

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



Ε. Ν. ΨΟΧΙΟΥ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ  
ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ: ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ  
ΔΕΙΦΟΡΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ

ΒΟΛΟΣ 2003

577.7  
ΨΟΧ



**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ:  
ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ**

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

- **Α.Ι. Θεοδώρου, Καθηγητής Ωκεανογραφίας  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα  
Γεωπονίας Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος**
- **Ι. Γεωργουλάκης, Επίκουρος Καθηγητής Προστασίας Ζωικού  
Κεφαλαίου  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα  
Γεωπονίας Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος**
- **Π. Παναγιωτάκη, Λέκτορας Υδατοκαλλιεργειών  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα  
Γεωπονίας Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «σύγχρονα συστήματα αγροτικής παραγωγής στο μεσογειακό χώρο με έμφαση στην αειφορική παραγωγή και στη χρησιμοποίηση νέων τεχνολογιών», στην κατεύθυνση «αλιευτική και υδρόβια ζωική παραγωγή».

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ Α.Ι. Θεοδώρου, διευθυντή του Εργαστηρίου Ωκεανογραφίας του Τμήματος Γεωπονίας Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος, για την αμέριστη βοήθεια, τη συμπαράσταση και τις ευκαιρίες που μου προσέφερε ως επιβλέπων της μεταπτυχιακής διατριβής μου, αλλά και κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Επίσης ευχαριστώ τον Επίκουρο Καθηγητή κ Ι. Γεωργουλάκη και την Λέκτορα κα Π. Παναγιωτάκη για το πραγματικό ενδιαφέρον, τις πολύτιμες συμβουλές και τις ευκαιρίες που απλόχερα μου προσέφεραν.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό και τους φοιτητές του Εργαστηρίου Ωκεανογραφίας -ιδιαίτερα την κα Μπ. Θεοδώρου και τον κ Γ. Πετυχάκη για την αμέριστη βοήθεια και φιλία που μου χάρισαν.

Επίσης ευχαριστώ τον κ. Γ. Κουμπαρέλο στη Νομαρχία Μαγνησίας για την παροχή όλων των διαθέσιμων δεδομένων.

Ένα ευχαριστώ οφείλω ακόμη σε δύο πολύ καλούς φίλους που ήταν πάντα δίπλα μου για να μου δείχνουν το δρόμο, τη Δήμητρα και τον Κώστα.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να πω στους γονείς και την αδερφή μου για την κατανόηση, την υποστήριξη και τη συμπαράσταση που μου προσέφεραν με πολύ αγάπη και στοργή όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

*...στο Νίκο, την Τασία και τη Βενέτα  
την οικογένεια μου...*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                             | σελ. |
|-----------------------------|------|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ                    | 1    |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ                    | 3    |
| ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ             | 3    |
| ΣΥΝΟΨΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ        | 7    |
| ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ           | 19   |
| ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ   | 21   |
| ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ       | 21   |
| Θερμοκρασία                 | 21   |
| Αλατότητα                   | 30   |
| Πυκνότητα                   | 36   |
| Θερμοαλατικά χαρακτηριστικά | 48   |
| ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ       | 64   |
| Υδάτινη στήλη               | 64   |
| Θρεπτικά                    | 64   |
| Διαλυμένο οξυγόνο           | 94   |
| Χλωροφύλλη-α                | 99   |
| Ολικός οργανικός άνθρακας   | 104  |
| Πυθμένας                    | 109  |
| Τύπος ιζήματος              | 109  |
| Οργανικός άνθρακας          | 110  |
| Οργανικός φώσφορος          | 110  |
| Βαρέα μέταλλα               | 113  |
| ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ    | 116  |
| Υδάτινη στήλη               | 116  |
| Φυτοπλαγκτόν                | 116  |
| Ζωοπλαγκτόν                 | 136  |
| Ιχθυοπλαγκτόν               | 140  |
| Πυθμένας                    | 166  |
| Βένθος                      | 166  |
| ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ  | 171  |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ                  | 180  |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ                | 183  |

## PREFACE

The present work aims to estimate the ecological state of Pagassitikos gulf, so that it constitutes an overall description of its sensitive ecosystems for the application of suitable administrative metres.

Pagassitikos is presented oligotrophic without clues of pollution, with the exception of the internal gulf that is characterised as mesotrophic with some eutrophic outbreaks such as mucilage events. Is characteristic the long stratification of aquatic column, which has as result the total of nutrients -that is released via the recycling from benthic organisms- to be enclaved in the inferior layers supporting a microbial trophic chain. Only when thermoclines is destroyed, nutrients reach the euphotic layer and promote the existence of a classic trophic chain -with increase of primary production.

Pagassitikos constitutes field of reproduction for many fishes, while it has not experienced important growth of aquaculture activities.

If the economic, cultural and scientific importance of Pagassitikos gulf is taken into consideration, it becomes obvious that the application of a completed policy for its sustainable management is essential and should ensures the permanent follow-up of its all individual systems.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης του Παγασητικού κόλπου, ώστε να αποτελέσει μια συνολική περιγραφή των ευαίσθητων οικοσυστημάτων του για την εφαρμογή κατάλληλων διαχειριστικών μέτρων.

Ο Παγασητικός του εμφανίζεται ολιγοτροφικός χωρίς ενδείξεις ρύπανσης, με εξαίρεση τον εσωτερικό κόλπο που χαρακτηρίζεται ως μεσότροφος με κάποια ευτροφικά ξεσπάσματα -όπως είναι η εμφάνιση του φαινομένου συσσώρευσης «ζελατινώδους αφρού». Είναι χαρακτηριστική η μακρά στρωμάτωση της υδάτινης στήλης του, η οποία έχει ως αποτέλεσμα το σύνολο των θρεπτικών που απελευθερώνεται μέσω της ανακύκλωσης από τους βενθικούς οργανισμούς να εγκλωβίζεται στα κατώτερα στρώματα στηρίζοντας μια μικροβιακή τροφική αλυσίδα. Μόνο όταν το θερμοκλινές καταστρέφεται τα θρεπτικά φτάνουν στην ευφωτική ζώνη και προάγουν την ύπαρξη κλασσικής τροφικής αλυσίδας με αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής.

Ο Παγασητικός αποτελεί πεδίο αναπαραγωγής για ένα μεγάλο αριθμό ιχθύων, ενώ δεν έχει γνωρίσει σημαντική ανάπτυξη των δραστηριοτήτων υδατοκαλλιέργειας.

Αν ληφθεί υπόψη η οικονομική, πολιτισμική και επιστημονική σημασία του Παγασητικού κόλπου για την ανάπτυξη και την εξέλιξη των κοινωνιών που δραστηριοποιούνται περιμετρικά του, γίνεται φανερό ότι η εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης πολιτικής για την αειφορική διαχείριση του είναι απαραίτητη και πρέπει να εξασφαλίζει τη διαρκή παρακολούθηση όλων των παραμέτρων των επιμέρους συστημάτων του.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο Παγασητικός κόλπος βρίσκεται στο δυτικό Αιγαίο Πέλαγος και περιβάλλεται από το Χαλκοδόνιο όρος (βόρεια), τα βουνά Γούρας (δυτικά), το όρος Όθρυς (νοτιοδυτικά) και τον εκτεταμένο όγκο του όρους Πήλιο (ανατολικά-νοτιοανατολικά). Το υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής δεν εμφανίζεται καλά αναπτυγμένο εξαιτίας της έντονης παρουσίας των ορεινών όγκων και των αντίστοιχων μεγάλων κλίσεων. Έτσι, στον κόλπο εκβάλλουν μόνο μικροί ποταμοί και χείμαρροι.

Ο Παγασητικός είναι ένας σχετικά αβαθής (μέσο και μέγιστο βάθος 69 και 102m αντίστοιχα) ημίκλειστος κόλπος, με επιφάνεια 520km<sup>2</sup> και μέσο όγκο 36km<sup>3</sup> περίπου. Οι μεγαλύτερες διαστάσεις του από βορρά προς νότο και ανατολή προς δύση είναι 16 και 17nm, αντίστοιχα. Η ακτογραμμή του παρουσιάζει πολλές εγκολπώσεις, οι μεγαλύτερες από τις οποίες σχηματίζουν τους όρμους του Βόλου και του Αλμυρού. Επικοινωνεί με το Αιγαίο Πέλαγος μέσω του διαύλου του Τρίκερι, που βρίσκεται βόρεια της Εύβοιας με εύρος 5,5km και βάθος 80m. Στο δυτικό και βόρειο τμήμα του Παγασητικού εκβάλλουν μικρά ποτάμια και χείμαρροι, τα οποία εξομαλύνουν το ανάγλυφο της ξηράς. Γεωμορφολογικά το μέγιστο βάθος του παρατηρείται στον ανατολικό κόλπο, σε μια περιοχή σχήματος λεκάνης με έντονο ανάγλυφο. Στο δυτικό και βόρειο τμήμα ο πυθμένας παρουσιάζει ομαλή κλίση, ενώ στην ανατολική ακτή του το ανάγλυφο εμφανίζεται απότομο.

Ο Παγασητικός συγκεντρώνει περιμετρικά του ένα σύνολο αστικών, βιομηχανικών, αγροτικών και τουριστικών δραστηριοτήτων. Στο βόρειο τμήμα βρίσκεται το λιμάνι και η βιομηχανική πόλη του Βόλου με πληθυσμό 120 000 κατοίκους περίπου. Το αστικό συγκρότημα του Βόλου, η βιομηχανική περιοχή, οι κωμοπόλεις και οι κοινότητες στην εξωτερική περίμετρο του κόλπου εξαρτώνται άμεσα από το θαλάσσιο χώρο (αλιεία, τουρισμός, θαλάσσιες συγκοινωνίες).

Ο Παγασητικός αποτελεί τον αποδέκτη αστικών λυμάτων, βιομηχανικών και γεωργικών αποβλήτων (ελαιοτριβεία, φυτοφάρμακα, λιπάσματα και ζωικά απόβλητα) από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή (Εικ. 0) (Κολιού-Μήτσιου, 1991). Από τις αρχές της δεκαετίας του '60, με την εξάπλωση του αστικού συγκροτήματος του Βόλου, την επέκταση της βιομηχανοποίησης της περιοχής και την εντατικοποίηση της γεωργίας στον Θεσσαλικό κάμπο, ο κόλπος άρχισε να δέχεται σημαντικές ποσότητες των παραπάνω ρυπαντών. Μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων - πλούσιων σε φώσφορο, άζωτο και θείο - χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο στις εκτάσεις περιμετρικά του κόλπου, λόγω της εντατικής καλλιέργειας δημητριακών και βάμβακος κυρίως. Ο προγραμματισμένος από το 1964 Βιολογικός Καθαρισμός Λυμάτων, του οποίου η κατασκευή άρχισε το 1979, τέθηκε τελικά σε λειτουργία το 1987 και μέχρι το 1998 ολοκληρώθηκε η σύνδεση των δύο βιομηχανικών περιοχών, έτσι ώστε σήμερα όλα τα λύματα και τα βιομηχανικά απόβλητα της μείζονος περιοχής του Βόλου να υφίστανται βιολογική επεξεργασία με ταυτόχρονη αφαίρεση αζώτου πριν καταλήξουν στον κόλπο.

Ακόμη, τη δεκαετία του '60 λήφθηκε μια άλλη διαχειριστική απόφαση με σημαντικές συνέπειες στην κατάσταση του Παγασητικού κόλπου σήμερα: η αποξήρανση της λίμνης Κάρλας και η σύνδεση της με τον κόλπο μέσω μιας σήραγγας, η οποία από το 1988 λειτουργεί περιοδικά μόνο τους υγρούς μήνες του έτους και έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταφορά σημαντικών ρυπαντικών φορτίων από τον Θεσσαλικό κάμπο σ' αυτόν. Η εισροές νερών από τη σήραγγα στον κόλπο μέσω του χειμαρρου Ξηριά Βόλου θεωρείται ότι ευθύνονται για τον παροδικό και περιστασιακό -πλην σημαντικό- εμπλουτισμό του εσωτερικού τμήματος του με θρεπτικά άλατα, καθώς και την εμφάνιση του φαινομένου συσσώρευσης «ζελατινώδους αφρού» (Kesary *et al.*, 2002). Ο παραπάνω χειμαρρος επιβαρύνει το θαλάσσιο περιβάλλον με υψηλές συγκεντρώσεις βρωμιούχων και ιόντων φθορίου, όπως επίσης και νιτρικά (Μήτσιος και συν., 2000).



