεται στη γρήγορη ανάμιξη του εισερχόμενου νερού από τους ποταμούς. Στο Μαλιακό κόλπο ένας επιπλέον λόγος για την ταχεία διασπορά του γλυκού νερού είναι η κυκλωνική κίνηση των ρευμάτων (Christou *et al.*, 1995). Το γεγονός αυτό είχε παρατηρηθεί και σε παλαιότερες μελέτες (ΕΚΘΕ, 1994: Christou *et al.*, 1995: Poulos *et al.*, 1996: Κορμάς, 1998: Κορμάς *et al.*, 2002). Εξαίρεση στην παρούσα εργασία αποτέλεσε ο Μάρτιος λόγω της μεγαλύτερης εισροής όγκου γλυκού νερού, κάτι που εξηγείται και από τις τιμές της θερμοκρασίας το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η αλατότητα κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών παρουσίασε τη μέγιστη τιμή της στα όρια ανοχής του μυδιού. Αυτό πιθανά να είναι η αιτία που δημιούργησε προβλήματα στο να «πιάσει» ο γόνος, με συνέπειες στην παραγωγή των μυδοκαλλιεργειών της περιοχής.

### **γ) Διαλυμένο οξυγόνο**

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου δεν έφθασε ποτέ σε περιοριστικό επίπεδο κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών. Δεν εμφανίστηκε, επίσης, κάποια διαφοροποίηση με το βάθος, αλλά ούτε μεταξύ των σταθμών εξαιτίας της έλλειψης πλήρους θερμοκλινούς ή αλοκλινούς. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει γρήγορη ανάμιξη του εισερχόμενου από τον ποταμό νερού (Κορμάς *et al.*, 2003). Η τύχη του διαλυμένου οξυγόνου διαπιστώθηκε και από τους Del amo *et al.*, (1997) σε παρόμοιες συνθήκες στον Ατλαντικό. Εξαίρεση αποτέλεσε ο Μάρτιος, στον οποίο η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο Σταθμό S<sub>2</sub> ακολούθησε την αναμενόμενη εποχική διακύμανση με υψηλή συγκέντρωση 7,4-8,4 ppm. Στο Σταθμό S<sub>1</sub>, όμως, ήταν 4,6-5,7 ppm, σημειώνο-

ντας την χαμηλότερη τιμή της επηρεαζόμενη από την εγκατάσταση μικρού θερμοκλινούς. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν το χειμώνα και οι χαμηλότερες το καλοκαίρι, καθώς είναι γνωστό ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνουν τη διαλυτότητα του οξυγόνου. Η φωτοσυνθετική δράση του φυτοπλαγκτού, με το μέγιστο της βιομάζας του το χειμώνα, αυξάνουν επίσης τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου αυτήν την εποχή.

### **δ) Χλωροφύλλη α**

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α αποτελεί ένα δείκτη για την παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων. Ο προσδιορισμός των επιπέδων της παρέχει ένα μέτρο της βιομάζας και της παραγωγικότητας των μονοκύτταρων πρωτογενών παραγωγών της στήλης (φυτοπλαγκτόν) και του ιζήματος (βενθικά μικροφύκη). Οι μικροσκοπικοί χλωροφυλλούχοι οργανισμοί των υδάτινων οικοσυστημάτων αποτελούν έναν από τους κυριότερους πυρήνες απορρόφησης του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub> (Smil, 1997). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει τη σπουδαιότητα μέτρησης της χλωροφύλλης α στα θαλάσσια οικοσυστήματα.

Οι χαμηλότερες τιμές χλωροφύλλης α και για τους δύο σταθμούς σημειώθηκαν τον Αύγουστο. Οι συγκεντρώσεις άγγιξαν τα 0,6 mg/m<sup>3</sup> στο Σταθμό S<sub>1</sub> και τα 0,5 mg/m<sup>3</sup> στο Σταθμό S<sub>2</sub>. Οι ψηλότερες τιμές καταγράφηκαν για το Σταθμό S<sub>1</sub> το Νοέμβριο με 12,4 mg/m<sup>3</sup> και για το Σταθμό S<sub>2</sub> το Μάρτιο με 20,2 mg/m<sup>3</sup>. Καθ' όλη την διάρκεια των δειγματοληψιών, με εξαίρεση το Μάρτιο και το Μάιο, τα επίπεδα χλωροφύλλης α ακολούθησαν παρόμοιο εποχικό και τοπικό πρότυπο διακύμανσης. Οι δύο σταθμοί είχαν παρεμφερείς τιμές με το Σταθμό S<sub>2</sub> να έχει πάντα μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωροφύλλης α. Όμως, αυτή η

διαφορά ήταν πάρα πολύ μεγάλη κατά το Μάρτιο. Αυτό πιθανά να οφείλεται στο γεγονός ότι αυτός ο Σταθμός βρίσκεται πλησιέστερα στις εκβολές του Σπερχειού. Εκεί η γρήγορη ανάμειξη του εισερχόμενου από τον ποταμό νερού συνδυάζεται με την ταχεία απορρόφηση των εισερχομένων θρεπτικών συστατικών από το φυτοπλαγκτό (Korras *et al.*, 2003). Έτσι, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης  $a$  είναι μεγαλύτερη.

Στην υδάτινη στήλη στο Μαλιακό οι συγκεντρώσεις χλωροφύλλης  $a$  κυμαίνονται σε συγκρίσιμα επίπεδα με τις τιμές που έχουν σημειωθεί σε άλλες παρόμοιες περιοχές (Πίν. 4.1). Το καλοκαίρι, με τις χαμηλότερες τιμές της χλωροφύλλης  $a$ , ο Μαλιακός έχει έναν oligότροφο χαρακτήρα ανοικτής θάλασσας (Korras, 1998; Korras *et al.*, 2002). Έτσι, οι χαμηλές τιμές Χλωροφύλλης  $a$  τον Αύγουστο, υποδεικνύουν ότι το τέλος του καλοκαιριού αντιπροσωπεύει μια περίοδο κατά την οποία η φυτοπλαγκτονική βιομάζα και τα προϊόντα αποικοδόμησής της έχουν ήδη εξαντληθεί στη στήλη ή εναποτεθεί στο ίζημα. Αντίθετα, το φαινόμενο εξάντλησης της στήλης έχει ήδη παρατηρηθεί σε προηγούμενες μελέτες κατά το Σεπτέμβριο και φαίνεται να σχετίζεται με χαμηλές έως μηδενικές τιμές θρεπτικών (Korras *et al.*, 1997: 2002).

#### **4.1.1.2 Θρεπτικά άλατα**

Τα ποτάμια χαρακτηρίζονται από τους Robards *et al.* (1994) ως αρτηρίες που μεταφέρουν θρεπτικά στη θάλασσα. Τα παράκτια οικοσυστήματα αποτελούν γι' αυτό το λόγο τα πιο παραγωγικά οικοσυστήματα στον πλανήτη (Wassmann, 1993).

**Πίνακας 4.1** Σύγκριση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης α της περιοχής μελέτης με άλλες περιοχές. Τα εύρη τιμών καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της στήλης του νερού και είναι εποχικές ή μηνιαίες δειγματοληψίες για ένα χρόνο τουλάχιστον.

Περιοχή	Χλωροφύλλη α (mg/m <sup>3</sup> )	Βιβλιογραφία
Εκβολές Rhone	0,00 7,64	Kirchman <i>et al.</i> , 1989: Leveau <i>et al.</i> , 1990: Soto <i>et al.</i> , 1993
Εκβολή ποταμού Zaire	μέση τιμή: 5,3	Cadee, 1984
Εκβολή ποταμού Lanyang His- Ειρηνικός Ωκεανός	0,00 8,00	Shiah <i>et al.</i> , 1996
Malaga bay, Δ. Μεσόγειος	0,00 16,49	Rodriguez & Guerrero, 1994
Kiel & Schlei fjords, Βόρεια θά- λασσα	2,40 108,90	Hoppe, 1983
Θερμαϊκός κόλπος	0,00 13,00	Πάγκου & Ασημακοπούλου, 1997
Αμβρακικός Κόλπος	0,28 44,8	Panayotides <i>et al.</i> , 1994
Μαλιακός Κόλπος	0,00 7,60	Κορμάς, 1998
Εκβολές Σπερχειού- Μαλιακός Κόλπος	0,04 1,6	Ακουμιανάκη, 2004
Εκβολές Σπερχειού- Μαλιακός Κόλπος	μέση τιμή: 5,0±2,92	Παρούσα εργασία



Οι αναμενόμενες υψηλές συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων στο παράκτιο οικοσύστημα της παρούσας μελέτη παρατηρήθηκαν κυρίως το χειμώνα και την άνοιξη στο Σταθμό S<sub>2</sub>. Το καλοκαίρι οι τιμές όλων των αλάτων ελαττώθηκαν καθώς μειώθηκε η παροχή του Σπερχειού εξ' αιτίας της χρήσης μεγάλης ποσότητας νερού για γεωργικούς σκοπούς. Η αύξηση της βροχόπτωσης το χειμώνα αυξάνει το ρυθμό εισροής χερσογενών υλικών και θρεπτικών αλάτων στο νερό των ποταμών και συντελεί τελικά στην αύξηση των παροχών τους στη θάλασσα (Milliman, 1993; Nitrouer, 1993). Την άνοιξη, με το λιώσιμο του χιονιού στα βουνά, σημαντική ποσότητα γλυκού νερού εισέρχεται στο Μαλιακό. Έτσι, κάποια από τα θρεπτικά εμφάνισαν τη μέγιστη συγκέντρωσή τους την άνοιξη. Η εποχική αυτή διακύμανση με την πιθανή χερσαία προέλευση των θρεπτικών διαπιστώθηκε και από άλλη μελέτη στην ίδια περιοχή (Κορμάς, 1998). Το ίδιο τοπικό πρότυπο διακύμανσης που παρατηρήθηκε, με τις μέγιστες τιμές στον Σταθμό S<sub>2</sub>, εξηγείται από τη θέση του Σταθμού. Όντας πιο κοντά στο μέτωπο των εκβολών, αυτός δέχεται μεγαλύτερη παροχή θρεπτικών από το Σπερχειό. Ο γρήγορος ρυθμός οριζόντιας ανάμιξης των υδάτων στο Μαλιακό κόλπο (Christou *et al.*, 1995) συντελεί στη μικρότερη συγκέντρωση αυτών στο Σταθμό S<sub>1</sub>. Φαίνεται ότι η μονάδα μυδοκαλλιέργειας δεν επηρεάζει θετικά την αύξηση στη συγκέντρωση των θρεπτικών αλάτων δεδομένου ότι υπολείπεται σε σχέση με τον Σταθμό S<sub>2</sub>.

Τα φωσφορικά άλατα παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά και είχαν τη μικρότερη συγκέντρωση σε σχέση με το πυρίτιο και τις ανόργανες μορφές του αζώτου. Αυτό ακολουθεί τον κανόνα ότι τα φωσφορικά είναι πιθανά το ελάχιστο σε συγκέντρωση στοιχείο στο Αιγαίο (Stergiou *et al.*, 1997).