• Βιομηχανικά απόβλητα - Αστικά απόβλητα + Γεωργικά απόβλητα

Εικόνα 0. Περιοχή Παγασητικού κόλπου και κυριότερες ανθρωπογενείς εισροές

Κατά τη διάρκεια του 1982 στον Παγασητικό παρατηρήθηκε έντονο το φαινόμενο της εμφάνισης «ζελατινώδους αφρού» - ο οποίος δημιουργείται από τη συσσώρευση φυτοπλαγκτονικών κυττάρων, βακτηρίων, ζωοπλαγκτονικών απεκκριμάτων και μικροσκοπικών αιωρούμενων μη οργανικής σύστασης σωματιδίων - οπότε κάλυψε ένα μεγάλο μέρος του δημιουργώντας προβλήματα στην αλιεία και τον τουρισμό. Το φαινόμενο μειώθηκε σημαντικά τα επόμενα χρόνια μέχρι το 1987 οπότε εμφανίστηκε εντονότερο. Το τελευταίο έντονο γεγονός συσσώρευσης «ζελατινώδους αφρού» παρατηρήθηκε την περίοδο άνοιξη - καλοκαίρι του 1997 σε μεγάλη έκταση κατά μήκος της εσωτερικής περιμέτρου του κόλπου (Kesary *et al.*, 2002). Αν και ένας μεγάλος αριθμός παραγόντων επηρεάζει την εμφάνιση αυτού του φαινομένου, πιστεύεται ότι η εισροή θρεπτικών σε συνδυασμό με το μικρό βάθος του εσωτερικού κόλπου και τις υψηλές θερμοκρασίες του θέρους είναι οι κύριοι παράγοντες που οδηγούν στη δημιουργία «ζελατινώδους αφρού» στον Παγασητικό (Friligos, 1987).

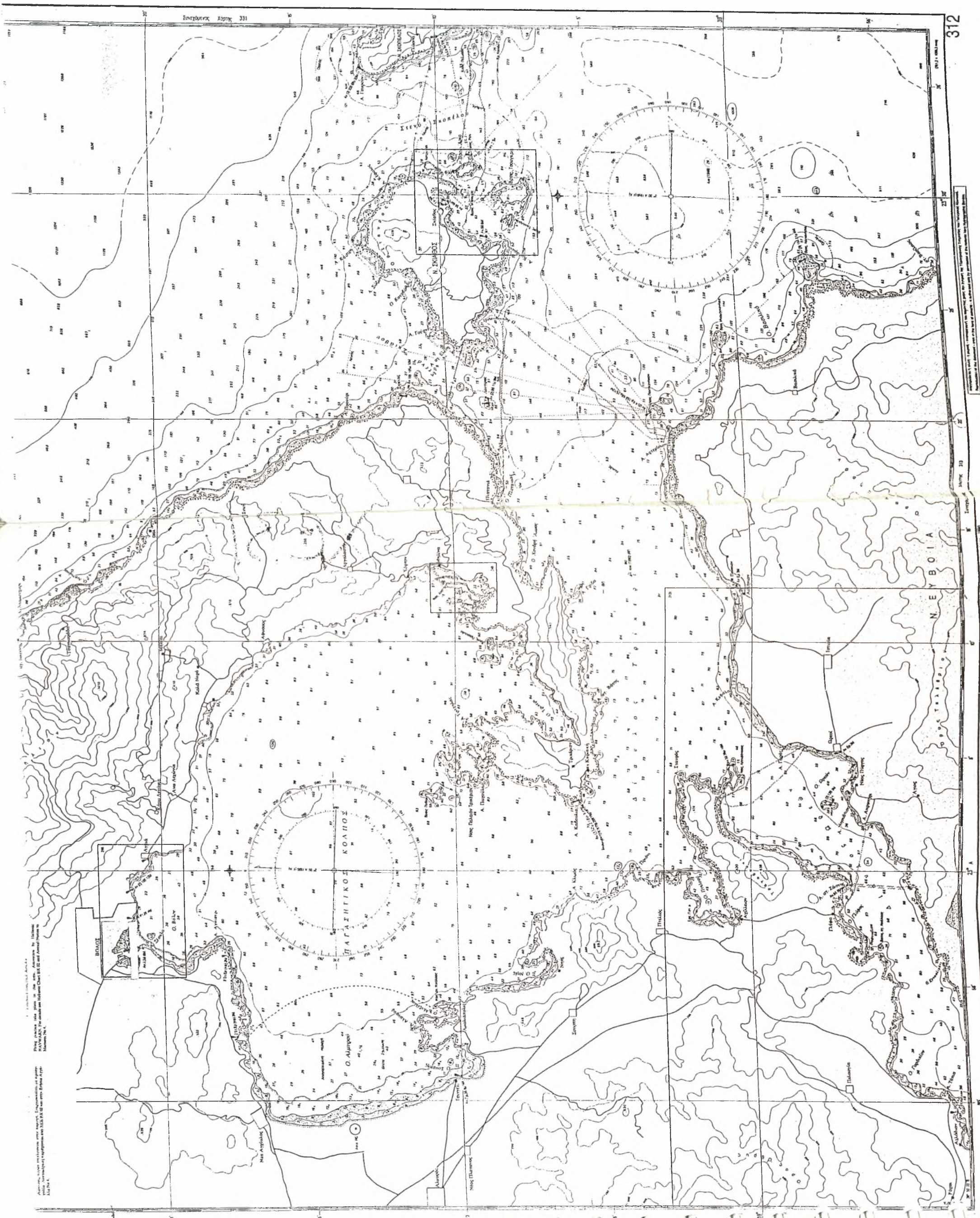
Αξίζει να αναφερθεί, ότι ο Παγασητικός αποτελεί μια από τις πρώτες ελληνικές θαλάσσιες περιοχές όπου απαγορεύτηκε η αλιεία με μηχανότρατα πυθμένα όλο το χρόνο. Έτσι, εξασκείται αλιεία μόνο με γρι-γρι, δίχτυα (μανωμένα και απλάδια) και παραγάδια, ενώ η αλιεία με πεζότρατα επιτρέπεται από 1/10 μέχρι 30/4. Αποτέλεσμα των παραπάνω μέτρων είναι οι πληθυσμοί των βενθοπελαγικών ειδών ιχθύων του να συγκαταλέγονται στους πλέον εύρωστους της χώρας μας (Πετράκης, 2000).

Ακόμη, στον Παγασητικό δεν έχει σημειωθεί η ανάπτυξη της εντατικής εκτροφής ευρύαλων ιχθύων που παρατηρείται σε άλλους κλειστούς και ημικλειστούς κόλπους της χώρας μας. Σήμερα στον κόλπο λειτουργούν μόνο δύο μονάδες πλωτών κλωβών εκτροφής με δυναμικότητες μικρότερες των 150 tn.

Για τη μελέτη του Παγασητικού έχει παραχθεί ένας μεγάλος αριθμός εργασιών από το 1975 και εντεύθεν (Gabrielides & Friligos, 1977; Gabrielides, 1978; Gabrielides & Theocharis, 1978; Bogdanos & Satsmadjis, 1983; Theocharis & Laskaratos 1985; Friligos, 1988; Friligos & Gotsis-Skretas, 1989; Voutsinou-Taliadouri & Balopoulos, 1989; Voutsinou-Taliadouri & Georgakopoulou-Grigoriadou, 1989; Voutsinou-Taliadouri & Balopoulos, 1989; Papachristou & Haritonidis, 1992; Theodorou, 1995; Papatheodorou & Alexandropoulou, 1996; Georgakopoulou-Grigoriadou *et al.*, 1997; Petihakis *et al.*, 2000(a); Petihakis *et al.*, 2000(b), Petihakis *et al.*, 2002, Kesary *et al.*, 2002). Παρόλα αυτά το ιδιαίτερο οικοσύστημα του κόλπου απαιτεί παραπέρα συνεχή μελέτη.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της δομής, της λειτουργίας και της δυναμικής του οικοσυστήματος του Παγασητικού κόλπου, ώστε να αποτελέσει μια συνολική και συνδυαστική περιγραφή των ευαίσθητων συστημάτων του για τη λήψη περαιτέρω μέτρων με στόχο την αειφορική διαχείριση του.





Αριθμοί, όπως αναφέρονται στην εσοχή, εγγράφονται σε κόκκινο χρώμα, εκτός αν οριστεί διαφορετικά. Η εσοχή είναι διαθέσιμη σε μορφή ψηφιακού αρχείου στο 312. Η εσοχή είναι διαθέσιμη σε μορφή ψηφιακού αρχείου στο 312. Η εσοχή είναι διαθέσιμη σε μορφή ψηφιακού αρχείου στο 312.

Αριθμοί, όπως αναφέρονται στην εσοχή, εγγράφονται σε κόκκινο χρώμα, εκτός αν οριστεί διαφορετικά. Η εσοχή είναι διαθέσιμη σε μορφή ψηφιακού αρχείου στο 312. Η εσοχή είναι διαθέσιμη σε μορφή ψηφιακού αρχείου στο 312. Η εσοχή είναι διαθέσιμη σε μορφή ψηφιακού αρχείου στο 312.

## ΣΥΝΟΨΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ

#### ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

##### *Κλίμα*

Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής του Παγασητικού ακολουθεί τα γενικά πλαίσια της Μεσογειακής λεκάνης που επηρεάζεται άμεσα από το αντικυκλωνικό σύστημα του Ατλαντικού μετά την επέκταση του προς την Ν.Α. Ευρώπη. Γενικότερα, η υπό εξέταση περιοχή παρουσιάζει εύκρατο κλίμα με μεγάλα ημερήσια και ετήσια θερμομετρικά εύρη, θερμό - ξηρό καλοκαίρι και ήπιο - βροχερό χειμώνα.

Σύμφωνα με μετρήσεις 32 ετών (1956-1988) στην περιοχή του κόλπου η μέση ετήσια υγρασία είναι 67,2%. Ο ολικός ετήσιος αριθμός ημερών βροχής είναι 89,2 και ο ετήσιος αριθμός ημερών καταιγίδας 12,4 (κυρίως στα τέλη της άνοιξης και του καλοκαιριού). Η μέση τιμή της ετήσιας βροχόπτωσης είναι 420mm, με μέγιστο το Νοέμβριο (54mm) και ελάχιστο τον Αύγουστο (11mm). Η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα είναι 16,5°C με μέγιστη τιμή τον Ιούλιο και ελάχιστη τον Ιανουάριο. Το εύρος διακύμανσης των ακραίων θερμοκρασιών του αέρα στην περιοχή μελέτης για τη ψυχρή και θερμή περίοδο του χρόνου παρουσιάζεται στον πίνακα 0.

Στην ευρύτερη περιοχή του κόλπου πνέουν άνεμοι μικρής έντασης (1-4 Beauford), με μεγαλύτερες συχνότητες στις εντάσεις 1 και 2 Beauford. Συχνότερα πνέουν άνεμοι βόρειας διεύθυνσης (32,66%) και ακολουθούν οι νότιοι άνεμοι (19,37%), ενώ σημαντικό είναι και το ποσοστό άπνοιας (24,18%) (Θεοδώρου και συν, 1997). Σποραδικά οι βόρειοι άνεμοι φτάνουν τα 9 και 10 Beauford, με σχετικά όμως μικρές συχνότητες (0,02 και 0,01% αντίστοιχα) (Σχ. 0).