Ύστερα από μελέτες τους στην ίδια περιοχή, ερευνητές έχουν χαρακτηρίσει το Μαλιακό κόλπο ως περιοχή εμπλουτισμένη με θρεπτικά άλατα (Friligos, 1978; Νακοπούλου, 1983; Ψυλλίδου-Γκιουράνοβιτς και συν., 1993). Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας ενισχύουν την άποψη αυτή πολύ περισσότερο. Οι τιμές συγκεντρώσεων των πυριτικών αλάτων είναι παρόμοιες με αυτές άλλων ερευνητών στην ίδια περιοχή (Korimas *et al.*, 2003). Αντίθετα, αυτές των φωσφορικών, αμμωνιακών, νιτρικών και νιτρικών αλάτων είναι αρκετά μεγαλύτερες (Πίν. 4.2).

#### **4.1.2 Ίζημα**

##### **4.1.2.1 Κοκκομετρική ανάλυση**

Η κοκκομετρική ανάλυση έδειξε ότι το ίζημα του Σταθμού S<sub>1</sub> είναι αργιλώδες με 5,28% άμμο, 37,64% ιλύ και 57,08% άργιλο. Αντίστοιχα του S<sub>2</sub> ιλυο-αργιλώδες με σύσταση 0,56% άμμο, 52,00% ιλύ, και 47,44% άργιλο. Η διαφορά στα ποσοστά ιλύος-αργίλου ανάμεσα στους σταθμούς οφείλεται στα θαλάσσια ρεύματα. Τα υπό αιώρηση κλάσματα αργίλου λόγω μεγέθους καθιζάνουν με πιο αργούς ρυθμούς από την ιλύ και επομένως μεταφέρονται και τελικά καθιζάνουν σε περιοχές πιο μακριά από το δέλτα. Τα υψηλά ποσοστά ιλύος-αργίλου καθιστούν τα επιφανειακά ιζήματα επιρρεπή σε ρεύματα και κυματισμό. Αυτό, σε συνδυασμό με το μικρό βάθος και τα σχετικά ισχυρά ρεύματα πυθμένα, συμβάλλει στο χαρακτηρισμό του βενθικού περιβάλλοντος του Μαλιακού κόλπου ως ασταθούς (Ακουμιανάκη, 2004).

**Πίνακας 4.2** Σύγκριση της συγκέντρωσης θρεπτικών αλάτων της περιοχής μελέτης με άλλες περιοχές. Τα εύρη τιμών καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της στήλης του νερού και είναι εποχικές ή μηνιαίες δειγματοληψίες για ένα χρόνο τουλάχιστον.

Περιοχή	NH <sub>4</sub> (μΜοΙ/Ι)	NO <sub>2</sub> (μΜοΙ/Ι)	NO <sub>3</sub> (μΜοΙ/Ι)	PO <sub>4</sub> (μΜοΙ/Ι)	SiO <sub>2</sub> (μΜοΙ/Ι)	Βιβλιογραφία
Αμβρακικός	0,31	0,07	1,21	0,34	4,61	Panayotides <i>et al.</i> , 1994
	0,49	0,10	2,11	0,54	28,45	
Δέλτα Έβρου	0,10	0,03	1,50	0,10	-	Αγγελίδης & Αθανασιάδης, 1993
	2,60	0,27	19,50	2,00		
Εκβολές Rhone	-	0,31	0,00	0,00	-	Kirchman <i>et al.</i> , 1989: Leveau <i>et al.</i> , 1990: Soto <i>et al.</i> , 1993
		28,17	83,7	6,13		
Λιμνοθάλασσες Αμβρακικού	-	0,00	0,00	0,00	0,00	Kormas <i>et al.</i> , 2001
		5,83	11,46	25,44	115,38	
Είσοδος λιμένα Μυτιλήνης	0,06	0,01	0,01	0,01	1,10	Τσιρτσής, 1994
	12,90	0,42	9,96	1,08	27,96	
Κόλπος Malaga	-	0,05	0,82	0,12	-	Rodriguez & Guerrero, 1994
		0,65	3,40	1,74		
Μαλιακός Κόλπος	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	Κορμάς, 1998
	0,88	1,06	4,27	1,95	29,97	
Εκβολές Σπερχειού -Μαλιακός Κόλπος	0,03	0,03	1,09	0,04	4,92	Παρούσα εργασία
	10,27	17,33	114,68	22,31	36,12	

#### 4.1.2.2 Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας

Τα επίπεδα οργανικής ύλης στο ίζημα και στους δύο σταθμούς της περιοχής μελέτης ήταν ψηλά σε σύγκριση με άλλες περιοχές (Πίν. 4.3). Παρουσιάζεται το ίδιο τοπικό και εποχικό πρότυπο τιμών οργανικού άνθρακα και οργανικής ουσίας. Η στατιστική επεξεργασία του περιεχόμενου στο ίζημα οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα για όλη την περίοδο των δειγματοληψιών, δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά.

Ο λόγος οργανικού άνθρακα προς οργανικό υλικό παρέμεινε σχεδόν σταθερός. Το ψηλό ποσοστό οργανικής ύλης 11-12% συνδυαζόταν με χαμηλό ποσοστό οργανικού άνθρακα 2-4% στους δύο σταθμούς. Η μεγαλύτερη τιμή του λόγου του οργανικού άνθρακα έναντι του οργανικού υλικού είναι 38% και καταγράφηκε στο Σταθμό S<sub>2</sub> την περίοδο του καλοκαιριού, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για το Σταθμό S<sub>1</sub> είναι 28% και καταγράφηκε κατά την ίδια περίοδο. Μελέτη για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μυδοκαλλιεργειών έχουν δείξει ότι αυξάνεται η οργανική ουσία και ο οργανικός άνθρακας κατά την περίοδο υψηλής δραστηριότητας μεταβολισμού του μυδιού Απρίλιο-Σεπτέμβριο στο ίζημα κάτω από την μονάδα (Barranguet, 1997).

Ερευνητές στην ίδια περιοχή (Koramas *et al.*, 1997; Κορμάς, 1998; Ακουμιανάκη, 2004) διαπίστωσαν ότι η συγκέντρωση οργανικού άνθρακα και οργανικής ουσίας είναι μικρότερη στο μέτωπο των εκβολών από ότι σε περιοχές πιο μακριά. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση του οργανικού υλικού στην στήλη του νερού κοντά στις εκβολές δε φαίνεται να είναι αρκετή για να εμπλουτιστεί το ίζημα. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την εικόνα της αυξημένης συγκέντρωσης της οργα-

νικής ύλης για τις εκβολικές περιοχές, τόσο μεγάλων, όσο και μικρών ποταμών (Faganeli *et al.*, 1992: Artemyev, 1996).

Όπως έχει επισημανθεί στην παρούσα εργασία, η εισροή γλυκών νερών από το Σπερχειό δημιουργεί γρήγορη και ακανόνιστη ανάμιξη των υδάτινων μαζών. Μπροστά στο μέτωπο των εκβολών, τα προϊόντα της πρωτογενούς παραγωγής διασπείρονται και αποθέτονται σε κάποιο σημείο του πυθμένα πιο μακριά από εκεί. Επομένως, υπάρχει η τάση της συσσώρευσης οργανικού άνθρακα καθώς αυξάνει η απόσταση από την εκβολή και το βάθος. Έτσι, η νότια περιοχή του μετώπου του Δέλτα, περιοχή της παρούσας μελέτης, υποδεικνύεται ως «ζώνη εναπόθεσης» του οργανικού άνθρακα, που μπορεί να συνδέεται κυρίως με τις χερσογενείς εκφορτίσεις του Σπερχειού (Ακουμιανάκη, 2004). Όσον αφορά στην οργανική ουσία, εξαιτίας του ψηλού ρυθμού ιζηματοαπόθεσης, αυτή συσσωρεύεται σε βαθύτερους ορίζοντες στο ίζημα (Rozenberg *et al.*, 1990). Το γεγονός αυτό φαίνεται να ισχύει και για το Μαλιακό κόλπο (Λιαδοπούλου, 1993: Μποναζούντας και συν., 1996).

## **4.2 Βιολογικά χαρακτηριστικά**

### **4.2.1 Μακροζωοβένθος**

Η δομή της βιοκοινωνίας καθορίζεται από την προσαρμοστικότητα της στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η διατήρηση ψηλών πληθυσμών και βιομάζας συνδέεται με τη δυνατότητα των ειδών να αξιοποιήσουν τη προσφερόμενη τροφή ελαχιστοποιώντας τις απώλειες. Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, το πλέγμα περιβαλλοντικών παραγόντων στην περιοχή και κυρίως η στερεοπαροχή και υδατοπαροχή του Σπερχειού, επηρεάζουν καθοριστικά τη

**Πίνακας 4.3** Σύγκριση του % περιεχομένου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στο ίζημα της περιοχής μελέτης με άλλες περιοχές.

Περιοχή	Τύπος Ιζήματος Βάθος	Οργανικό υλικό (%)	Οργανικός άνθρακας (%)	Βιβλιογραφία
Θερμαϊκός κόλπος	Ιλύς 5-50m	-	0,38-7,30	Voutsinou & Varnavas, 1995
N.Ευβοϊκός Κόλπος	Άμμος-Ιλύς 31-69m	1,4-13,9	0,02-3,00	Zenetos, 1997
Λιμνοθάλασσες Αμβρακικού Κόλπου	Ιλύς & Ιλυώδης άμμος 0.5-3m	-	1,2-5,07	Μαρμαράκη & Χαραλαμπίδης, 1995: Πέτρου, 1997
Adriatic Sea	Άμμος-Ιλύς 5-1000m	-	0,5-1,5	Faganeli <i>et al.</i> , 1992
Μαλιακός κόλπος	Ιλύς 7-23m	5,7-16,5	0,4-3,6	Κορμάς, 1998
Carteau bay	-			
Μονάδα οστρ/γείας	5m	17,9±1,1	4,49±0,9	Barranguet, 1997
Σταθμός αναφοράς	5m	12,7±2,2	3,34±0,6	
Εκβολές Σπερχειού -Μαλιακός Κόλπος S <sub>1</sub>	Ιλύς-Άργιλος 17-20m	11,28-12,13	2,41-3,35	Παρούσα εργασία
Εκβολές Σπερχειού -Μαλιακός Κόλπος S <sub>2</sub>	Ιλύς-Άργιλος 20-22m	11,11-11,92	2,60-4,18	Παρούσα εργασία

ροή ενέργειας. Η διαβάθμιση των εισροών οργανικής ύλης και της βιοαποικοδομήσιμης οργανικής ύλης και στους δύο σταθμούς καθορίζει σε σημαντικό βαθμό το ρυθμό μεταβολισμού, παραγωγής και κύκλων ζωής. Κατά συνέπεια, παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της δομής της μακροπλανιδικής βιοκοινωνίας.