Πίνακας 0. Εύρος διακύμανσης των ακραίων θερμοκρασιών του αέρα στην περιοχή μελέτης

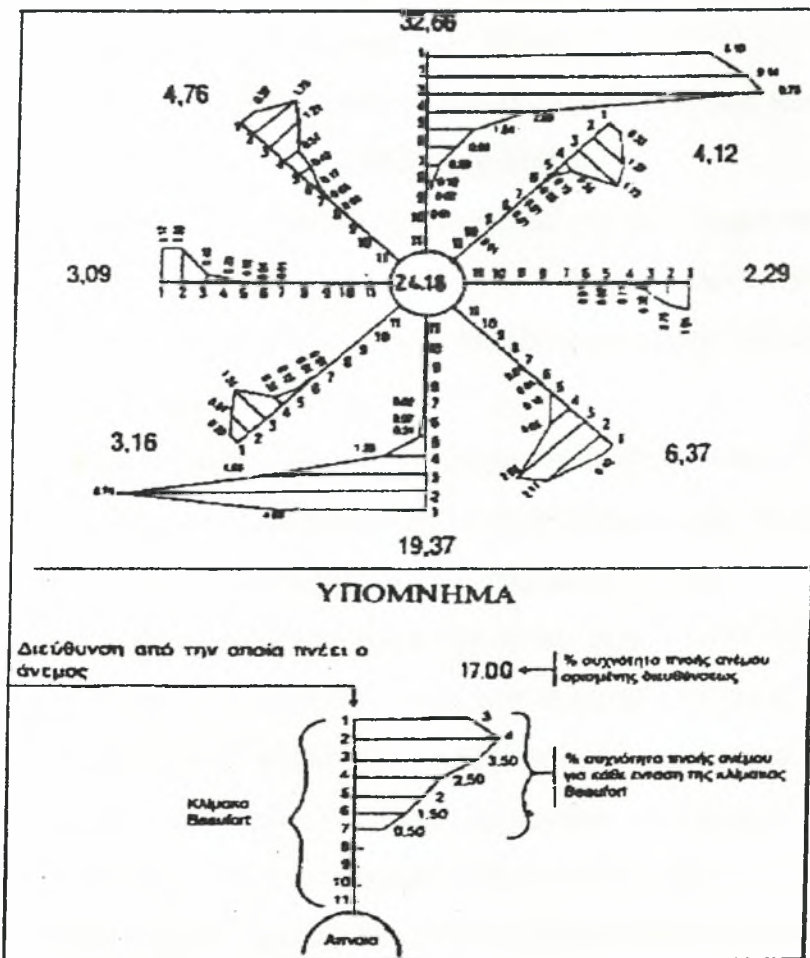
|             | Ελάχιστη<br>θερμοκρασία (°C) | Ελάχιστη<br>μέση μηνιαία<br>θερμοκρασία (°C) |
|-------------|------------------------------|--|
| Ιανουάριος  | -8,2                         | 4,5  |
| Φεβρουάριος | -7,8                         | 5,4  |
| Μάρτιος     | -3,2                         | 7,3  |
| Δεκέμβριος  | -6                           | 6,3  |
|             | Μέγιστη<br>θερμοκρασία (°C)  | Μέγιστη<br>μέση μηνιαία<br>θερμοκρασία (°C)  |
| Ιούνιος     | 37,8                         | 28,5   |
| Ιούλιος     | 44,2                         | 31   |
| Αύγουστος   | 39,6                         | 30,6   |

Όσον αφορά τις ατμοσφαιρικές κλιματολογικές θερμικές ανταλλαγές στην επιφάνεια του Παγασητικού ισχύει ότι:

- i) η προσθήκη θερμότητας  $Q_{s-r}$ , λόγω απορρόφησης της μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας, παρουσιάζει ανοδική πορεία μεταξύ Ιανουαρίου ( $58 \text{ W/m}^2$ ) και Ιουλίου ( $29 \text{ W/m}^2$ ) και καθοδική τους υπόλοιπους μήνες με μέση ετήσια τιμή  $172 \text{ W/m}^2$ ,
- ii) η απώλεια θερμότητας  $Q_b$ , λόγω επανεκπομπής της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας, παρουσιάζει πολύ μικρές διακυμάνσεις καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με μέση ετήσια τιμή  $77 \text{ W/m}^2$ ,
- iii) η χρονική κατανομή της απώλειας θερμότητας  $Q_e$ , λόγω εξάτμισης, χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές τιμές τη θερμή περίοδο του έτους με μέγιστο τον Οκτώβριο ( $117 \text{ W/m}^2$ ), ενώ χαμηλές τιμές σημειώνονται τους υπόλοιπους μήνες με ελάχιστο τον Μάρτιο ( $49 \text{ W/m}^2$ ). Η μέση ετήσια τιμή της παραμέτρου  $Q_b$  είναι  $78 \text{ W/m}^2$ ,
- iv) η θερμότητα  $Q_h$ , λόγω αγωγιμότητας παρουσιάζει ομοιόμορφη διακύμανση σχετικά μικρού πλάτους με ελάχιστο ( $-0,5 \text{ W/m}^2$ ) τον Απρίλιο. Τη θερμή περίοδο του έτους (Μάιο-Αύγουστο), οπότε η θερμοκρασία του αέρα είναι μεγαλύτερη αυτής της επιφάνειας της θάλασσας, η παράμετρος  $Q_h$  παρουσιάζει αρνητικές τιμές, ενώ έχει μέση ετήσια τιμή  $8 \text{ W/m}^2$ .



Σύμφωνα με τα παραπάνω ο σπουδαιότερος μηχανισμός θερμικής απώλειας στην επιφάνεια του κόλπου είναι η εξάτμιση, ακολουθούμενη από την επανεκπεμπόμενη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. Σε κλιματολογική βάση στον Παγασητικό παρατηρείται μια μικρή προσθήκη θερμότητας (10 W/m<sup>2</sup>). Έτσι, παρατηρείται θερμική ισορροπία που προκύπτει από την κατά προσέγγιση αντιστάθμιση της απορροφούμενης μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τις τρεις παραμέτρους θερμικής απώλειας (Θεοδώρου & Μπαρσάκης, 1997).



Σχήμα 0. Ετήσια ποσοστιαία συχνότητα ανέμων διαφόρων διευθύνσεων και εντάσεων (σε κλίμακα Beauford) όπως προκύπτει από παρατηρήσεις των ετών 1956-88 στο Μετεωρολογικό Σταθμό του Βόλου

### Θερμοκρασία και αλατότητα

Μετρήσεις την περίοδο 1975-76 έδειξαν ότι τα εποχιακά εύρη των τιμών θερμοκρασίας και αλατότητας στην επιφάνεια του Παγασητικού είναι μεγάλα

(12-25,5 °C και 36-38 αντίστοιχα) σε αντίθεση με αυτά των βαθιών νερών, όπου παρατηρείται κάποια σταθερότητα (13-15 °C και 38-38,5 αντίστοιχα) (Gabrielides & Theocharis, 1978). Οι κατανομές των θερμοαλατικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια μετρήσεων την περίοδο 1986-89 οδήγησαν στα παρακάτω συμπεράσματα:

- i) εκτός από το χειμώνα, όπου εμφανίζεται πλήρως ομογενοποιημένη, η υδάτινη στήλη διακρίνεται σε τρία στρώματα τα οποία ανάλογα με την εποχή χαρακτηρίζονται από διαφορετικά πάχη: το επιφανειακό στρώμα (10-30 m), το ενδιάμεσο (20-40 m) και το βαθύ στρώμα (σε περιοχές με βάθος μεγαλύτερο των 50 m),
- ii) είναι εμφανής ο σχηματισμός τόσο θερμοκλινούς όσο και αλοκλινούς στο ενδιάμεσο στρώμα της υδάτινης στήλης,
- iii) η θερμοκρασία μεταβάλλεται εποχιακά, στο μεν επιφανειακό στρώμα από 12 °C το χειμώνα φτάνει τους 25,5 °C το καλοκαίρι, ενώ στο ενδιάμεσο στρώμα η αντίστοιχη διακύμανση είναι 11,5-24 °C και στο βαθύτερο είναι πολύ μικρή,
- iv) η αλατότητα στο επιφανειακό στρώμα είναι χαμηλότερη (36,5 το θέρος και 38 το χειμώνα) σε σύγκριση με το ενδιάμεσο και το βαθύ στρώμα (38 και 38,5 οι αντίστοιχες τιμές θέρους και χειμώνα).

Οι υψηλότερες τιμές αλατότητας παρατηρούνται στην ανατολική λεκάνη του κόλπου τις περισσότερες εποχές του έτους και ιδιαίτερα το χειμώνα. Η δυτική περιοχή του Παγασητικού εμφανίζει χαμηλότερες αλατότητες σε σύγκριση με την ανατολική και το διάυλο του Τρίκερι, κυρίως τη βροχερή περίοδο του χρόνου λόγω των χερσαίων απορροών από την περιοχή του Αλμυρού. Στα ίδια αποτελέσματα έχουν επίσης καταλήξει οι Gabrielides & Theocharis (1978) και οι Theocharis & Laskaratos (1985). Η εποχιακές κατακόρυφες κατανομές της θερμοκρασίας, της αλατότητας και της πυκνότητας καθιστούν εμφανή την παρουσία ισχυρής στρωμάτωσης, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες. Η στρωμάτωση διατηρείται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, πλην του χειμώνα, οφειλόμενη κυρίως στην αντίστοιχη διατήρηση του αλοκλινούς (Theodorou, 1995; Θεοδώρου και συν., 1997). Μετρήσεις τον Σεπτέμβριο του 1992 επίσης

φανέρωσαν έντονη στρωμάτωση της υδάτινης στήλης με την παρουσία τριών στρωμάτων στα βαθύτερα σημεία του κόλπου (>50m) (Μπαρμπετοάς, 1993).

### Ρεύματα

Μετρήσεις ρευμάτων που έγιναν στον Παγασητικό το καλοκαίρι και το φθινόπωρο του 1976 έδειξαν, ότι οι ταχύτητες τους είναι γενικά ασθενείς (<40 cm/sec) (Voutsinou-Taliadouri & Baloroulos, 1989). Στο μεν ανατολικό τμήμα του κόλπου τα ρεύματα έχουν επιφανειακές τιμές: μέση 10 cm/sec και μέγιστη 38 cm/sec και κοντά στον πυθμένα: 6 και 32 cm/sec αντίστοιχα, στον δε δυτικό κόλπο οι τιμές των ρευμάτων στην επιφάνεια είναι: μέση 6 cm/sec και μέγιστη 29 cm/sec και κοντά στον πυθμένα: 5 και 24 cm/sec αντίστοιχα. Η ανανέωση του νερού πραγματοποιείται στο πυθμενικό στρώμα με την είσοδο νερού από το Αιγαίο Πέλαγος κατά μήκος της ανατολικής ακτής του διαύλου του Τρίκερι και έξοδο νερού προς το Αιγαίο Πέλαγος κατά μήκος της δυτικής ακτής του διαύλου. Στο επιφανειακό στρώμα η ροή φαίνεται να έχει αντίθετη φορά (Μπαλόπουλος και συν, 1987, Petihakis *et al.*, 2002). Η εποχιακή κατανομή της επιφανειακής αλατότητας υποδηλώνει αντικυκλωνική κυκλοφορία σε όλη την έκταση της επιφάνειας του κόλπου (Friligos, 1988). Αν και η κυκλοφορία στον Παγασητικό είναι πολύπλοκη και ελέγχεται τόσο από την αιολική δράση, όσο και από την ανταλλαγή υδάτων με το Αιγαίο Πέλαγος και την παλιρροϊκή δράση, εντούτοις φαίνεται ότι στον κόλπο παρατηρείται ένα σχεδόν σταθερό δίπολο: ένας αντικυκλώνας στον ανατολικό και ένας κυκλώνας στον κεντρικό-δυτικό κόλπο σε συνδυασμό με μικρότερους στροβίλους. Ο μέσος χρόνος ανανέωσης των νερών του Παγασητικού είναι της τάξεως των 105 ημερών με σημαντική τυπική απόκλιση 51 ημέρες (Petihakis *et al.*, 2002).

### ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

#### Διαλυμένο οξυγόνο

Μετρήσεις την περίοδο 1975-76 έδειξαν ότι στην επιφάνεια του Παγασητικού το διαλυμένο οξυγόνο το Φεβρουάριο κυμαίνεται από 5,5 mg/l

μέχρι 6 mg/l, ενώ τον Αύγουστο έχει τιμές 4,5-5 mg/l (Friligos, 1988) και απαιτούνται 98 ημέρες για να μειωθεί το ποσοστό κορεσμού του στο 72% (Gabrielides, 1978). Ο κόλπος, εκτός από το βαθύ στρώμα του κεντρικού τμήματος του, εμφανίζεται κορεσμένος σε οξυγόνο όλες τις εποχές του έτους (Gabrielides & Theocharis, 1978). Μετρήσεις την περίοδο 1986-1989 έδειξαν ότι το διαλυμένο οξυγόνο έχει μεγαλύτερες τιμές στην επιφάνεια σε σχέση με τα βαθύτερα στρώματα. Οι επιφανειακές τιμές του παρουσιάζουν ετήσια διακύμανση από 4,5 mg/l μέχρι 6 mg/l και πλησιάζουν τις τιμές κορεσμού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Theodorou, 1995; Θεοδώρου και συν., 1997).

### Θρεπτικά

Την περίοδο 1975-76 η κατανομή των φωσφορικών, των νιτρικών και της αμμωνίας στον Παγασητικό είναι ομοιόμορφη σε αντίθεση με αυτή των νιτρικών και των πυριτικών, ενώ τα τελευταία εμφανίζονται ιδιαίτερα αυξημένα τον χειμώνα (Gabrielides & Theocharis, 1978). Μετρήσεις θρεπτικών την περίοδο 1986-1989 έδειξαν ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις τους παρατηρούνται στην έξοδο του κόλπου, όπου πραγματοποιείται η ανανέωση των νερών του. Η τιμή αναφοράς κάθε θρεπτικού, βάσει των τιμών του στο ολιγοτροφικό Αιγαίο Πέλαγος, για τα φωσφορικά, τα πυριτικά, τα αμμωνιακά, τα νιτρικά και τα νιτρώδη είναι 0,12, 1,18, 0,41, 0,16 και 0,37 mg-at/l αντίστοιχα (Friligos, 1988). Γενικά, ο Παγασητικός χαρακτηρίζεται ως ολιγοτροφικός με ευτροφικές τάσεις στην περιοχή του όρμου του Βόλου, ενώ παρουσιάζει ελάχιστα αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών σε σχέση με το Αιγαίο Πέλαγος με μικρές εποχιακές διακυμάνσεις (Gabrielides & Friligos, 1977; Friligos, 1988). Είναι διακριτή μια μείωση όλων σχεδόν των αλάτων -με εξαίρεση τα πυριτικά- μετά τη λειτουργία του νέου αποχετευτικού αγωγού εκβολής λυμάτων στη θέση Αγκίστρι (Theodorou, 1995), αν και ο εσωτερικός κόλπος εξακολουθεί να εμφανίζεται ως μεσότροφος με ευτροφικά ξεσπάσματα (Petihakis *et al.*, 2002).

Περιοριστικά για την φυτοπλαγκτονική αύξηση θρεπτικά: Η χρονοσειρά των τιμών του λόγου ΣΝ:Ρ παρουσιάζει σημαντική διακύμανση σε σύγκριση με την αναλογία 16:1, υποδηλώνοντας ότι τόσο το άζωτο όσο και ο φώσφορος δρουν περιοριστικά για τη φυτοπλαγκτονική αύξηση σε διαφορετικές χρονικές περιόδους (Theodorou, 1995; Θεοδώρου και συν., 1997, Petihakis *et al.*, 2002).

## ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

### Φυτοπλαγκτόν

Μετρήσεις στον Παγασητικό την περίοδο 1975-76 έδειξαν ότι η χλωροφύλλη-α κυμαίνεται από 0,1 μέχρι 1,3 mg/m<sup>3</sup> με υψηλότερες τιμές στον όρμο του Βόλου (Gabrielides & Theocharis, 1978) ενώ η πρωτογενής παραγωγικότητα, εκφρασμένη σαν χλωροφύλλη-α, έχει μέση τιμή 0,013 mgC/l (Gabrielides, 1978).

Την περίοδο 1986-1989 οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού εμφανίζονται στον όρμο του Βόλου (Θεοδώρου και συν., 1997), όπου τον Ιούλιο του 1987 παρατηρήθηκε το φαινόμενο εμφάνισης ερυθράς παλίρροιας (Friligos & Gotsi-Skreta, 1989). Μετρήσεις τον Ιούνιο του 1986 και τον Ιούλιο του 1987 έδειξαν μέγιστες συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτονικών κυττάρων στον εσωτερικό κόλπο, όπου παρατηρείται χαμηλή ποικιλότητα και κυριαρχία του διατόμου *Skeletonema constatum* και του δινομαστιγωτού *Gymnodinium catenatum* (Georgakopoulou-Grigoriadou *et al.*, 1997). Επίσης υψηλή φυτοπλαγκτονική συγκέντρωση παρατηρείται τον Μάιο του 1989 (Theodorou, 1995). Παρόλα αυτά, αναφέρεται μείωση των φυτοπλαγκτονικών συγκεντρώσεων μετά τη λειτουργία του αποχετευτικού αγωγού στην περιοχή Αγκίστρι. Στον κεντρικό κόλπο παρατηρούνται μικρότερες συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού (14-381 κυτ/ml), γεγονός ενδεικτικό του ολιγοτροφικού χαρακτήρα του. Η σύνθεση του φυτοπλαγκτού παρουσιάζει εποχιακές μεταβολές. Τα διάτομα (κυρίως *Skeletonema* και *Nitzschia*) και τα μαστιγωτά (ιδίως *Cryptomonas sp*) αποτελούν τις κυρίαρχες φυτοπλαγκτονικές ομάδες το

χειμώνα και την άνοιξη, ενώ τα δινομαστιγωτά (κυρίως *Gymnodinium sp*) κυριαρχούν το καλοκαίρι και το φθινόπωρο (Theodorou, 1995; Θεοδώρου και συν., 1997). Μετρήσεις τον Απρίλιο και το Μάιο του 1999 έδειξαν μείωση των τιμών χλωροφύλλης-α και πρωτογενούς παραγωγής από την περιοχή του όρμου του Βόλου προς τον εξωτερικό κόλπο και σημαντική συμμετοχή των φυτοπλαγκτονικών κυττάρων διαμέτρου  $<2\mu\text{m}$  στη φωτοσυνθετική ενεργότητα του κόλπου (Ασημακοπούλου & Γκότση-Σκρέτα, 2000).

#### Ζωοπλαγκτόν

Μετρήσεις την περίοδο 1986-1989 παρουσίασαν τα κωπήποδα (*Acartia* και *Paracalanus*) ως τη μείζονα ζωοπλαγκτονική συνιστώσα του Παγασητικού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ακολουθούμενα από τα κλαδοκεραιωτά (*Fritilaria* και *Penilla*), τα οποία αποκτούν σημαντική παρουσία τον Αύγουστο. Οι κωπηλάτες έχουν συνεχή αλλά μικρή παρουσία όλο το χρόνο (Theodorou, 1995; Θεοδώρου και συν., 1997). Δειγματοληψίες τον Απρίλιο και το Μάιο του 1999 επιβεβαίωσαν την κυριαρχία των κωπηπόδων και έδειξαν μεγαλύτερες τιμές αφθονίας ζωοπλαγκτού στον όρμο του Βόλου ( $7431\text{ατ}/\text{m}^3$ ), ενώ βιομάζας στον κεντρικό κόλπο ( $47,3\text{mgr}/\text{m}^3$ ) (Ζερβουδάκη & Χρήστου, 2000).

#### ΠΥΘΜΕΝΑΣ

#### ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

##### Τύπος ιζήματος

Στο βόρειο και δυτικό τμήμα του Παγασητικού αποτίθεται από τους εποχιακούς ποταμούς πηλοί και άργιλοι, ενώ άμμος, πηλούχοι άμμοι και αμμούχοι πηλοί αποτίθενται σε μια λεπτή παράκτια ζώνη. Στο μεγαλύτερο μέρος του ο πυθμένας του κόλπου είναι καλυμμένος με ιλύ, εκτός από το βορειοανατολικό τμήμα του (περιοχή Αγκιάλου) και το ανατολικό τμήμα της εισόδου του που καλύπτονται με άμμο (Περισοράτης και συν., 1993).

### Οργανικός άνθρακας και βαρέα μέταλλα

Η συγκέντρωση οργανικού άνθρακα στον όρμο του Βόλου δεν υπερβαίνει το 1%, γεγονός που δηλώνει ότι δεν υπάρχει σημαντικό πρόβλημα οργανικής ρύπανσης. Στον υπόλοιπο κόλπο οι τιμές του οργανικού άνθρακα κυμαίνονται από 0,16% μέχρι 1,3% (Voutsinou-Taliadouri & Georgakopoulou-Grigoriadou, 1989).

Μετρήσεις την περίοδο 1975-76 στον πυθμένα του Παγασητικού έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων διέφεραν σημαντικά ανάμεσα στους σταθμούς δειγματοληψίας (Voutsinou-Taliadouri & Satsmadjis, 1982). Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις μετάλλων παρατηρούνται στον όρμο του Βόλου και τον δυτικό κόλπο, ενώ υψηλότερες τιμές εμφανίζονται στο ανατολικό τμήμα του -πιθανόν λόγω φυσικής προέλευσης. Στον όρμο του Βόλου αυξημένες είναι οι συγκεντρώσεις χαλκού και ψευδαργύρου (Voutsinou-Taliadouri & Balopoulos, 1989; Papatheodorou & Alexandropoulou, 1996, Karageorgis *et al.*, 2002). Γενικά τα μέταλλα εμφανίζονται αυξημένα σε όλη την έκταση του κόλπου, ως αποτέλεσμα της τροφοδοσίας του με μεταμορφωμένα και υπερβασικά πετρώματα (Αναγνώστου και συν., 1997), χωρίς όμως ο Παγασητικός να χαρακτηρίζεται ως ρυπασμένος (Anagnostou *et al.*, 1998).

### ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

#### Βένθος

Την περίοδο 1975-76 στον Παγασητικό παρατηρήθηκε κυριαρχία των πολυχαιτών (56,1%) ακολουθούμενη από τα καρκινοειδή, τα μαλάκια και τα εχινόδερμα. Το βένθος του κόλπου δεν επηρεάζεται από την εποχή του έτους και ακολουθεί την κατανομή του ανόργανου διαλυμένου αζώτου (Bogdanos & Satsmadjis, 1983). Κατά την περίοδο 1986-1989 μετρήσεις επιβεβαίωσαν το γεγονός ότι οι πολύχαιτοι (*Lubriconereis*) αποτελούν την κυρίαρχη βενθική ομάδα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους -τόσο σε είδη όσο και σε αριθμό ατόμων- ακολουθούμενοι από τα μαλάκια (*Corbula gibba*) και τα καρκινοειδή.

Από την οικολογική ανάλυση του ζωοβένθους προκύπτει, ότι η κατάσταση στον κόλπο είναι σταθερή -ιδιαίτερα μετά τη λειτουργία του νέου αποχετευτικού αγωγού λυμάτων στη θέση Αγκίστρι (Theodorou, 1995; Θεοδώρου και συν., 1997). Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τον Μάιο του 1999 έδειξαν κυριαρχία των πολυχαίτων, ενώ εμφάνισαν μέγιστες τιμές αριθμού ειδών (99) και αφθονίας (3290 ατ/m<sup>2</sup>) στον όρμο του Βόλου και έντονη πανιδική φτώχεια στον κεντρικό κόλπο (Pancucci-Παπαδοπούλου και συν., 2000).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 1992 η παρατηρούμενη κατάσταση των βενθικών φανερόγαμων *Zostera nana* και *Posidonia oceanica* έδειξε ότι αρχίζει να διαφαινεται ο κίνδυνος διατάραξης του οικοσυστήματος του Παγασητικού, κυρίως στον όρμο του Βόλου (Parachristou & Haritonidis, 1992).

#### ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Από τη μελέτη του οικοσυστήματος του κεντρικού-εξωτερικού Παγασητικού μέσω προσομοίωσης (Petihakis *et al.*, 2000a) προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα. Τα αυξημένα επίπεδα νιτρικών, αμμωνίας και φωσφορικών κατά την άνοιξη -όπως αυτά παρουσιάζονται από μετρήσεις *in situ*- πιθανόν οφείλονται στην αποσάθρωση της πρωτογενούς παραγωγής και την ανακύκλωση της οργανικής ύλης καθώς παρατηρούνται σ' όλη την υδάτινη στήλη. Σε όλες τις προσομοιώσεις των θρεπτικών (με εξαίρεση τα πυριτικά) την περίοδο καλοκαίρι-χειμώνα το μοντέλο έχει την τάση υπερεκτίμησης των συγκεντρώσεων τους στο πυθμενικό στρώμα κοντά στο βυθό, λόγω της κίνησης των νερών σ' αυτό προς το Αιγαίο Πέλαγος. Το πελαγικό οικοσύστημα του κεντρικού-εξωτερικού κόλπου κυριαρχείται από έναν μικροβιακό βρόγχο που χαρακτηρίζεται από τον ανταγωνισμό για θρεπτικά ανάμεσα στα βακτήρια και το φυτοπλαγκτόν, καθώς και από μεγαλύτερη βιομάζα ετερότροφων σε σχέση με τη βιομάζα των αυτότροφων οργανισμών. Η πρωτογενής παραγωγή στο επιφανειακό στρώμα πραγματοποιείται το



χειμώνα όταν το θερμοκλίνας σπάει και τα θρεπτικά από το βένθος και τα βαθύτερα στρώματα εφοδιάζουν την επιφανειακή ευφωτική ζώνη. Το αντίθετο παρατηρείται το καλοκαίρι όπου η πρωτογενής παραγωγή αυξάνεται στα βαθύτερα στρώματα κάτω από το θερμοκλίνας (65m). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το συγκεκριμένο σύστημα έχει δύο τρόπους λειτουργίας:

- i) τον χειμερινό, όταν η υδάτινη στήλη παρουσιάζει πλήρη ανάμιξη με αποτέλεσμα την ανάπτυξη μεγάλων φυτοπλαγκτονικών κυττάρων (διάτομα) και τη δημιουργία κλασσικής τροφικής αλυσίδας όπου σημαντικά ποσά ενέργειας περνούν στα ανώτερα στρώματα (μεσοζωοπλαγκτόν) και
- ii) τον καλοκαιρινό, που χαρακτηρίζεται από μικρές συγκεντρώσεις θρεπτικών στην επιφάνεια και ανάπτυξη μικροβιακού βρόγχου, ο οποίος αποτελείται από πικοπλαγκτόν ενώ ένα σημαντικό ποσό ενέργειας ανακυκλώνεται μεταξύ φυτοπλαγκτού και βακτηρίων. Το μεγαλύτερο ποσοστό της βιομάζας των διατόμων βρίσκεται κοντά στον πυθμένα.