Η μονάδα μυδοκαλλιέργειας (Σταθμός  $S_1$ ) της περιοχής μελέτης, εκτός της εποχής του χειμώνα, χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερες τιμές των παραμέτρων του μακροζωοβένθους σε σχέση με τον  $S_2$ . Ο δείκτης της αφθονίας των ειδών μεγιστοποιήθηκε για τους  $S_1$  και  $S_2$  φθινόπωρο και άνοιξη αντίστοιχα, εποχές που οι δύο σταθμοί εμφάνισαν τον μεγαλύτερο αριθμό ειδών. Ο δείκτης της ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων ( $J'$ ) και ο δείκτης ποικιλότητας ( $H'$ ) παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά δείγμα πιθανής χωρικής ετερογένειας.

Ο Thorne (1998) διαπίστωσε ότι κάτω από μια μονάδα μυδοκαλλιέργειας η ποικιλότητα, ο αριθμός ειδών και η αφθονία ήταν μεγαλύτερη από το Σταθμό αναφοράς. Αντίθετα, οι Crawford *et al.* (2003), και Chamberlain *et al.* (2001), διαπίστωσαν ότι οι παράμετροι του μακροζωοβένθους ήταν μεγαλύτεροι στο Σταθμό μάρτυρα. Τα αποτελέσματα αυτά συνδυάζονταν και στις δύο ανωτέρω περιπτώσεις των ερευνών με μεγαλύτερα ποσοστά οργανικού υλικού στο βενθικό υπόστρωμα. Οι Pearson & Rosenberg (1978), θεωρούν ότι η διαφοροποίηση των παραμέτρων του μακροζωοβένθους οφείλεται στον ήπιας μορφής οργανικό εμπλουτισμό του υποστρώματος. Στην παρούσα μελέτη, όμως, οι δύο σταθμοί δεν εμφάνισαν κάποια σημαντική διαφορά στα ποσοστά του οργανικού υλικού. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο ρυθμιστής των παραμέτρων του μα-

κροζωβένθους στην περιοχή έρευνας είναι το εκβολικό του Σπερχειού με την όχληση που προκαλεί λόγω ιζηματογένεσης.

Η πανίδα του βένθους της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από την επικράτηση των πολύχαιτων έναντι των υπολοίπων ταξινομικών ομάδων. Το γεγονός αυτό είναι συνηθισμένο φαινόμενο στις ελληνικές θάλασσες, συμπεριλαμβανομένων αυτών που επηρεάζονται από εκβολικά συστήματα. Η επικράτηση των πολύχαιτων είναι κανόνας με ποσοστά μεγαλύτερα από 60% επί της ολικής αφθονίας, με μικρότερη συμμετοχή των Μαλακίων και των Καρκινοειδών (Nicolaidou *et al.*, 1983; Stergiou *et al.*, 1997).

Από τα 16 κυρίαρχα είδη στο Σταθμό S<sub>1</sub> και 17 στον Σταθμό S<sub>2</sub>, τα 12 ήταν κοινά και στους δύο σταθμούς. Η επικράτηση των γαστερόποδων *Turritella communis* και *Turritella sp.*, των μαλακίων *Corbula gibba*, *Tellina pulchella* και του αμφίποδου *Ampelisca sp.*, υποδηλώνουν εισροή μεγάλων ποσοτήτων σωματιδιακής οργανικής ύλης στα επιφανειακά ιζήματα. Τα είδη αυτά διηθούν σωματίδια που καθιζάνουν στην επιφάνεια του ιζήματος (Barnes & Mann, 1982). Αυτό υποδεικνύει ομοιότητες με τη μακροπανιδική βιοκοινωνία που έχει περιγραφεί στην υποπαριακική ζώνη της Δ. Αδριατικής που δέχεται τις χερσογενείς εκφορτίσεις του ποταμού Πάδου (Tahey *et al.*, 1994; Moodley *et al.*, 1998; Ambrogi *et al.*, 2001). Στην περιοχή αυτή, θεωρείται ότι τα είδη αυτά, ως αιωρηματοφάγα, αξιοποιούν την υψηλή ροή αιωρούμενης ύλης στο βένθος. Συγκεκριμένα, το δίθυρο *Corbula gibba*, που έχει ευρεία εξάπλωση σε ποταμόκολπους και εύτροφες περιοχές της Βόρειας Ευρώπης και της Μεσογείου, πιστεύεται ότι όντως επωφελείται από υψηλά οργανικά φορτία στα επιφανειακά ιζήματα (Rosenberg, 1977; Pearson & Rosenberg, 1978; Jensen, 1990). Τα εί-



δη *Turritella communis* και *Turritella sp.*, είναι χαρακτηριστικά των ιλυωδών ιζημάτων. Επίσης, το είδος *Thyasira flexuosa*, από τα επικρατούντα στον Σταθμό S<sub>2</sub>, θεωρείται δείκτης οργανικού εμπλουτισμού στο ίζημα (Pearson & Rosenberg, 1978). Το γένος *Ampelisca* θεωρείται ότι, επίσης, αξιοποιεί αποτελεσματικά και ενεργητικά την αιωρούμενη ύλη που καθιζάνει στο ίζημα, ζώντας μέσα σε κάψουλες που προεξέχουν στην επιφάνεια του ιζήματος (Barnes & Mann, 1982). Η παρουσία ταυτόχρονα υποεπιφανειακών ιζηματοφάγων *Sternaspis scutata*, επιφανειακών *Apseudes latreilli*, αλλά και σαρκοφάγων ειδών *Nephtys sp.*, ανάμεσα στα κυρίαρχα είδη του ίδιου σταθμού, υποδηλώνει ότι η τροφική δομή της μακροπανιδικής βιοκοινωνίας του Μαλιακού δεν καθορίζεται μόνο από τη ροή οργανικής ύλης από τη στήλη.

Από την ομαδοποίηση των σταθμών της περιοχής έρευνας προέκυψαν υποομάδες με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους. Η πιο σημαντική είναι αυτή που περιλαμβάνει τους δύο σταθμούς το καλοκαίρι με ομοιότητα που φθάνει το 70%. Η ομαδοποίηση των κυρίαρχων μακροζωοβενθικών ειδών, μας φανερώνει ότι για το Σταθμό S<sub>1</sub> τα είδη *Turritella communis*, *Turritella sp.*, *Corbula gibba*, *Hydrobia acuta*, *Dentalium sp.* αποτελούν μια μεγάλη ομάδα. Αυτό συμβαίνει καθώς τα είδη αυτά είναι τα πέντε πρώτα σε κυριαρχία στον Σταθμό S<sub>1</sub> με ποσοστό εμφάνισης πάνω από 5%, γεγονός που τα διαχωρίζει από τα υπόλοιπα κυρίαρχα είδη. Η αντίστοιχη ομαδοποίηση για τον Σταθμό S<sub>2</sub> διαχωρίζει το πρώτο σε κυριαρχία είδος *Turritella communis* από όλα τα υπόλοιπα είδη. Αυτά συγκροτούνται σε υποομάδες που σχετίζονται σαφώς με τα ποσοστά κυριαρχίας τους.

Από το διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) των σταθμών προέκυψε σαφής διαχωρισμός του σταθμού S<sub>1</sub> το φθινόπωρο από τους υπόλοιπους. Στο διάγραμμα MDS των μακροζωοβενθικών κυρίαρχων ειδών φαίνεται σαφής ο διαχωρισμός του *Turritella communis* και για τους δύο σταθμούς της έρευνας. Αυτό δεν αποτελεί έκπληξη καθώς είναι το πρώτο σε ποσοστά κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών είδος, και για τους δύο σταθμούς έρευνάς μας. Αξιοσημείωτος επίσης είναι ο διαχωρισμός του *Nucula nucleus* και για τους δύο σταθμούς καθώς και του *Tellymia ferruginosa* για τον Σταθμό S<sub>2</sub> και των *Sternaspis scutata* και *Lumbrineris sp.* για τον Σταθμό S<sub>2</sub>. Όλα αυτά υποδηλώνουν την προσαρμογή των αιωρηματοφάγων και ιζηματοφάγων αυτών ειδών στις περιβαλλοντικές συνθήκες του εκβολικού συστήματος του Σπερχειού.

Από τη μελέτη των διαγραμμάτων της αθροιστικής κυριαρχίας διαπιστώνεται ότι στην περιοχή μελέτης υπάρχουν μεταβολές. Οι χιασμοί των καμπυλών οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι μεταβολές που παρατηρούνται είναι εποχικές στον κάθε Σταθμό. Αυτό προκύπτει από τους πολλούς χιασμούς των καμπυλών που επισκιάζουν την πορεία κάθε καμπύλης χωριστά. Εξάιρεση αποτέλεσαν μόνον οι εποχές του φθινοπώρου και του χειμώνα στον Σταθμό S<sub>2</sub>. Τα αποτελέσματα αυτά και τα διαφορετικά κυρίαρχα είδη σε κάθε Σταθμό, υποδηλώνουν ότι στην περιοχή μελέτης υπάρχει χωρική ετερογένεια ως προς τις διεργασίες που επηρεάζουν τα δύο καθοριστικά συστατικά της ποικιλότητας, δηλαδή τον αριθμό ειδών και την ομοιομορφία. Η ετερογένεια αυτή εντοπίζεται, επίσης, μεταξύ των κυρίαρχων ειδών που δεν είναι κοινά μεταξύ των σταθμών.

Από τη σύγκριση μεταξύ των σταθμών, προκύπτουν μεγαλύτεροι αριθμοί ειδών και ατόμων στον S<sub>1</sub> για τους πολύχαιτους και μικρότερους για τα καρκινο-

ειδή. Η επικράτηση των συγκεκριμένων λειτουργικών τύπων καθορίζεται κυρίως από το ρυθμό ιζηματοπτώσεως του χερσογενούς (ιλυώδους) υλικού που εκβάλλεται. Ο διαχωρισμός των οικολογικών θώκων τους αποτελεί επιτυχή απόκριση στις συνθήκες που επικρατούν.

Στο εκβολικό σύστημα του Σπερχειού η περιοδικότητα και η ένταση του υδροδυναμισμού, της επαναιώρησης των ιζημάτων και των διαβαθμίσεων της τροφής καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη δομή της βιοκοινωνίας. Εκεί το υψηλό κόστος διατήρησης λόγω όχλησης αντισταθμίζεται από προσφορά υψηλής ποσότητας και ποιότητας τροφής και συμβάλλει στην επικράτηση ατόμων σχετικά μεγαλύτερου μεγέθους (Ακουμιανάκη, 2004).

Θα μπορούσε, επομένως, να θεωρηθεί ότι στην περιοχή της παρούσας έρευνας ο συνδυασμός ψηλού ποσοστού ιλύος στο υπόστρωμα και σχετικά μεγάλης ποσότητας ιλυοαργιλωδών εκφορτίσεων, ευνοεί την επικράτηση ιζηματοφάγων οργανισμών.

Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν μελέτες των μακροβενθικών βιοκοινωνιών στις δελταϊκές αποθέσεις του ποταμού Yangtze (Aller & Stupakoff 1996: Rhoads *et al.*, 1985) και του ποταμού Fly στον κόλπο Παπούα (Alongi *et al.*, 1992).