Οι συνέπειες της ανάπτυξης του θερμοκλινούς απεικονίζονται στην κατανομή της νεκρής οργανικής ύλης, η οποία καθορίζει την κατανομή των βακτηρίων και την ανακύκλωση των θρεπτικών. Οι κατανομές των ετερότροφων μαστιγωτών και του μικροζωοπλαγκτού είναι παρεμφερείς αφού εκμεταλλεύονται συγγενικές πηγές τροφής.

Από τους δύο τρόπους λειτουργίας του κεντρικού-εξωτερικού Παγασητικού φαίνεται ότι χωρίς εξωτερικές ροές το μεγαλύτερο ποσοστό της χλωροφύλλης αποτελείται από μικρά φυτοπλαγκτονικά κύτταρα. Με την προσθήκη θρεπτικών παρατηρείται αύξηση της χλωροφύλλης, η οποία οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στην ανάπτυξη των διατόμων (Petihakis *et al.*, 2000b). Το οικοσύστημα του εσωτερικού Παγασητικού μπορεί να χαρακτηριστεί ως ευαίσθητο στον εμπλουτισμό θρεπτικών με τάσεις για ανάπτυξη μεγάλων φυτοπλαγκτονικών κυττάρων, τα οποία συχνά ευθύνονται για την εμφάνιση επιζήμιων «ανθίσεων» (bloomings) και «ζελατινώδους αφρού». Αν και τα αποτελέσματα του μοντέλου δείχνουν ότι προσθήκη θρεπτικών οδηγεί στη

δημιουργία ενός περισσότερο παραγωγικού συστήματος είναι πιθανή η υπερβολική «άνθιση» ορισμένων φυτοπλαγκτονικών ομάδων.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής προέρχονται από το ερευνητικό πρόγραμμα «Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Πολιτικής για την Αειφόρο Διαχείριση του Παγασητικού Κόλπου» (Θεοδώρου, 2000, Κολιού-Μήτσιου, 2000, Pancucci-Παπαδοπούλου, 2000, Καραγκίτσου και συν., 2000).

Κατά την περίοδο 1998-1999 πραγματοποιήθηκαν στον Παγασητικό δειγματοληψίες φυσικών (θερμοκρασία, αλατότητα, πυκνότητα, ρεύματα), χημικών (θρεπτικά, χλωροφύλλη, οργανικός άνθρακας, διαλυμένο οξυγόνο, βαρέα μέταλλα) και βιολογικών χαρακτηριστικών (φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν, βένθος, ιχθυοπλαγκτόν) στην υδάτινη στήλη και το ίζημα σε κατάλληλα δίκτυα σταθμών τα οποία κάλυπταν όλη την επιφάνεια του κόλπου και τη γειτονική περιοχή στο διάυλο των Ωρεών. Οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή των φυσικών, χημικών και βιολογικών δεδομένων και δεδομένων ιχθυοπλαγκτού παρουσιάζονται στα σχήματα 1(α), 1(β) και 1(γ) αντίστοιχα.

Για την καλύτερη κατανόηση του συστήματος του κόλπου, η περιοχή μελέτης διαιρέθηκε σε πέντε επιμέρους περιοχές με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους:

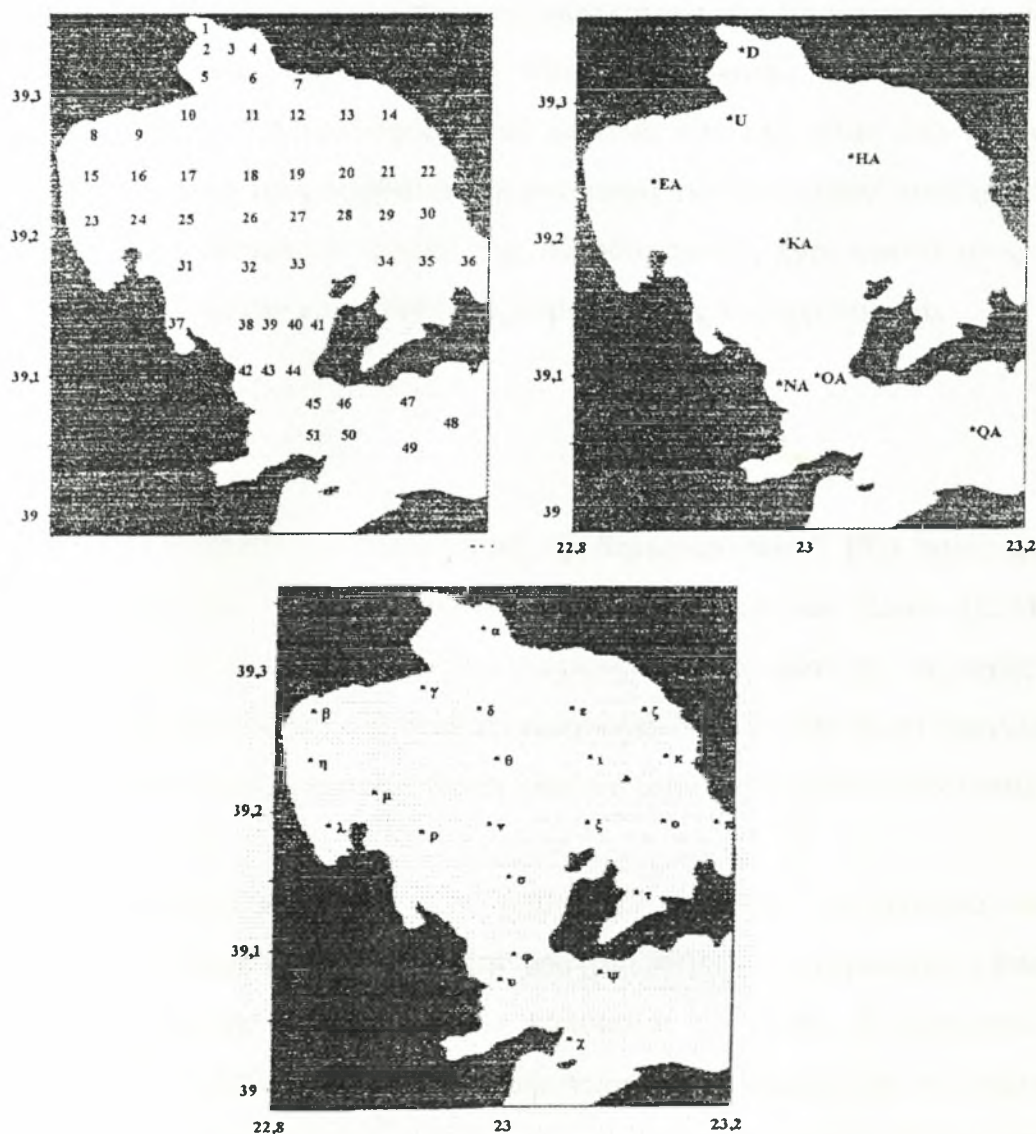
- i. τον εσωτερικό κόλπο (περιοχή λιμανιού Βόλου), σταθμοί 1-4, D και α
- ii. την περιοχή διάθεσης των αποβλήτων από τον αγωγό του βιολογικού καθαρισμού στη θέση Αγκίστρι, σταθμοί 5, 10, U και γ
- iii. τον κεντρικό κόλπο, σταθμοί 6-9, 11-36, ΕΑ, ΚΑ, ΗΑ και β-τ
- iv. τον εξωτερικό κόλπο (διάυλος Τρίκερι), σταθμοί 37-44, ΟΑ, ΝΑ και υ, φ
- v. την περιοχή στο διάυλο των Ωρεών, σταθμοί 45-51, QΑ και χ, ψ (Σχ. 1(α), 1(β) και 1(γ) αντίστοιχα).

Επίσης η υδάτινη στήλη διαιρέθηκε στα παρακάτω στρώματα:

- i. στην περιοχή με βάθος μέχρι 35m (εσωτερικός κόλπος) σε δύο στρώματα, επιφανειακό και πυθμενικό

- ii. στις περιοχές με βάθος μέχρι 75m (εξωτερικός κόλπος και περιοχή αγωγού) σε τρία στρώματα, επιφανειακό, μεσαίο (25-50m) και βαθύ
- iii. στις περιοχές με βάθος μεγαλύτερο από 75m (κεντρικός κόλπος και περιοχή στο διάυλο των Ωρεών) σε τέσσερα στρώματα, επιφανειακό, μεσαίο (25-50m), βαθύ (50-75m) και πολύ βαθύ.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τα προγράμματα EXCELL και SPSS, ενώ η δημιουργία των οριζόντιων κατανομών με το πρόγραμμα SURFER 7,0.



Σχήμα 1. Δίκτυο σταθμών δειγματοληψίας α) φυσικών χαρακτηριστικών, β) χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών και γ) ιχθυοπλαγκτού

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

#### ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ

Τα φυσικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής σχετίζονται άμεσα με την κατανομή και την αφθονία των βιολογικών χαρακτηριστικών της, καθώς ελέγχουν σε μεγάλο βαθμό την κατανομή των θρεπτικών και του οξυγόνου, με αποτέλεσμα να καθορίζουν την παραγωγικότητα της. Ιδιαίτερα στα παράκτια συστήματα που δέχονται την άμεση επίδραση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, η κυκλοφορία των υδάτων που ελέγχεται από τα φυσικά χαρακτηριστικά τους συμβάλει στη διασπορά των διαφόρων αποβλήτων και ρυπαντικών ουσιών. Η γνώση της υδροδυναμικής ενός συστήματος είναι απαραίτητη για την κατανόηση της δομής και της λειτουργίας του.

#### ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Στον Παγασητικό η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) παρατηρείται τον χειμώνα του '99 στο μεσαίο στρώμα του διαύλου των Ωρεών ( $12,619^{\circ}\text{C}$ ) και η μέγιστη το καλοκαίρι στο επιφανειακό στρώμα της περιοχής του αποχετευτικού αγωγού στη θέση Αγκίστρι ( $25,715^{\circ}\text{C}$ ). Γενικά, οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας παρατηρούνται όλες τις εποχές του έτους στον εσωτερικό κόλπο (Πιν. 1-5).

Η θερμοκρασία μειώνεται με το βάθος και εκτός από το χειμώνα –οπότε παρουσιάζει μικρό εύρος τιμών στην υδάτινη στήλη- είναι εμφανής η ύπαρξη θερμοκλινούς: την άνοιξη και το καλοκαίρι σε βάθος 10-40m, ενώ το φθινόπωρο σε βάθος >40m. Η στρωμάτωση όσον αφορά τη θερμοκρασία παρουσιάζεται σταθερότερη το καλοκαίρι, ενώ είναι εμφανής η θέρμανση και η ψύξη του μικτού επιφανειακού στρώματος (10m) την άνοιξη και το φθινόπωρο αντίστοιχα (Σχ. 2-3).