Από τα κυρίαρχα είδη της παρούσας έρευνας, τα *Corbula gibba*, *Thyasira flexuosa* και *Nucula spp.* εμφάνιζαν πάντα σταθερά υψηλή παρουσία, όπως διαπιστώνεται και από τις μελέτες που έχουν προηγηθεί (ΕΚΘΕ, 1994,

**Πίνακας 4.4** Σύγκριση της αριθμού ατόμων και του αριθμού ειδών του μακροζωοβένθους της περιοχής μας με άλλες περιοχές.

Περιοχή	Βάθος (m)	Αριθμός Ατόμων/m <sup>2</sup>	Αριθμός Ειδών	Βιβλιογραφία
Εκβολές Σπερχειού - Μαλιακός Κόλπος	4-22	1000-10200	20-74	Christou <i>et al.</i> , 1995: Poulos <i>et al.</i> , 1996: Kormas <i>et al.</i> , 2002: Ακουμιανάκη, 2004.
Άραχθος- Αμβρακικός κόλπος/ Λούρος- Αμβρακικός κόλπος	0,1-40	19-1548	4-97	Poulos <i>et al.</i> , 1996: Nicolaidou <i>et al.</i> , 1983.
Πάδος-Αδριατική Θάλασσα	8-18	4400-21400	24-63	Degens <i>et al.</i> , 1991: Ambrogio <i>et al.</i> , 2001: Moodley <i>et al.</i> , 1998.
Ροδανός-Κόλπος Λεόντων	5-70	1770-3448	51-63	Degens <i>et al.</i> , 1991: Noel, 1996: Barranguet, 1997: Gremare <i>et al.</i> , 1998.
Εκβολές Σπερχειού - Μαλιακός Κόλπος	17-22	665-1705	44-76	Παρούσα εργασία

Kormas *et al.*, 1997) (Πίν. 4.4). Τέλος, απουσιάζουν είδη που αποτελούν δείκτες ρύπανσης όπως *Capitella*, *Malacoceros* κ.λπ. (Pocklington & Wells, 1992).

Από όλα τα προηγούμενα συμπεραίνεται ότι το εκβολικό σύστημα του Σπερχειού κυριαρχεί πλήρως στην περιοχή. Οι ολιγότροφες συνθήκες του καλοκαιριού οφείλονται στην εξάντληση των θρεπτικών στην υδάτινη στήλη. Αυτό συμβαίνει όχι από την εγκατάσταση εποχικού θερμοκλινούς, αλλά από την μείωση της παροχής του ποταμού. Συνέπεια αυτού είναι η μείωση των θρεπτικών

αλάτων που φθάνουν στο Μαλιακό κόλπο. Με την αύξηση της παροχής του ποταμού λαμβάνει χώρα αύξηση των θρεπτικών και αύξηση του φυτοπλαγκτού στην στήλη. Η κορύφωση της ποσότητας του νερού τέλος χειμώνα αρχές άνοιξης συμπίπτει με την άνθιση του φυτοπλαγκτού.

Οι ψηλές συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων πιθανά να οφείλονται στον συνδυασμό της αυτόχθονης αναγέννησής τους από το φυτοπλαγκτό και της αύξησης της συγκέντρωσής τους από τον Σπερχειό ο οποίος αποτελεί μια σημαντική πηγή αυτών (Κορμάς, 1998).

Ανταλλαγή θρεπτικών με το πλούσιο σε οργανικά ίζημα κάτω από τη μονάδα δε φαίνεται να υφίσταται, καθώς οι υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών στον πυθμένα της υδάτινης στήλης απαντώνται και στο Σταθμό αναφοράς.

Δεν διαπιστώθηκε η μονάδα της μυδοκαλλιέργειας να επηρεάζει θετικά την αύξηση οργανικής ουσίας και οργανικού άνθρακα, καθώς οι τιμές των παραμέτρων αυτών ήταν παρόμοιες και στους δύο σταθμούς.

Από τις φυσικοχημικές παραμέτρους, η αλατότητα είναι υψηλή, επηρεαζόμενη από τη μείωση των βροχοπτώσεων. Η συνέχιση αυτής της κατάστασης μπορεί να οδηγήσει σε επίπεδα της τάξης του 39‰ με σοβαρές συνέπειες στις μυδοκαλλιέργειες της περιοχής.

Από τα αποτελέσματα της μελέτης δεν φαίνεται οι μυδοκαλλιέργειες να προκαλούν οικολογική αστάθεια ή ρύπανση στο περιβάλλον. Εξ' άλλου, οι περισσότεροι ερευνητές (Hatcher *et al.*, 1994: Mazzola *et al.*, 1999: Pohle *et al.*, 2001: Crawford *et al.*, 2003) έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι ο οργανικός εμπλουτισμός του ιζήματος από τις μυδοκαλλιέργειες δεν είναι σημαντικός και

είναι κατά πολύ μικρότερος από αυτό των ιχθυοκαλλιεργειών. Αυτό δεν αποτελεί έκπληξη καθώς τα μύδια δεν απαιτούν τεχνητή τροφή.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### A. Διεθνής Βιβλιογραφία

**Akoumianaki I., Papaspyrou S., Nicolaidou A., (2006).** Dynamics of macrofaunal body size in a deltaic environment. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 321: 55–66.

**Akoumianaki I., Nicolaidou A., (2007).** Spatial variability and dynamics of macrobenthos in a Mediterranean delta front area: The role of physical processes. *Journal of Sea Research*, 57: 47–64.

**Albanakis K., Psilivikos A., Margoni S., Styllas M., (2001).** Some recent observations on the Nestos river sediment outflow and dispersion in the deltaic region. In: INTERREG Meeting – North Aegean System Functioning and Inter-Regional Pollution, Kavala, 28th-30th May 2001.

**Albanis T.A., Danis T.G., Kourgia M.K., (1994).** Transportation of pesticides in estuaries of Axios Loudias and Aliakmon rivers (Thermaikos gulf). *Science of the Total Environment*, 156: 11-22.

**Albanis T.A., Danis T.G., Hela D.G., (1995).** Transportation of pesticides in estuaries of Louros and Arachthos rivers (Amvrakikos Gulf N.W. Greece). *Science of the Total Environment*, 171 (1-327): 85-93.

**Aller J.Y., Stupakoff I., (1996).** The distribution and seasonal characteristics of benthic communities on the Amazon shelf as indicators of physical processes. *Continental Shelf Research*, 16 (5/6): 717-751.

- Alongi D.M., Kristofferson P., Tirendi F., Robertson A.L., (1992).** The influence of freshwater of freshwater and material export on sedimentary facies and benthic processes within the Fly Delta and adjacent Gulf of Papua (Papua New Guinea). *Continental Shelf Research*, 12: 287-326.
- Aller R.C., Blair N.E., Xia Q., Rude P.D., (1996).** Remineralization rates recycling and storage of carbon in Amazon shelf sediments. *Continental Shelf Research*, 16(5/6): 753-786.
- Ambrogi R., Fontana P., Sala I., (2001).** Long term series (1979-93) of macrobenthos data on the soft bottom in front of the Po River Delta. *Archo Oceanography Limnology*, 22: 167-174.
- Anagnostou C., Kranis H., Kapsimalis V., Papageorgiou A., Kambouri G., (2000).** Seasonal variation of Particulate Matter. Distribution in a semi-enclosed marine area: Maliakos Gulf, Central Greece. In: 6th Hellenic symposium of Fisheries and Oceanography, Chios, Greece, Vol. I: 492-496.
- Artemyev V.E., (1996).** *Geochemistry of organic matter in river-sea systems.* Kluwer Academic Press, Dordrecht.
- Bachelet G., (1990).** The choice of a sieving mesh size in the quantitative assessment of marine macrobenthos: a necessary compromise between aims and constraints. *Marine Environmental Research*, 30: 21-35.
- Barnes R., Mann K.H., (1982).** *Fundamentals of Aquatic Ecosystems.* Barnes and Mann (eds). Blackwell Scientific Publications 2<sup>nd</sup> Edition.



- Barranguet C., (1997).** The Role of Microphytobenthic Primary Production in a Mediterranean Mussel Culture Area. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44: 753–765
- Baudinet D., Alliot E., Berland B., (1990).** Incidence of mussel culture on biogeochemical fluxes at the sediment-water interface. *Hydrobiologia* 207, 187–196.
- Berner R.A., (1982).** Burial of organic carbon and pyrite sulphur in the modern ocean: its geochemical and environmental significance. *American Journal of Science*, 282: 451-473.
- Bray J.R., Curtis J.T., (1957).** An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325-349.
- Burford M.A., Long B.G., Rothlisberg P.C., (1994).** Sedimentary pigments and organic carbon in relation to microalgal and benthic faunal abundance in the Gulf of Carpentaria. *Marine Ecology Progress Series*, 103: 111–117
- Burns G. R., (1978).** Distribution of benthos in a stagnant estuarine bay. *Can. J. Zool.*, 56: 1664-1668.
- Cadee G.C., (1984).** Particulate and dissolved organic carbon and chlorophyll a in the Zaire River, estuary and plume. *Netherlands Journal of Sea Research*, 17(2-4): 426-440.
- Cajaraville M.P., Bebianno M.J., Blasco J., Porte C., Sarasquete C., Viarengo A., (2000).** The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach. *Science of the Total Environment*, 247: 295–311.

- Campbell A.C., (1976).** Guide to seashores and shallow seas of Britain and Europe. The Hamlyn Publishing Group Limited, London, p. 313.
- Castro P., Huber M., (1999).** Θαλάσσια Βιολογία .University Press, Θεσσαλονίκη, σελ. 322-344.
- Catsiki V.A., Florou H., (2006).** Study on the behavior of the heavy metals Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and <sup>137</sup>Cs in an estuarine ecosystem using *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Thermaikos gulf, Greece. *Journal of Environmental Radioactivity*, 86: 31–44.
- Chamberlain J., Fernandes T.F., Read P., Nickell T.D., Davies I.M., (2001).** Impacts of biodeposits from suspended mussel (*Mytilus edulis* L.) culture on the surrounding surficial sediments. *ICES Journal of Marine Science*, 58: 411 – 416.
- Christensen P., Ronnie G., Dalsgaard T., Gillespie P., (2003).** Impacts of longline mussel farming on oxygen and nitrogen dynamics and biological communities of coastal sediments. *Aquaculture*, 218: 567–588
- Christou E.D., Pagou K., Christianidis S., Papathanasiou E., (1995).** Temporal and spatial variability of plankton communities in a shallow embayment of the Eastern Mediterranean. In: A. Eleftheriou AD Ansell and CJ Smith (eds): *Biology and Ecology of shallow coastal waters*, Olsen and Olsen: pp. 3-10.
- Chrysovergis F., Panayotidis P., (1995).** Evolution des peuplements macrophytobenthiques le long d'un gradient d'eutrophisation (Golfe de Maliakos Mer Egee Grece). *Oceanologica Acta*, 18(6): 649-658.