Πίνακας 1. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της θερμοκρασίας T (°C) στον κεντρικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα     | Μεσαίο στρώμα          | Βαθύ στρώμα            | Πολύ βαθύ στρώμα       | Υδάτινη στήλη |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 12,821<br>12,485-13,88 | 12,721<br>12,44-12,826 | 12,746<br>12,515-12,83 | 12,767<br>12,627-12,82 | 12,763        |
| Άνοιξη 99    | 20,896<br>13,95-25,844 | 14,062<br>12,734-17,81 | 12,885<br>12,37-13,305 | 12,915<br>12,66-13,475 | 15,189        |
| Καλοκαίρι 99 | 25,509<br>17,987-27,85 | 15,618<br>13,14-25,877 | 13,575<br>13,11-14,198 | 13,452<br>13,209-13,7  | 17,038        |
| Φθινόπωρο 99 | 19,095<br>18,85-19,311 | 18,307<br>15,38-19,294 | 14,901<br>14,15-15,586 | 13,983<br>13,645-14,31 | 16,571        |

Πίνακας 2. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της θερμοκρασίας T (°C) στον εξωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα      | Μεσαίο στρώμα           | Βαθύ στρώμα             | Υδάτινη στήλη |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 12,705<br>12,443-13,268 | 12,639<br>12,553-12,743 | 12,678<br>12,584-12,778 | 12,674        |
| Άνοιξη 99    | 22,429<br>16,742-24,761 | 14,319<br>13,038-16,601 | 13,259<br>12,776-13,672 | 16,669        |
| Καλοκαίρι 99 | 25,118<br>17,818-26,735 | 14,876<br>13,191-18,593 | 13,849<br>13,336-14,4   | 17,947        |
| Φθινόπωρο 99 | 18,828<br>18,581-19,075 | 18,15<br>16,475-18,958  | 15,191<br>13,735-16,611 | 17,389        |

Πίνακας 3. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της θερμοκρασίας T (°C) στον εσωτερικό Παγασητικό

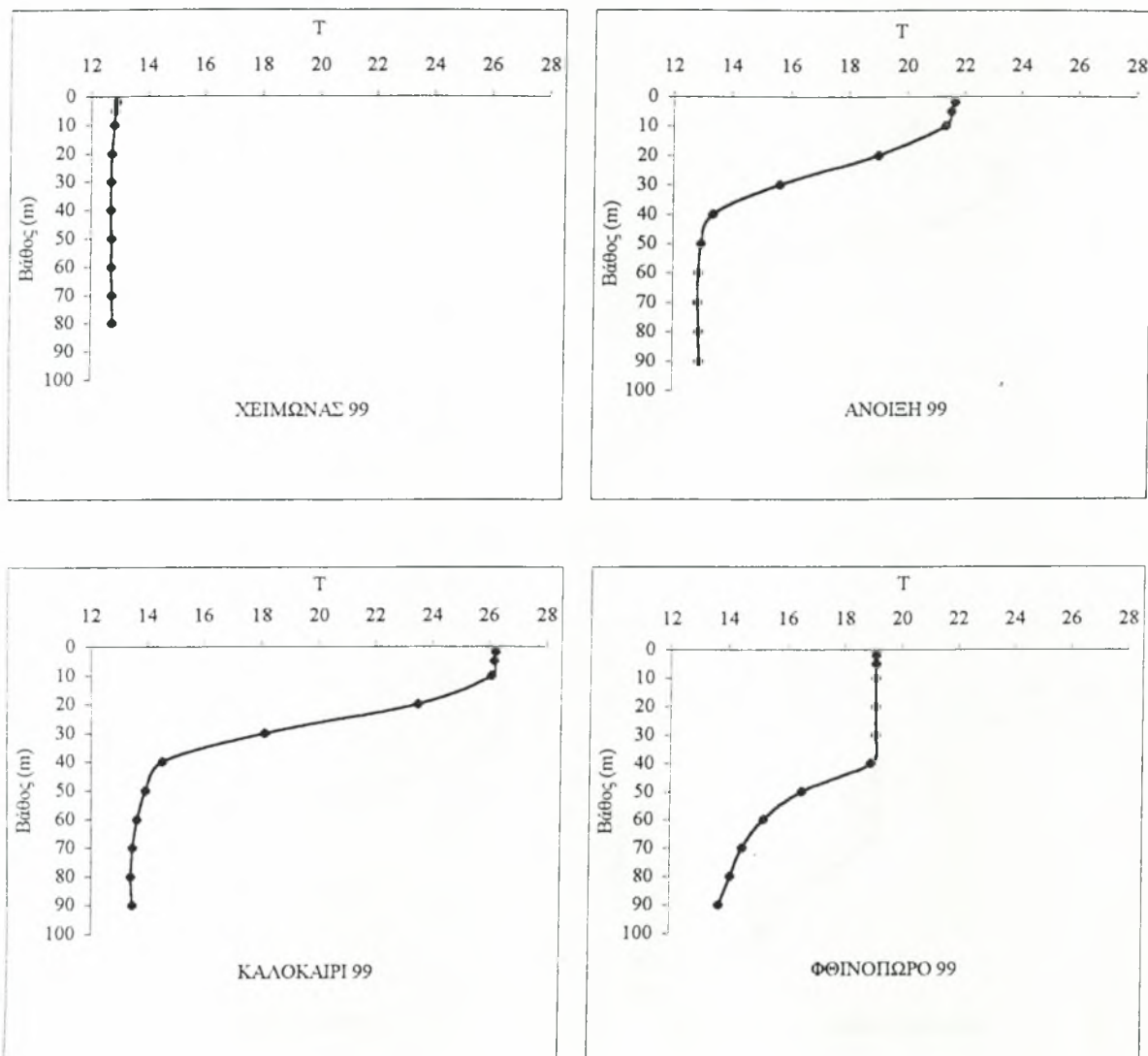
|              | Επιφανειακό στρώμα      | Πυθμενικό στρώμα        | Υδάτινη στήλη |
|--------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 13,049<br>12,649-13,76  | 12,771<br>12,754-12,788 | 12,91         |
| Άνοιξη 99    | 24,351<br>19,313-26,37  | 15,339<br>15,337-15,342 | 19,845        |
| Καλοκαίρι 99 | 25,443<br>18,547-27,505 | 19,743<br>14,49-25,288  | 22,593        |
| Φθινόπωρο 99 | 19,068<br>18,827-19,244 | 19,226                  | 19,147        |

Πίνακας 4. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της θερμοκρασίας T (°C) στην περιοχή του αγωγού

|              | Επιφανειακό στρώμα      | Μεσαίο στρώμα           | Βαθύ στρώμα             | Υδάτινη στήλη |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 12,791<br>12,553-13,111 | 12,758<br>12,724-12,777 | 12,742<br>12,726-12,758 | 12,763        |
| Άνοιξη 99    | 21,465<br>17,109-25,334 | 14,054<br>12,961-16,016 | 12,892<br>12,806-12,982 | 16,137        |
| Καλοκαίρι 99 | 25,715<br>19,68-27,389  | 17,025<br>13,378-25,771 | 13,653<br>13,384-13,923 | 18,797        |
| Φθινόπωρο 99 | 19,095<br>18,853-19,163 | 18,434<br>16,291-19,165 | 15,158                  | 17,562        |

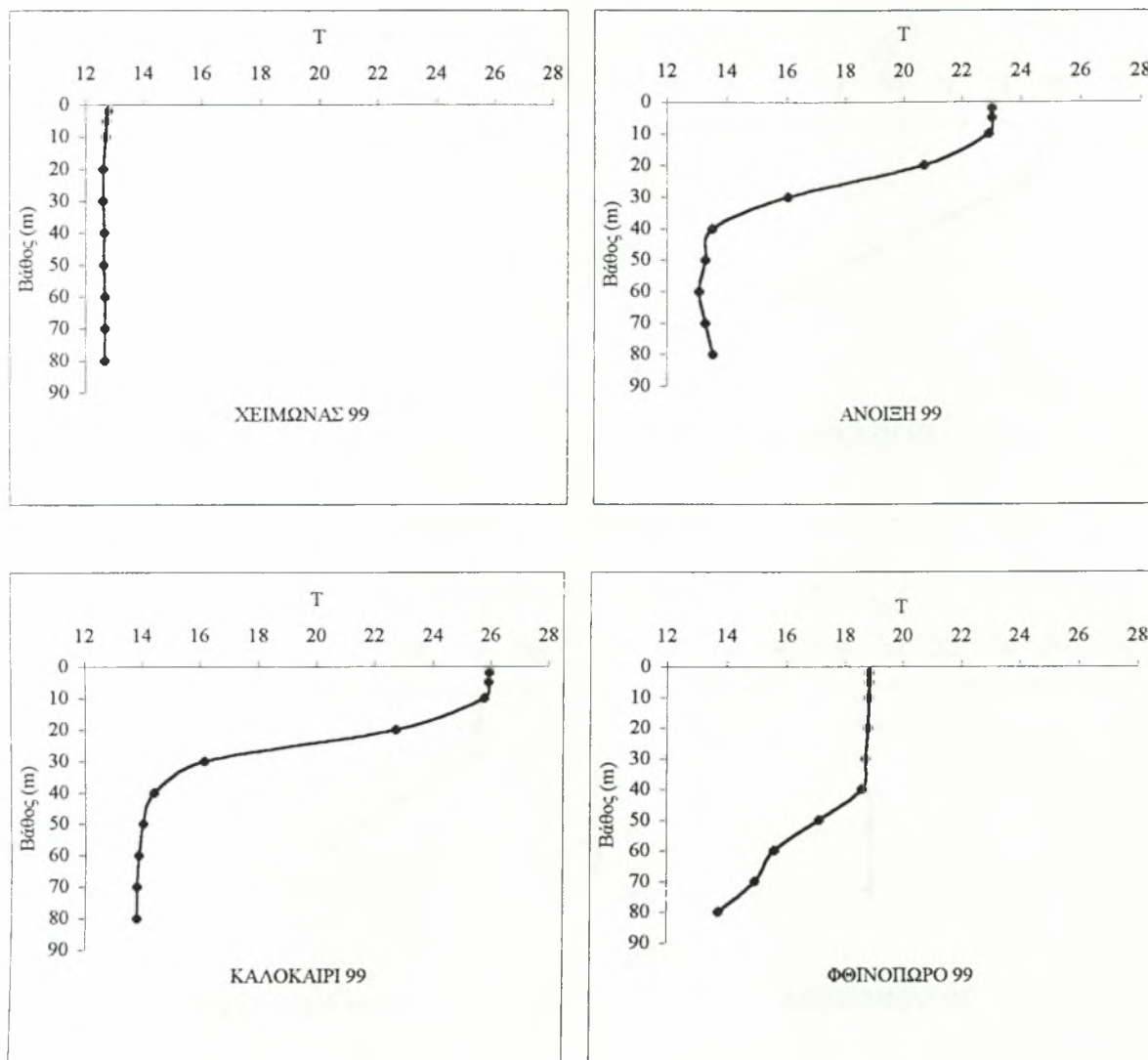
Πίνακας 5. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της θερμοκρασίας T (°C) στην περιοχή του διαύλου των Ωρεών

|              | Επιφανειακό στρώμα     | Μεσαίο στρώμα          | Βαθύ στρώμα            | Πολύ βαθύ στρώμα | Υδάτινη στήλη |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 12,624<br>12,436-12,91 | 12,619<br>12,535-12,68 | 12,712<br>12,674-12,75 |                  | 12,651        |
| Άνοιξη 99    | 19,424<br>16,573-24,49 | 13,877<br>12,83-16,981 | 13,369<br>12,878-13,82 | 14,008           | 15,169        |
| Καλοκαίρι 99 | 24,222<br>18,117-26,42 | 14,45<br>13,613-15,71  | 13,926<br>13,55-14,157 |                  | 17,532        |
| Φθινόπωρο 99 | 18,448<br>18,219-18,83 | 18,126<br>16,836-18,54 | 15,22<br>14,25-16,655  | 14,525           | 16,579        |

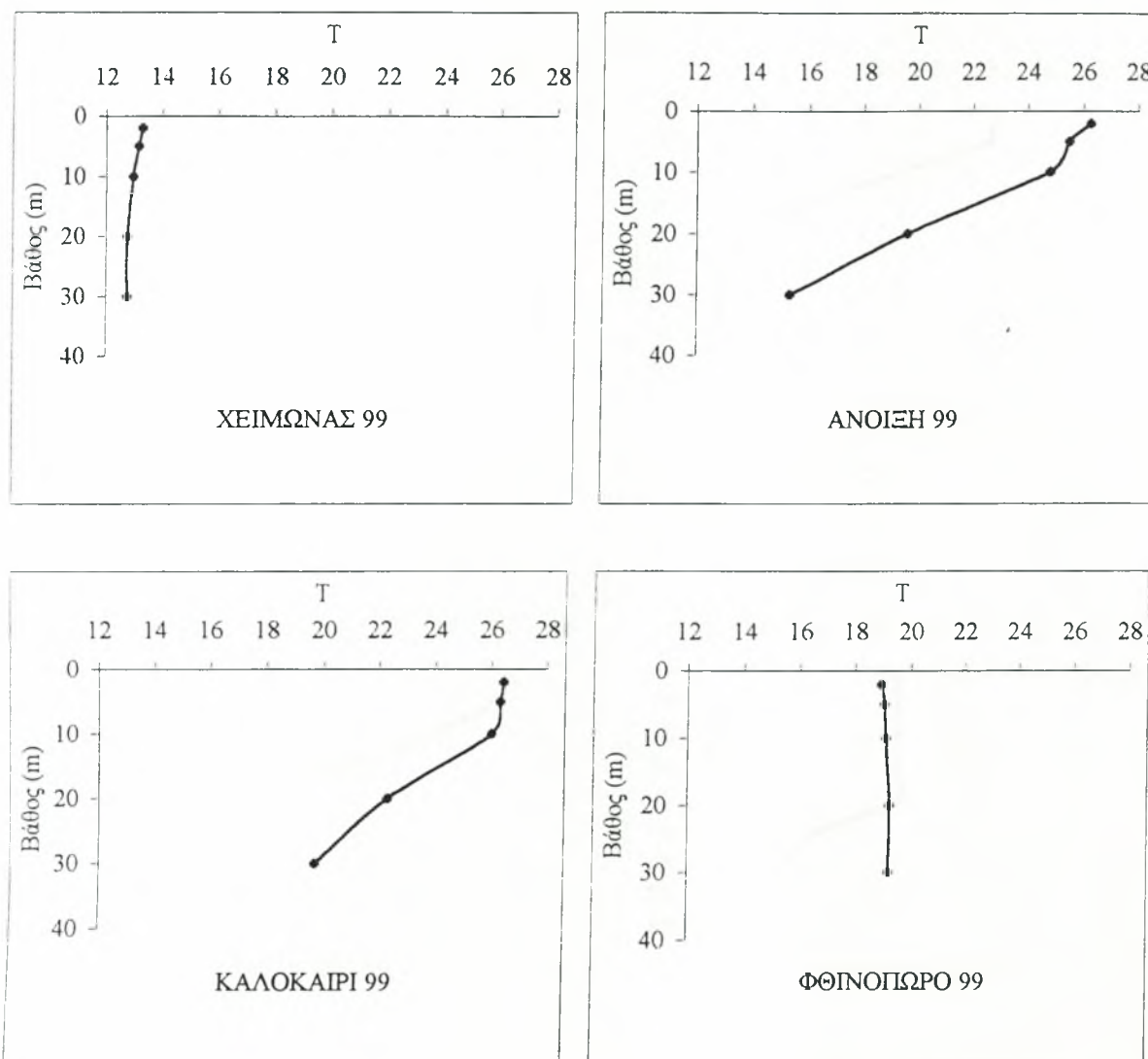


Σχήμα 2. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής θερμοκρασίας T(°C) στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-κεντρικός κόλπος

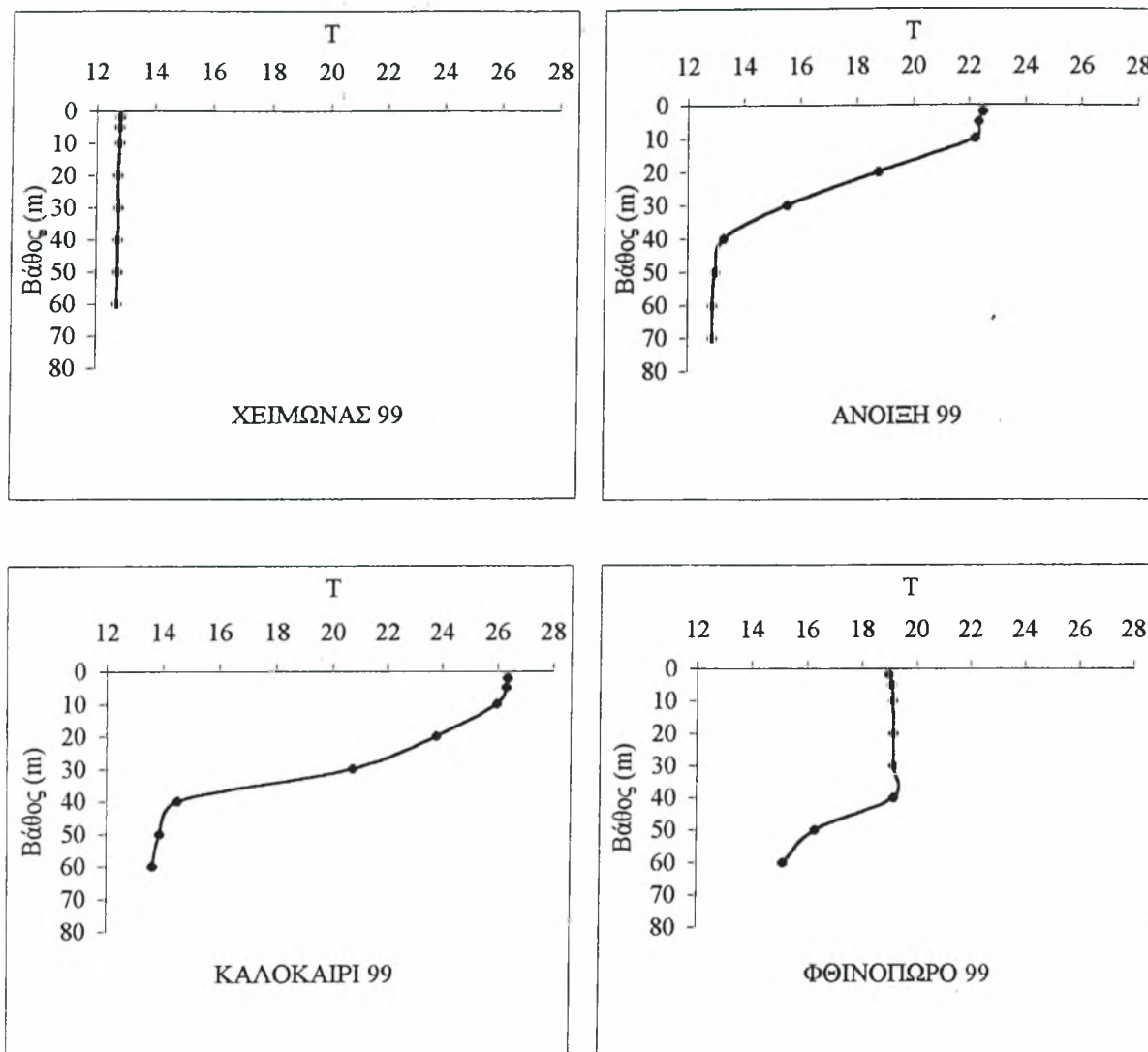




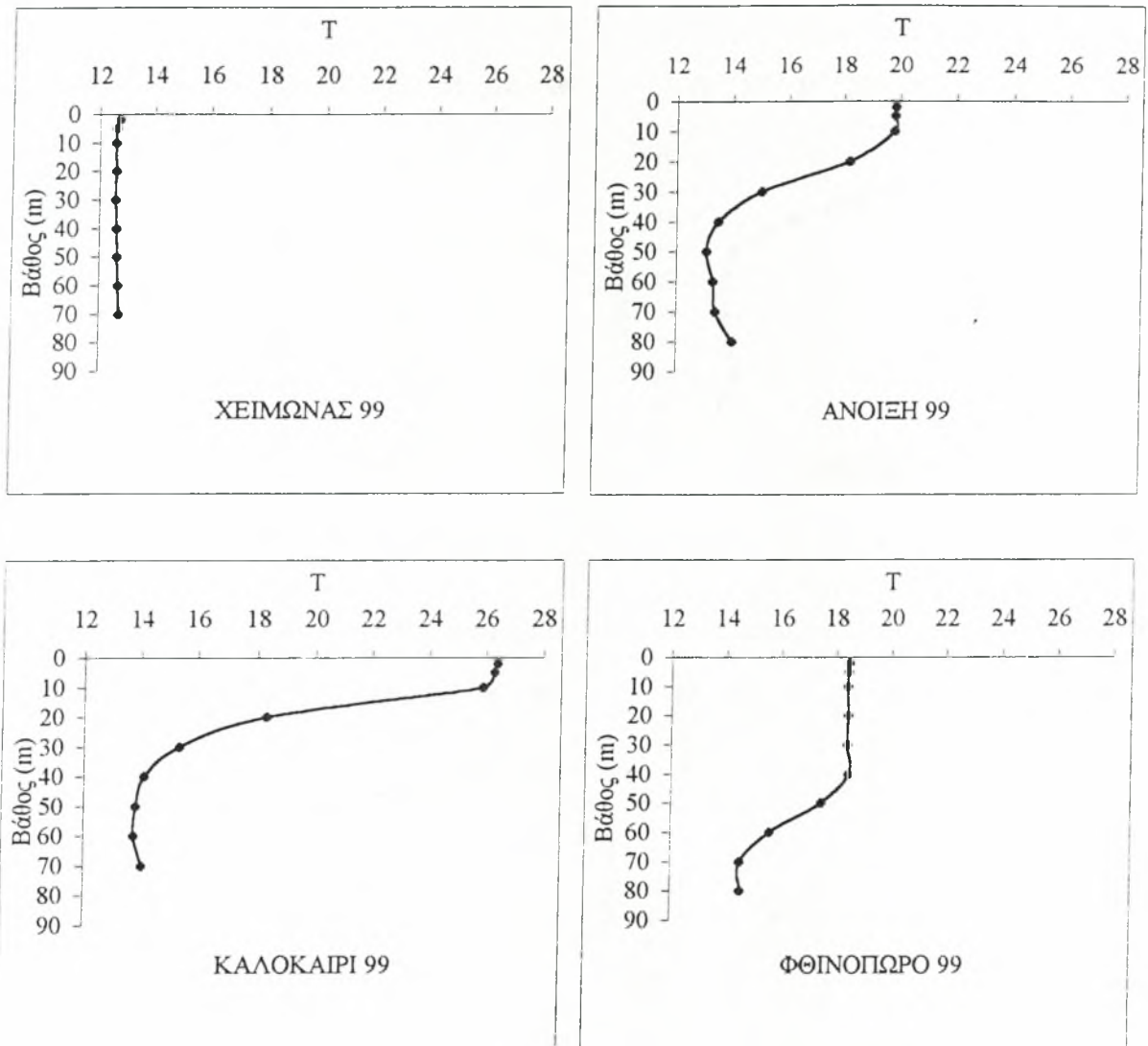
Σχήμα 2. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής θερμοκρασίας T(°C) στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-εξωτερικός κόλπος



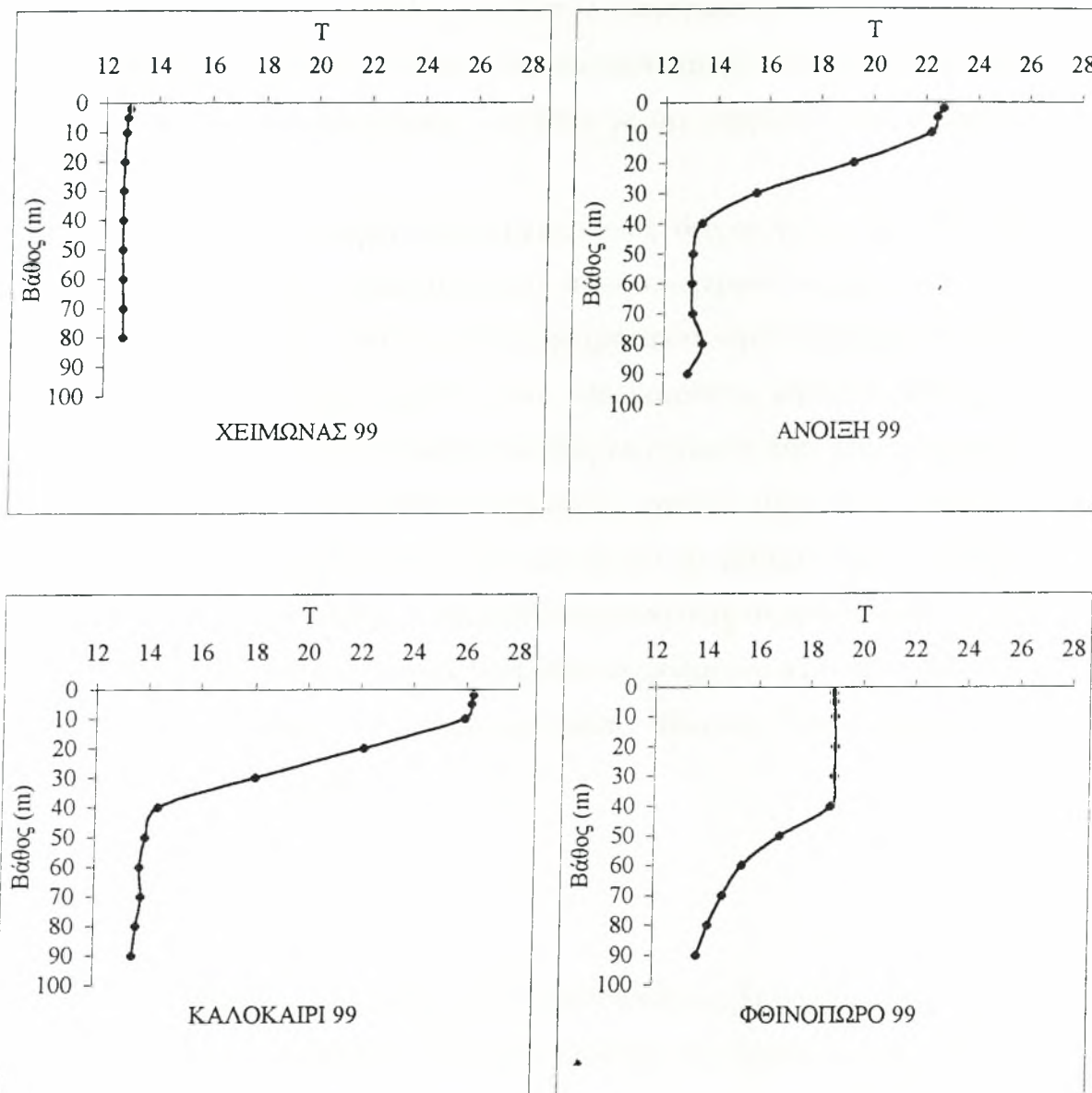
Σχήμα 2. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής θερμοκρασίας T(°C) στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-εσωτερικός κόλπος