- Cotou E., Vagia E., Rapti C., Roussis V., (2001).** Metallothionein levels in *Callista chione* and *Venus verrucosa* from two areas of Eastern Mediterranean (Greece). *Z. Naturforsch*, 56c: 848–852.
- Crawford Ch., Macleod C., Mitchell I., (2003).** Effects of shellfish farming on the benthic environment. *Aquaculture*, 224: 117–140.
- D’Angelo G., Gargiullo St., (1978).** Guida alle conchiglie mediterranee. Conoscerle cercarle collezionarle.
- Day J.H., (1967a).** A monograph on the polychaeta of southern Africa – Part I. Errantia, Trustees of the British Museum (Natural History), London, p. 458.
- Day J.H., (1967b).** A monograph on the polychaeta of southern Africa – Part II. Sedentaria, Trustees of the British Museum (Natural History), London, p. 878.
- De Haas W., Knorr F., (1966).** The young specialist looks at...marine life.
- De Master D.J., Knapp G.B., Nittrouer C.A., (1983).** Biological uptake and accumulation of silica on the continental shelf. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47:1713-1723.
- De Master D.J., Nittrouer C.A., (1983).** Uptake dissolution and accumulation of silica near the mouth of the Changjiang River. In: *Sedimentation on the continental Shelf With Special Reference to the East China Sea Vol. I*, China Ocean Press: 235-240.
- De Master D.J., Pope R.H., (1996).** Nutrient dynamics in Amazon shelf waters: results from AMASSEDS. *Continental Shelf Research*, 16(3):263-289.
- De Paz L., Patrvcio J., Marques J.C., Borja A., Laborda A.J., (2008).** Ecological status assessment in the lower Eo estuary (Spain). The challenge of ha-

bitat heterogeneity integration: A benthic perspective. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1275–1283

**Degens E.T., Kempe S., Herrera R., (1985).** Transport of Carbon and Minerals in Major World Rivers. Pt 3. Mitt. Geol.-Palaont. Inst. University of Hamburg SCOPE/UNEP, Sonderbd, pp. 58.

**Degens E.T., Kempe S., Richey J., (1991).** Summary: Biogeochemistry of Major World Rivers. In: Degens ET, Kempe S and Richey (Eds) Biogeochemistry of Major World Rivers. Scope Report 42, John Willet & Sons Chichester.

**Del Amo Y., Queguiner B., Treguer P., Breton H., Lampert L., (1997).** Impacts of high-nitrate freshwater inputs on macrotidal ecosystems. II. Specific role of the silicic pump in the year-round dominance of diatoms in the Bay of Brest (France). *Marine Ecology Progress Series*, 161: 225-237

**Edwards R.W., Benson-Evans K., Learner M.A., Williams P., Williams R., (1972).** A biological survey of the river Taff. *Journal of the Institute of Water Pollution Control*, p. 24.

**Faganeli J., Pedzic J., Ogorolec B., Misic M., Naialek M., (1992).** The origin of sedimentary organic matter in the Adriatic. *Continental Shelf Research*, 14: 365-384.

**Fauchald K., (1977).** The polychaete worms – Definitions and keys to the orders, families and genera. Natural History Museum of L.A., Los Angeles, p. 188.

**Fauvel P., (1923).** Faune de France – Polychetes errantes. Federation Francaise des Societes de Sciences Naturalles- Office Central de Faunistique, Paris, p. 486.

- Fauvel P., (1927).** Faune de France – Polychetes sedentaires. Federation Francaise des Societes de Sciences Naturalles- Office Central de Faunistique, Paris, p. 494.
- Field J.G., (1971).** A numerical analyses of changes in the soft bottom fauna along a transect across False Bay – S. Africa. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 7: 215-253.
- Field J.G., Clarke K.R., Warwick R.M., (1982).** A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8: 37-52.
- Frenzilli G., Bocchetti R., Pagliarecci M., Nigro M., Annarumma F., Scarcelli V., Fattorini D., Regoli F., (2004).** Time-course evaluation of ROS mediated toxicity in mussels, *Mytilus galloprovincialis*, during a field translocation experiment. *Marine Environmental Research*, 58: 609–613.
- Friligos N., (1978).** Preliminary observations on the chemistry of Maliakos Gulf (October 1976). *Ives Journees Etudes Pollutions Antalya CIESM*, pp 227-230.
- Friligos N., Kondylakis J.C., Psyllidou-Giouranovits R., (1997).** Eutrofication and phytoplankton abundance in the Thermaikos Gulf Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 6: 27-31.
- Froelich P.N., Bender M.L., Luedtke N.A., Heath G.R., De Vries T., (1982).** The marine phosphorous cycle. *American Journal of Science*, 282: 474-511.
- Gremare A., Amouroux J.M., Vétion G., (1998).** Long-term comparison of macrobenthos within the soft bottoms of the Bay of Banyuls-sur-mer (northwestern Mediterranean Sea). *Journal of Sea Research*, 40: 281-302.

- Gaudette H.E., Flight W.R., Toner L., Folger D.W., (1974).** An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *Journal of Sedimentary Research*, 44: 249-253.
- Goldberg E.D., Bertine K.K., (2000).** Beyond the mussel watch—new directions for monitoring marine pollution. *Science of the Total Environment*, 247: 165–174.
- Grenz C., Plante-Cuny M.R., Plante R., Alliot E., Baudinet D., Berland B., (1991).** Measurements of benthic nutrient fluxes in Mediterranean shellfish farms: a methodological approach. *Oceanologica Acta*, 14: 195–201
- Hatcher A., Grant J., Schofield B., (1994).** Effects of suspended mussel culture (*Mytilus* spp.) on sedimentation, benthic respiration and sediment nutrient dynamics in a coastal bay. *Marine Ecology Progress Series*, 115: 219–235.
- Hayward P., Nelson-Smith T., Shields C., (1996).** Guide des bords de mer. Mer du Nord Manche, Atlas Mediterranean., p. 351.
- Hedges J.I., Keil R.G., (1995).** Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. *Marine Chemistry*, 49: 81-115.
- Hoekstra P., Nolting R.F., Van der Sloot H.A., (1989).** Supply and dispersion of water and suspended matter of the rivers Solo and Brantas into the coastal waters of East Java, Indonesia. *Netherlands Journal of Sea Research*, 23(4):501-515.
- Hofrichter R., (2002).** Das Mittelmeer-Fauna, Flora, Ökologie. Band I: Allgemeiner Teil. Berlin, p. 607.

- Hofrichter R., (2003).** Das Mittelmeer-Fauna, Flora, Ökologie. Band II/1: Bestimmungsführer-Prokaryota, Protista, Fungi, Algae, Plantae, Animalia (bis Nemertea). Berlin, p. 859.
- Hoppe H.G., (1983).** Significance of exoenzymatic activities in the ecology of brackish water: measurements by means of methylumbelliferyl-substrates. Marine Ecology Progress Series, 11: 299-308.
- Ittekkko V., (1988).** Global trends in the nature of organic matter in suspensions. Nature, 332: 436-438.
- Jensen J.J., (1990).** Increased abundance and growth of the suspension feeding bivalve *Corbula gibba* in a shallow part of the eutrophic Limfjord, Denmark. Netherlands Journal of Sea Research, 27: 101-108.
- Kalpaxis D.L., Theos C., Xaplanteri M.A., Dinos G.P., Catsiki A.V., Leotsinidis M., (2004).** Biomonitoring of gulf of Patras, N. Peloponnesus, Greece. Application of a biomarker suite including evaluation of translation efficiency in *Mytilus galloprovincialis* cells. Environmental Research, 94: 211–222.
- Karageorgis A.B.L., Anagnostou C.L., (2001).** Particulate matter spatial-temporal distribution and associated surface sediment properties: Thermaikos Gulf and Sporades basin, NW Aegean Sea. Continental Shelf Research, 21: 2141-2153.
- Karakassis I., Tsapakis M., Hatziyanni E., Papadopoulou, K. N., Plaiti W., (2000).** Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. ICES Journal of Marine Science, 57: 1462-1471.
- Kennish M.J., (1990).** Ecology of Estuaries. Volume II: Biological aspects. CRC Press, Boston M.A., pp. 391.

- Kirchman DL., Soto Y., van Wambeke F., Bianchi M., (1989).** Bacterial production in the Rhone River plume: effect of mixing on relationships among microbial assemblages. *Marine Ecology Progress Series*, 53: 267-275.
- Kormas K., Thessalou-Legaki M., Nicolaidou A., (1997).** Is water column productivity in an Aegean embayment reflected to its benthic assemblages? In: Hawkins LE Hutchinson S Jensen AC Sheader M William JA (Eds) *The responses of marine organisms to their environments Proceedings of the 30<sup>th</sup> European Marine Biological Symposium University of Southampton September 1995*, pp.143-151.
- Kormas K., Kapiris K., Thessalou-Legaki M., Nicolaidou A., (1998).** Quantitative relationships between phytoplankton bacteria and protists in an Aegean semi-enclosed embayment (Maliakos Gulf Greece). *Aquatic Microbial Ecology*, 15: 255-264.
- Kormas K., (1999).** Nutrients, chlorophyll a and suspended matter of the river Sperchios, Hellas. *Fresenius Environmental Bulletin*, 8: pp.18-23.
- Kormas K., Nicolaidou A., Reizopoulou S., (2001).** Temporal variations of nutrients, chlorophyll a, and particulate matter in three coastal lagoons of Amvrakikos gulf (Ionian Sea, Greece). *Marine ecology*, 22(3): 201-213.
- Kormas K., Garametsi V., Nicolaidou A., (2002).** Size-fractionated phytoplankton chlorophyll in an Eastern Mediterranean coastal system (Maliakos Gulf, Greece). *Helgoland Marine Research* 56: 125-133.



- Kormas K., Nicolaidou A., Thessalou-Legaki M., (2003).** Variability of environmental factors of an eastern Mediterranean Sea river influenced coastal system. *Mediterranean Marine Science* Vol., 4/1: 67-77.
- Leveau M., Lochet F., Goutx M., Blanc F., (1990).** Effects of a plume front on the distribution of inorganic and organic matter off the Rhone River. *Hydrologia*, 207: 87-93.
- Levin L.A., Boesch D.F., Covich A., Dahm C., Erseus C., Ewel K.C., Kneib R.T., Moldenke A., Palmer M.A., Snelgrove P., Strauer D., Weslawski J.M., (2001).** The Function of Marine Critical Transition Zones and the Importance of Sediment Biodiversity. *Ecosystems*, 4: 430-451.
- Levinton J.S., (1982).** *Marine Ecology*. E.W. Caughey (Ed). Prentice hall Inc.
- Liddicoat M.I., Tibbits S., Butler E.I., (1974).** The determination of ammonia in seawater. *Limnology and Oceanography* 20: 131-132.
- Manduzio H., Monsinjon T., Rocher B., Leboulenger F., Galap C., (2003).** Characterization of an inducible isoform of the Cu/Zn superoxide dismutase in the blue mussel *Mytilus edulis*. *Aquatic Toxicology*, 64: 73–83.
- Margalef R., (1957).** La teoria de information en ecologia. *Mem. Real. Acad. Cienc. Artes Barcelona*, 32: 373-449. [Information theory in ecology]. *Gen. Syst.*, 3: 36-71, (1958) (translated).
- Mazzola A., Mirto S., Danovaro R., (1999).** Initial fish-farm impact on Meiofaunal assemblages in coastal sediments of the western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 38: 1126–1133.
- McLusky D.S., Elliott M., (2004).** *The Estuarine Ecosystem—Ecology, Threats and Management*. Oxford University Press, p. 214

- Meybeck M., (1982).** Carbon nitrogen and phosphorus transport by world rivers. *Amsterdam Journal of Science*, 282:401-450.
- Milliman J.D., (1993).** River sediment discharge to the sea: new analysis of old data. *UNESCO Rep. Marine Science*, 64: 56-66.
- Moodley L., Heip CHR., Middelburg J.J., (1998).** Benthic activity in sediments of the north-western Adriatic Sea: sediment oxygen consumption macro- and meiofauna dynamics. *Journal of Sea Research*, 40: 263-280.
- Nelson D.M., (1992).** Biological removal of dissolved silica in the plume of the Amazon River: Spatial constraints set by nutrient limitation and turbidity. *EOS*, (Abstract), 73: 277.
- Nicolaidou A., Moraitou-Apostolopoulou M., Ignatiades L., (1983).** A survey of estuarine benthic zooplanktonic and phytoplanktonic communities of Amvrakikos Gulf Ionian Sea. *PSZNI: Marine Ecology.*, 4(3): 197-209.
- Nittrouer C.A., (1993).** Controlling the ingredients that flow to the sea: oceanic processes near river mouths. *Oceanus*, 36(2):12-18.
- Nixon S., (1987).** Chesapeake Bay nutrient budgets. A reassessment. *Biogeochem*, 4: 77-90.
- Noel M.H., (1996).** Le plutonium comme traceur du transfert de l'accumulation des apports particuliers du Rhone en Mediterranee Nord Occidentale. These Doctorat, Universite Paris XII-Val de Marne, 256pp.
- Orbea A., Ortiz-Zarragoitia M., Sole M., Porte C., Cajaraville M.P., (2002).** Antioxidant enzymes and peroxisome proliferation in relation to contaminant body burdens of PAHs and PCBs in bivalve molluscs, crabs and fish from the

- Urdaibai and Plentzia estuaries (Bay of Biscay). *Aquatic Toxicology* 58: 75–98.
- Panayotides P., Pancucci M.A., Balopoulos E., Gotsis-Skretas O., (1994).** Plankton distribution patterns in a Mediterranean dilution basin: Amvrakikos Gulf (Ionian Sea, Greece). *P.S.Z.N.I. Marine Ecology Progress Series*, 15(2): 93-104.
- Parsons T.R., Maita Y., Lalli C.M., (1984).** A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Pergamon, Oxford.
- Pavlidou A., (2000).** Influence of Nestos River (North Greece). 6th Hellenic Symposium of Fisheries and Oceanography, Chios, pp: 549-551.
- Pearson T.H., Rosenberg R., (1978).** Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 16: 229– 231.
- Pielou E.C., (1969).** An Introduction to mathematical Ecology. Wiley, New York.
- Pocklington P., Wells P.G., (1992).** Polychaetes- Key taxa for marine environmental quality monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 24: 593-598.
- Pohle G., Frost B., Findlay R., (2001).** Assessment of regional benthic impact of salmon mariculture within the Letang Inlet, Bay of Fundy. *ICES Journal of Marine Science*, 58: 417–426.
- Poulos S.E., Collins M.B., Shaw H.F., (1996).** Deltaic sedimentation including clay mineral deposition patterns associated with small mountainous rivers and shallow marine embayments of Greece (SE Alpine Europe). *Journal of Coastal Research*, 12(4): 940-952.

- Poulos S.E., Chronis G., (1997).** The importance of the river systems in the evolution of the Greek coastline. In: Briand F, Maldonado A. (Eds) Transformations and Evolution of the Mediterranean Coastline. Bulletin de l'Institut Oceanographique Monaco CIESM Science Series no. 3 Vol., 18: pp. 75-96.
- Poulos S., Collins M.B., Leontaris S., (1998).** Hydrological and dynamical characteristics of the River Louros plume western Greece. Bollettino di Geofisica teorica ed applicata, 39(2): 125-143.
- Poulos S.E., Chronis G.T., Collins M.B., Lykoussis V., (2000).** Thermaikos Gulf Coastal System NW Aegean Sea: an overview of water/sediment fluxes in relation to air and human activities. Journal of Marine System, 25: 47-76.
- Psyllidou-Giouranovits R., Voutsinou-Taliadouri F., Nakopoulou C., Georgakopoulou-Gregoriadou E., (1997).** River Discharge effects on the distribution of Nutrients and Heavy Metals of Maliakos Gulf Hellas. Fresenius Environmental Bulletin 6: 72-77.
- Readman J., Albanis T., Barcelo D., Galassi S., Tronczynski J., Gabrielides G.P., (1993).** Herbicide contamination of Mediterranean estuarine waters: results from MEDPOL pilot survey. Marine Pollution Bulletin, 26: 613-619.
- Rhoads DC., Boesch DF., Zhican T., Fengshan X., Liqiang H., Nilsen KJ., (1985).** Macrobenthos and sedimentary facies on the Changjiang delta platform and adjacent continental shelf, East China Sea. Continental Shelf Research, 4: 189-213.
- Robards K., Mckelvie I.D., Benson R.L., Worsfold P.J., Blundell N.J., Casey H., (1994).** Determination of carbon, phosphorus, nitrogen and silicon species in waters. Analytica chimica acta, 287: 147-190.

- Rodriguez V., Guerrero F.J., (1994).** Chlorophyll a of size –fractionated summer phytoplankton bloom at a coastal station in Malaga Bay, Alboran Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 39: 413-419.
- Rosenberg R., (1977).** Benthic macrofaunal dynamics, production and dispersion in an oxygen-deficient estuary of west Sweden. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 26: 107-133.
- Rozenberg R., Dahl E., Edler L., Fyrberg L., Graneli E., Graneli W., Hagstrom A., Lindhal O., Matos MO., Petterson K., Sahlsten E., Tiselius P., Turk V., Wikner J., (1990).** Pelagic nutrient and energy transfer during spring in the open and coastal Skagerrak. *Marine Ecology Progress Series*, 61: 215-231.
- Ruffo S. (1982).** The Amphipoda of the Mediterranean. Part 1 Gammaridea (Acanthonotozomatidae to Gammaridae).
- Ruffo S. (1989).** The Amphipoda of the Mediterranean. Part 2 Gammaridea (Haustoriidae to Lysianassidae).
- Ruffo S. (1993).** The Amphipoda of the Mediterranean. Part 3 Gammaridea (Melphidippidae to Talitridae) Ingolfiellidea, Caprellidea
- Ruffo S. (1998).** The Amphipoda of the Mediterranean. Part 4 Localities and map, Addenda to parts 1-3, Key to families, Ecology, Faunistics and zoogeography, Bibliography, Index.
- Sanders H. L., (1968).** Marine benthic diversity: A comparative study. *The American Nature*, 102: 243-282.
- Shannon C.E., Weaver N., (1949).** The mathematical theory of communication. University of Illinois, Press Urbana.

- Shepard F., (1954).** Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Research*, 24:151-158.
- Shiah F.K., Kao S.J., Gong G.C., Liu K.K., (1996).** Spatial variability of phytoplankton production and the implications of its controlling mechanisms in the coastal zone near the river mouth of the Lanyang His. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 37: 9-15.
- Showers W.J., Angle D.G., (1986).** Stable isotopic characterization of organic carbon accumulation on the Amazon continental shelf. *Continental Shelf Research*, 6: 227-244.
- Smil V., (1997).** *Cycles of Life: Civilization and the Biosphere*. Scientific American Library, New York, x + 221 pp.
- Soto Y., Bianchi M., Martinez J., Vives R., (1993).** Seasonal evaluation of microphytoplanktonic communities in the estuarine front ecosystem of the Rhone River plume (north-western Mediterranean Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 37: 1-13.
- Stasinou K., Neofitou C., Panagiotis P., Psilovikos A., Neofitou N., Lolas P., (2007).** Ecohydrological gradients affecting the abundance and biodiversity of macro-invertebrates in the estuarine system of Sperchios River, Central Greece. *Fresenius Environmental Bulletin Vol.*, 16: No 9a.
- Stergiou K.I., Christou E.D., Georgopoulos D., Zenetos A. Souvermezoglou C., (1997).** The Hellenic seas: physics, chemistry, biology and fisheries. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 35: 415-538.

- Stournaras G., (1999).** Assessment of morphometric parameters of Greek Rhone-type deltas. Hydrogeological and environmental aspects. *Environmental Geology*, 38(1): 53-58.
- Tahey TM., Duineveld CA., Berghuis EM., Helder W., (1994).** Relation between sediment-water fluxes of oxygen and silicate and faunal abundance at continental, shelf, slope and deeper water in the northwest Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 104: 119-130.
- Thorne A.J., (1998).** Alterations in the structure of macrobenthic communities related to the culture of oysters (*Crassostrea gigas*). *Zoology*. University of Tasmania, Hobart, p. 102.
- Tsangaris C., Stroglyoudi E., Papathanassiou E., (2004).** Measurements of biochemical markers of pollution in mussels *Mytilus galloprovincialis* from coast areas of the Saronikos Gulf. *Mediterranean Marine Science*, 5: 175–186.
- Tziavos C.C., (1979).** Distribution of recent ostracoda from the Sperchios River Delta and Maliakos Gulf Greece. VII International Symposium on Ostracodes, Beograd, 219-222.
- Valavanidis A., Vlachogianni Th., Triantafillaki S., Dassenakis M., Androutsos F., Scoullas M., (2008).** Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface seawater and in indigenous mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from coastal areas of the Saronikos Gulf (Greece). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79: 733–739.
- Viarengo A., Canesi L., (1991).** Mussels as biological indicators of pollution. *Aquaculture*, 94: 225–243

- Vlahogianni Th., Dassenakis M., Scoullou M., Valavanidis A., (2007).** Integrated use of biomarkers (superoxide dismutase, catalase and lipid peroxidation) in mussels *Mytilus galloprovincialis* for assessing heavy metals pollution in coastal areas from the Saronikos Gulf of Greece. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1361–1371.
- Voutsinou-Taliadouri F., Varnavas SP., (1995).** Geochemical and sedimentological patterns in the Thermaikos Gulf North-west Aegean Sea formed from a multisource of elements. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 40: 295-320.
- Walkley A., Black I.A., (1934).** An examination of Degtjareff method for the determination of soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-37.
- Warwick R. M., (1986).** A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, 92: 557-562.
- Wassmann P., (1993).** Regulation of vertical export of particulate organic carbon from the euphotic zone by planktonic heterotrophs in the eutrophicated aquatic environments. *Marine Pollution Bulletin*, 26(11): 636-643.
- Wildish D.J., Martin J.L., Trites R.W., Saulnier A.M., (1990).** A proposal for environmental research and monitoring of organic pollution caused by salmonid mariculture in the bay of Fundy. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, No. 1724: pp. 1–24.
- Zangrandi M., Catsiki V.A., Avdis O.L., (2005).** The sensitivity of mussel watch programme to detect temporal trends in the bio-availability of metals. A



case study of the Saronikos Gulf of Greece. *Journal of Environmental Monitoring*, 7: 798–803.

**Zenetos A., Bei F., Nicolaidou A., (1991).** Erratic occurrence of benthic fauna in a shallow Mediterranean area: an indirect effect of manmade disturbance. *Marine Pollution Bulletin*, 22(12): 618-622.

**Zenetos A., (1996).** *Fauna Graeciae VII. The marine bivalvia (mollusca) of Greece.* N.C.M.R., Athens, p. 319.

**Zenetos A., (1997).** Trawling impact on benthic ecosystems (TR.I.B.E.) Final report, Contract 95/14.

## **B. Ελληνική Βιβλιογραφία**

**Αγγελίδης Μ., Αθανασιάδης Α., (1993).** Εποχιακή διακύμανση φυσικοχημικών παραμέτρων στο δέλτα του Έβρου. Πρακτ. 4<sup>ου</sup> Πανελ. Συμπ. Ωκεανογρ. & Αλιείας, Ρόδος σ.192-195.

**Ακουμιανάκη Ι., (2004).** Μακροβενθικές βιοκοινωνίες υποθαλάσσιων δελταϊκών αποθέσεων: παράδειγμα από έναν ημίκλειστο κόλπο της Ανατολικής Μεσογείου. Διδακτορική Διατριβή, Τμ. Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, σελ. 401.

**Αναγνώστου Χ., Παπαθανασίου, Ε., (1994).** 1. Το οικοσύστημα του Μαλιακού κόλπου 2. Νέα στοιχεία για την κατάσταση του θαλασσίου οικοσυστήματος του Μαλιακού κόλπου : 2.1. Η παράκτια ζώνη - περιγραφή - χρήση – προβλήματα. Μελέτη εντοπισμού ρύπανσης του Μαλιακού κόλπου σε συνδυασμό με τις ιχθυοπαραγωγικές και αλιευτικές δυνατότητες ανάπτυξης του / Χ. Αναγνώστου & Ε. Παπαθανασίου (υπεύθυνοι). Τεχνική Έκθεση 152.

**Γκουβής Ν., (1988).** Ποιοτική και ποσοτική μελέτη της βενθικής μακροπανίδας της εκβολικής περιοχής του ποταμού Έβρου. Διδακτορική Διατριβή, Τμ. Βιολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 188.

**Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, (1994).** Μελέτη εντοπισμού ρύπανσης του Μαλιακού κόλπου σε συνδυασμό με τις ιχθυοπαραγωγικές και αλιευτικές δυνατότητες ανάπτυξης του / Χ. Αναγνώστου & Ε. Παπαθανασίου (υπεύθυνοι). Τεχνική Έκθεση 152.

**Κακαβάς Ν., (1984).** Το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού. Διδακτορική Διατριβή, ΙΓΜΕ, σελ. 230.

- Καρύδης Μ., Γεωργόπουλος Δ., Ιγνατιάδου Λ., Παπαθανασίου Ε., Σιώκου-Φράγκου Ι., (1987).** Ωκεανογραφική και οικολογική μελέτη του ΝΑ Αιγαίου. Τεχνική έκθεση, ΕΚΘΕ, Αθήνα.
- Κεβρεκίδης Θ., (1988).** Βιονομική μελέτη των πληθυσμών των βενθικών αμφιπόδων της εκβολικής περιοχής του ποταμού Έβρου με έμφαση σε πληθυσμούς του *Gammarus aequicauda* (Martynov). Διδακτορική Διατριβή, Τμ. Βιολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 176.
- Κορμάς Κ., (1998).** Περιγραφή και δυναμική οικολογικών συνιστωσών του οικοσυστήματος του Μαλιακού κόλπου. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Παν/μιο Αθηνών, σελ. 145.
- Κωτούλας Δ., (1987).** Έρευνα του χαρακτήρα των χειμμαρικών ρευμάτων στην Ελλάδα ως παράγοντα υποβάθμισης ορεινών λεκανών και πλημμυρογένεσης. Μέρος Ι, Λεκάνη απορροής ποταμού Σπερχειού. Έκθεση Αποτελεσμάτων, ΑΠΘ Θεσσαλονίκη.
- Λιαδοπούλου Κ., (1993).** Η πρόσφατη ιζηματογένεση στο Μαλιακό κόλπο. Διπλωματική Ενδεικτικού Μεταπτυχιακού Ωκεανογραφίας, Τμ. Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μαρμαράκη Π., Χαραλαμπίδης Σ., (1995).** Μελέτη της βενθικής πανίδας της λιμνοθάλασσας Λογαρού του Αμβρακικού κόλπου. Διπλωματική Εργασία, Τμ. Βιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μήτσιος Ι., (1999).** Εδαφολογία. Εκδ. Ζημελ. Αθήνα, σελ. 49-53.
- Μπόγδανος (1983).** Παρατήρηση του μακροζωοβένθους μαλακού υποστρώματος της παραλιακής περιοχής Αγίας Μαρίας Στυλίδας. Πρακτικά 5ου Επι-

στημονικού Συνεδρίου Ελληνικής Εταιρίας Βιολογικών Επιστημών, Πάτρα 1983, σελ. 115-116.

**Μποναζούντας Μ., Καλλιδρομίτου Δ., Ζαχαρίας Ι., Περγαντής Φ., Βασιλείου Π., και συνεργάτες, (1996).** Ολοκληρωμένη διαχείριση ποτάμιου οικοσυστήματος Σπερχειού. Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας. Σύμβαση LIFE 92-2/gr/004, B4-3200, Ευρωπαϊκή Επιτροπή ΓΔ/11, Περιβάλλον. Τεχνική Έκθεση, Τόμοι Ι-ΙΧ, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων, Αθήνα.

**Νακοπούλου Χ., (1983).** Προκαταρκτική ωκεανογραφική μελέτη θρεπτικών αλάτων και ιχνοστοιχείων του ευρύτερου Μαλιακού κόλπου. Διπλωματική Ενδεικτικού Μεταπτυχιακού Ωκεανογραφίας, Τμ. Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

**Νεοφύτου Χ., Παναγιωτάκη Π., (2001).** Καλλιέργεια οστρακοειδών- καρκινοειδών. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις. Βόλος, σελ. 121.

**Πάγκου Κ., Ασημακοπούλου Γ., (1997).** Εποχιακή κατανομή της χλωροφύλλης α σύμφωνα με την τάξη μεγέθους των φυτοπλαγκτονικών κυττάρων, στο Θερμαϊκό κόλπο. Πρακτ. 5<sup>ου</sup> Πανελ. Συμπ. Ωκεανογρ. & Αλιείας, σ.55-58.

**Παπαδέας Γ., (1996).** Γεωλογική και Γεωθερμική έρευνα στη λεκάνη Σπερχειού Φθιώτιδας. ΙΓΜΕ.

**Παπαθανασίου Ε. (επιστημονικός υπεύθυνος), (1992).** Περιβαλλοντική μελέτη του Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου : τελική έκθεση / Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών. Τεχνική Έκθεση 129, σελ. 1-243.

**Πέτρου Κ., (1997).** Το μακροβένθος των λιμνοθαλασσών Τσουκαλιό και Ροδιά στον Αμβρακικό κόλπο. Διπλωματική Εργασία, Μεταπτυχιακού Ενδεικτικού

Ωκεανογραφίας, Τμ. Βιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

**Πούλος Σ., (1997)** Το ιζηματολογικό δυναμικό των ελληνικών ποταμών. 5ο Πανελλήνιο συμπόσιο Ωκ/φίας και Αλιείας. 1ος τόμος. ΕΚΘΕ, Καβάλα Απρίλης, 1997.

**Τσιρτσής Γ., (1994).** Δυναμική εύτροφων συστημάτων. Διδακτορική διατριβή, Τμ. Περιβάλλοντος Αιγαίου, Μυτιλήνη.

**Χριστιανίδης Σ., (1992).** Προβλήματα ανανέωσης νερών του Μαλιακού κόλπου, θαλάσσια ρεύματα. Πρακτικά Ημερίδας με θέμα «Περιβαλλοντικά προβλήματα Μαλιακού κόλπου και δυνατότητες ανάπτυξης της περιοχής». Λαμία, (Μάιος 1992), σελ. 14-19.

**Χρόνης Γ.Θ., (1997).** Εισαγωγή στην Παράκτια Γεωλογία. Εγχειρίδιο για το Γ'εξάμηνο του Τμήματος Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου του Αιγαίου.

**Ψυλλίδου-Γκιουράνοβιτς Ρ., ΝακοπούλουΧ., Βουτσίνου-Ταλιαρούδη Φ., Γεωργακοπούλου-Γρηγοριάδου Ε., (1993).** Κατάσταση ευτροφισμού του Βόρειου Ευβοϊκού Κόλπου. Πρακτ. 4<sup>ου</sup> Πανελ. Συμπ. Ωκεανογρ. & Αλιείας, σ.479-480.

## **Γ. Διευθύνσεις διαδικτύου**

<http://www.minagric.gr/greek/alieia/statistika.htm>

## 6. ABSTRACT

The aim of the present work was to investigate the interaction between the estuarine system of Spercheios River and the shellfish farms in Maliakos Gulf. Two stations have been selected as representatives. One station was at a shellfish farm and the other (considered as reference station) at a distance of 500 meters inside the estuarine system of the Spercheios River.

The work was based on study physical and chemical parameters of the marine ecosystem and the record and study of macrofauna.

Water column was homogenous and no significant differences in the physical and chemical parameters of temperature, salinity, dissolved oxygen and chlorophyll *a*, between stations were observed. The minimum temperature (10,8 °C) occurred in March at Station S<sub>2</sub> because of cold water masses of Spercheios river due to melting snow and the highest (27,5 °C) in July in the same station.

The salinity showed small vertical variations in both stations, and no haloclines was formed. The minimum values occurred from November to February as a result of the influx of freshwater from Spercheios River. They were consistently more than 36 psu because of extremely pure and the maximum during the summer.

The concentration of dissolved oxygen was never limiting during the sampling and ranged between 4,6-8,5 ppm. Did not appeared also any variation with depth, or between stations because of lack of full thermoclines or haloc-

lines. The higher concentrations observed in winter and lower in summer, as it is known that low temperatures increase the solubility of oxygen.

The levels of chlorophyll *a* followed a similar seasonal and spatial variation. The two stations have similar concentrations with station S<sub>2</sub> always have more chlorophyll *a* concentration. The average chlorophyll *a* was  $5,0 \pm 2,92$  mg/m<sup>3</sup>.

High concentrations of nutrients were attributed to the regeneration from phytoplankton growth and Spercheios river also. The seasonal variation of nutrients follows the river's supply. The highest concentrations of nutrients were observed mainly in winter and spring at station S<sub>2</sub> while in summer concentrations of all nutrients are reduced. The fluctuations were: NH<sub>4</sub> (0,03-10,27 μMol / l), NO<sub>2</sub> (0,03-17,33 μMol / l), NO<sub>3</sub> (1,09-114,68 μMol / l), PO<sub>4</sub> (0,04-22,31 μMol / l) and SiO<sub>2</sub> (4,92-36,12 μMol / l). The intense of horizontal mixing of water in the Maliakos Gulf causes lower concentrations of nutrients at Station S<sub>1</sub>. It seems that the shellfish farm does not contribute to the nutrient pool since S<sub>2</sub> has lower nutrient concentrations.

Granulometry showed that the sediment of Station S<sub>1</sub> is clay with 5.28% sand, 37.64% silt and 57.08% clay. Similarly the S<sub>2</sub> is silty-clay with 0.56% sand, 52.00% silt and 47.44% clay. The difference in rates silt-clay between the stations attributed to marine currents. Suspended clay particles settle slower than silt and, thus, are transported and settled further away from the delta.

The concentration of organic matter and organic carbon were high compared to other areas and did not differ between stations. This was attributed to marine currents transporting organic matter to the stations. The high percentage



of organic matter 11-12% corresponded to low organic carbon 2-4% in both stations.

Benthic macrofauna was characterized by spatial patchiness between the two stations observed in the processes that affect the two key components of diversity, the number of species and equitability. Part of this patchiness was attributed to the different dominant species of macrofauna between the stations. This is due to different ecological components prevailing in our stations, because of the estuary. The prevalence of gastropods *Turritella communis* and *Turritella sp.*, Molluscs *Corbula gibba*, *Tellina pulchela* and amphipoda *Ampelisca sp.*, attributed to a combination due to high rate of mud on the sediment and large quantity of mud-clay discharge.

There was no environmental stress caused by the shellfish farm in the surrounding environment. It seems that the Spercheios river estuarine system dominates completely in the whole region.

**Key words:** Spercheios River estuarine system, shellfish farm, physico-chemical parameters, macrofauna.

## 7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

**Κατάλογος ειδών βενθικής μακροπανίδας εκβολικού συστήματος Σπερχειού ποταμού και Μαλιακού κόλπου.**

### **ΑΝΘΟΖΩΑ**

*Edwardsia* sp

### **ΝΗΜΕΡΤΙΝΟΙ**

*Cephalothrix rufifrons* Johnston, 1837

*Cephalothrix* sp.

*Cerebratulus* sp.

*Lineus* sp.

*Micrura* sp.

*Tetrastemma* sp.

*Tubulanus* sp.

### **ΠΟΛΥΧΑΙΤΟΙ**

#### **AMPHARETIDAE**

*Amage adspersa* Langerhans, 1884

*Ampharete acutifrons* Grube, 1860

*Ampharete gracilis* Malmgren, 1866

*Ampharetinae* sp.

*Melinna cristata* Malmgren, 1865

*Melinna palmata* Grube, 1870

*Melinninae* sp.

*Neopaiwa cirrata* Hartman & Fauchald, 1971

#### **CAPITELLIDAE**

*Capitella capitatus* Fabricius, 1780

*Capitellides giardi* Mesnil, 1897

*Capitobrauchus macgregori* Day, 1962

*Dasybranchetus fauveli* Monro, 1931

*Decamastus gracilis* Hartman, 1963

*Heteromastus filiformis* Claparede, 1864

*Leiocapitella* sp.

*Leiocapitellides analis* Hartman-Schroder 1960

*Leiochrus alutaceus* Ehlers, 1908

*Lumbricomastus* sp.

*Mediomastus fragilis* Rasmussen, 1973

*Neoheteromastus lineus* Hartman, 1960

*Paraleiocapitella* sp.

*Pseudocapitella incerta* Fauvel, 1913

*Pseudoleiocapitella* sp.

*Pseudoleiocapitella fauveli* Harmelin, 1964

### **CHAETOPTERIDAE**

*Chaetopterus* sp.

*Spiochaetopterus costarum* Claparede, 1868

### **CIRRATULIDAE**

*Cirriformia* sp.

### **COSSURIDAE**

*Cossura* sp.

### **GLYCERIDAE**

*Glycera rouxi* Audouin & Milne Edwards, 1833

### **HESSIONIDAE**

*Orseis pulla* Ehlers, 1864

### **LUMBRINERIDAE**

*Lumbrineris* sp.

*Lumbrineris impatiens* Claparede 1868

### **MALDANIDAE**

*Clymenura* sp.

*Leiochone* sp.

*Maldane sarsi* Malmgren, 1865

*Petaloproctus* sp.

*Rhodine loveni* Tauber, 1879

### **NEPHTYIDAE**

*Micronephtys* sp.

*Nephtys* sp.

*Nephtys longosetosa* Heinen, 1911

### **NEREIDAE**

*Hediste diversicolor* O.F. Muller, 1776

*Leptonereis glauca* Claparede, 1870

*Nereis* sp.

*Nereis caudata* Claparede, 1868

*Nicon pictus* Kinberg, 1866

### **ORBINIIDAE**

*Haploscoloplos* sp.

*Leitoscoloplos kerguelensis* McIntosh, 1885

*Microrbinia linea* Hartman, 1965

*Orbiniinae* sp.

### **PARAONIDAE**

*Aricidea* sp.

*Aricidea fragilis* Webster, 1879

*Cirrophorus branchiatus* Ehlers, 1908

*Paraonis* sp.

*Paraonis fulgens* Levinsen, 1884

#### **PILARGIDAE**

*Pilargis verrucosa* Saint-Joseph, 1899

#### **POECILOCHAETIDAE**

*Poecilochaetus serpens* Allen, 1904

#### **POLYNOIDAE**

*Harmothoe* sp.

*Harmothoe antilopes* McIntosh, 1876

*Harmothoe lunulata* delle Chiaje, 1841

#### **SABELLIDAE**

*Jasmineira elegans* Saint-Joseph, 1884

#### **SCALIBREGMIDAE**

*Scalibregma* sp.

#### **SIGALIONIDAE**

*Sthenelais boa* Mc Intosh, 1900

#### **SPIONIDAE**

*Aonides* sp.

*Aonides paucibranchiata* Southern, 1914

*Laonice cirrata* M. Sars, 1851

*Prionospio malmgreni* Claparede, 1870

*Prionospio steenstrupi* Malmgren, 1867

#### **STERNASPIDAE**

*Sternaspis scutata* Renier, 1807

#### **TRICHOBRANCHIDAE**

*Terebellides stroemi* Sars, 1835

### **ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΗ**

*Aspidosiphon muelleri* Diesing, 1851

*Golfingia* sp.

*Onchnesoma steenstrupi* Koren & Danielssen, 1875

### **ΣΚΑΦΟΠΟΔΑ**

*Dentalium* sp.

### **ΓΑΣΤΕΡΟΠΟΔΑ**

*Actaeon tornatilis* Linneo, 1758

*Bittium reticulatum reticulatum* Da Costa, 1778

*Chrysallida* sp.

*Bittium* sp.

*Comarmondia gracilis* Montagu, 1803

*Cylichna cylindracea* Pennant, 1777

*Cythara attenuata* Montagu, 1803  
*Cythara paciniana* Calcara, 1839  
*Cythara* sp.  
*Cythara vauquelini* Payraudeau, 1826  
*Epitonium pulchellum* Bivona, 1832  
*Gibbula* sp.  
*Hinia incrassata* Muller, 1776  
*Hinia limata* Chemnitz, 1795  
*Hinia* sp.  
*Hydrobia acuta* Draparnaud, 1805  
*Leiostraca subulata* Donovan, 1804  
*Lemintina* sp.  
*Lunatia guillemini* Payraudeau, 1826  
*Odostomia conoidea* Brocchi, 1814  
*Philine* sp.  
*Retusa truncatula* Bruguiere, 1792  
*Ringicula auriculata* Men. Groye, 1811  
*Rissoa* sp.  
*Rissoella opalina* Jeffreys, 1848  
*Truncatella hammersmithi* Charpentier, 1837  
*Turbonilla lactea* Linneo, 1758  
**TURRIDAE**  
*Turritella communis* Risso, 1826  
*Turritella* sp.  
**VERMICULARIIDAE**

## **ΜΑΛΑΚΙΑ ΔΙΘΥΡΑ**

*Abra alba* Wood, 1802  
*Arca* sp.  
*Cerastoderma glaucum* Bruguiere, 1789  
*Corbula gibba* Olivi, 1792  
*Ensis ensis* Linneo, 1758  
*Loripes lacteus* Linneo, 1758  
*Mactra glauca* Born, 1778  
*Mytilus edulis* Linneo, 1758  
*Mytilus galloprovincialis* juv. Lamarck, 1819  
*Nucula nucleus* Linneo, 1758  
*Nucula* sp.  
*Tellina pulchella* Lamarck, 1818  
*Tellymia ferruginosa* Montagu, 1808  
*Thyasira flexuosa* Montagu, 1803

**ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ**

NEMATODA

**ΑΝΙΣΟΠΟΔΑ***Apseudes latreilli* H. Milne Edwards, 1828*Leptochelia savignyi* Masunari, 1976**ΜΥΣΙΔΩΔΗ***Mysidacea* sp**ΚΟΥΜΩΔΗ***Diastylis rugosa* Sars, 1865*Iphinoe serrata* Norman, 1867**ΙΣΟΠΟΔΑ***Cirolana borealis*

CYMOTHOIDAE I

**ΑΜΦΙΠΟΔΑ***Ampelisca* sp.*Corophium acherusicum* Costa, 1857*Corophium orientale* Schellenberg, 1928*Corophium rotundirostre* Stephensen, 1915*Corophium runcicorne* Della Valle, 1893*Erichthonius brasiliensis* Dana, 1855*Leucothoe incisa* Robertson, 1892*Leucothoe oboa**Leucothoe spinicarpa* Abildgaard, 1789*Periocolodes aequimanus* Kossman, 1880*Periocolodes longimanus angustipes* Ledoyer, 1983**ΕΦΑΣΙΩΔΗ***Euphausiacea* sp.**ΔΕΚΑΠΟΔΑ***Ebalia* sp.*Ethusa mascarone**Megalopastadium portunus**Portunus* sp**ΕΧΙΝΟΔΕΡΜΑ***Amphipholis squamata**Amphiura chiajei**Amphiura filiformis*

*Asterina gibbosa*  
*Astropecten spinulosus*  
*Cucumaria elongata*  
*Echinocardium cordatum*  
*Ophiomyxa pentagona*  
*Ophiura lacertosa*  
*Schizaster canaliferus*



**Εικόνα 1** *Ampelisca* sp.



**Εικόνα 2** *Apseudeus latreillei*







**Εικόνα 5** *Corbula gibba*



**Εικόνα 6** *Cucumaria elongata*



**Εικόνα 7** *Gibbula* sp.



**Εικόνα 8** *Hinia limata*





**Εικόνα 9** *Iphinoe serrata*



**Εικόνα 10** *Leucothoe incisa*



**Εικόνα 11** *Loripes lacteus*



**Εικόνα 12** *Nucula nucleus*



**Εικόνα 13** *Periocolodes aequimanus*



**Εικόνα 14** *Tellymia ferruginosa*





**Εικόνα 15** *Terebellides stroemi*



**Εικόνα 16** *Thyasira flexuosa*



**Εικόνα 17** *Astropecten spinulosus*



**Εικόνα 18** *Dentalium* sp.





**Εικόνα 19** *Turritella communis*



**Εικόνα 20** *Turritella sp.*



**Εικόνα 21** *Glycera rouxi*



**Εικόνα 22** *Echinocardium cordatum*