Σχήμα 2. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής θερμοκρασίας T(°C) στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-περιοχή αποχετευτικού αγωγού



Σχήμα 2. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής θερμοκρασίας T(°C) στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-διάυλος των Ωρεών



Σχήμα 3. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής θερμοκρασίας στον Παγασητικό

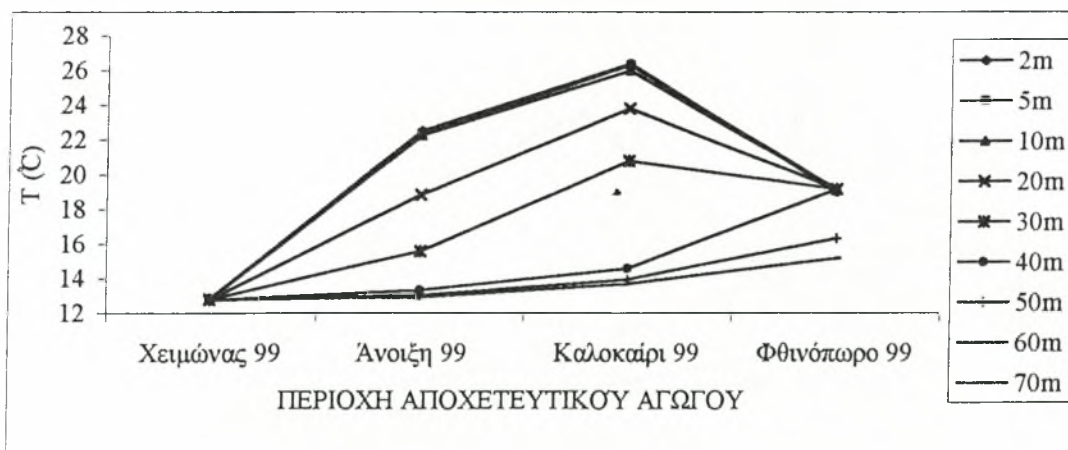
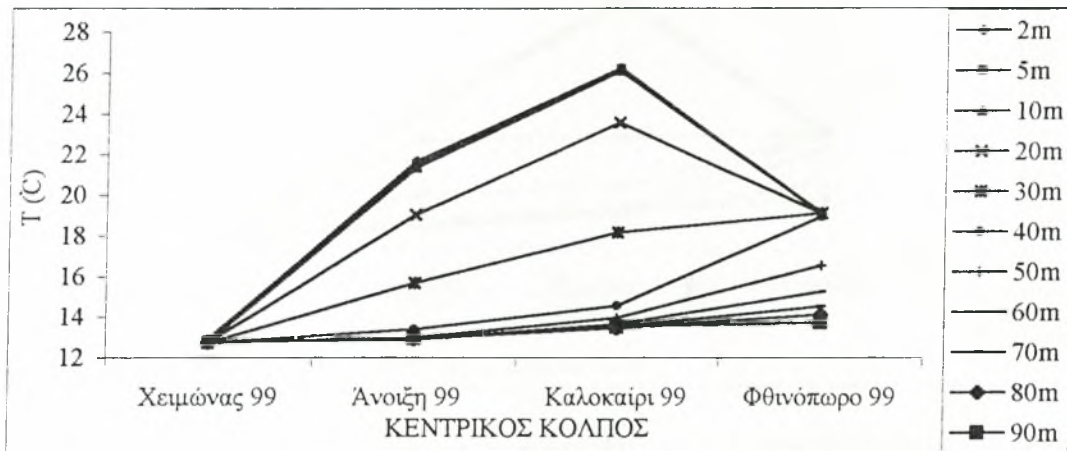
Οι εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας εμφανίζονται εντονότερες στο επιφανειακό στρώμα των επιμέρους περιοχών του κόλπου και συγκεκριμένα στα ανώτερα 10m της υδάτινης στήλης, ενώ αυτή η εποχικότητα παρατηρείται -λιγότερο έντονη- μέχρι το βάθος των 30m. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι στα βαθύτερα στρώματα (>40m) η θερμοκρασία αυξάνεται καθώς περνάμε από το καλοκαίρι στο φθινόπωρο, αντίθετα με ότι συμβαίνει στα ανώτερα στρώματα. (Σχ. 4-5).

Οι επιφανειακές κατανομές της θερμοκρασίας δείχνουν ότι το χειμώνα μεγαλύτερη θερμοκρασία παρατηρείται στον εσωτερικό κόλπο, ενώ την άνοιξη και το καλοκαίρι μια «γλώσσα» ψυχρότερου νερού εμφανίζεται στο εξωτερικό τμήμα του. Συγκεκριμένα, τους καλοκαιρινούς μήνες σημειώνεται βαθμιαία ελάττωση της θερμοκρασίας καθώς κινούμαστε από τον εσωτερικό στον εξωτερικό κόλπο. Το φθινόπωρο μικρές σχετικά τιμές θερμοκρασίας παρατηρούνται στον εξωτερικό κόλπο και ακόμα μικρότερες στην περιοχή του διαύλου των Ωρεών, εξαιτίας της επίδρασης που δέχεται από τα ύδατα του Αιγαίου Πελάγους. Επίσης, μικρές θερμοκρασίες σημειώνονται στον δυτικό (περιοχή Αλμυρού) και τον εσωτερικό κόλπο πιθανόν λόγω αυξημένων χερσαίων απορροών (Σχ. 6).

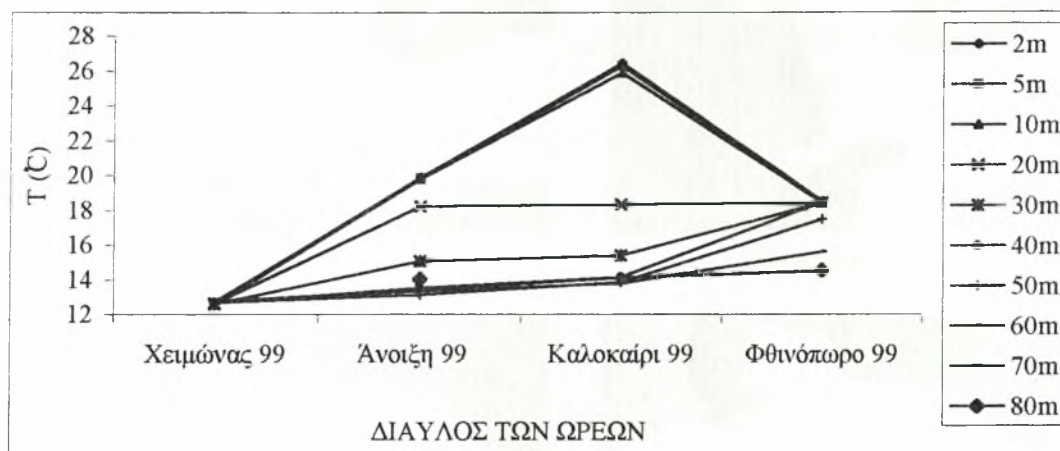
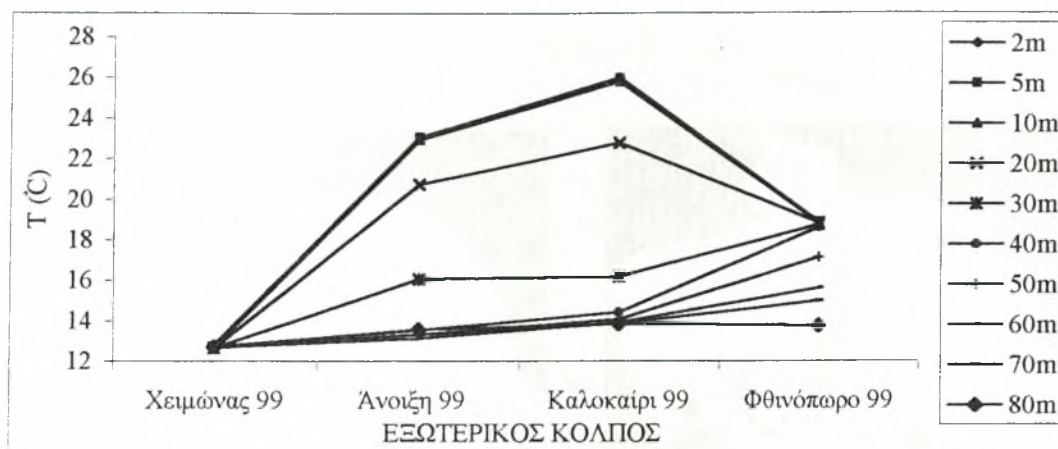
## ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Στην περιοχή μελέτης η μέγιστη τιμή της αλατότητας (S) παρατηρείται την άνοιξη του '99 στο πολύ βαθύ στρώμα του διαύλου των Ωρεών (38,425) και η ελάχιστη το φθινόπωρο στο επιφανειακό στρώμα της ίδιας περιοχής (35,8). Οι μικρότερες τιμές αλατότητας παρατηρούνται στον εσωτερικό Παγασητικό, σε αντίθεση με τη θερμοκρασία, πιθανών λόγω ύπαρξης χερσαίων απορροών που δέχεται (Πιν. 6-10).

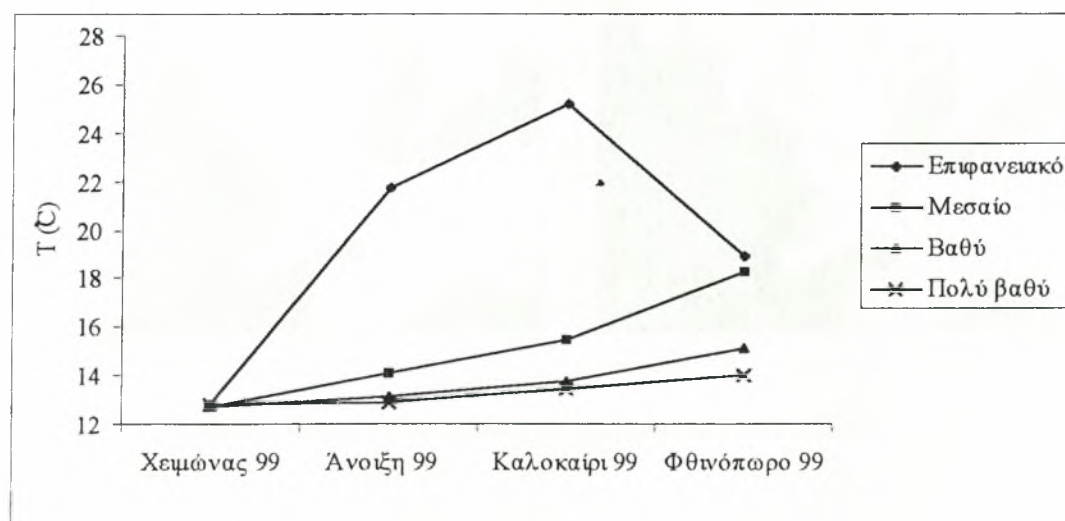
Η αλατότητα αυξάνεται με το βάθος και εκτός από το χειμώνα -οπότε παρουσιάζει μικρό εύρος τιμών στην υδάτινη στήλη- είναι εμφανής η ύπαρξη αλοκλινούς την άνοιξη και το καλοκαίρι σε βάθος 20-40m, ενώ το φθινόπωρο



Σχήμα 4. Δημιουργία και καταστροφή εποχιακού θερμοκλινούς στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού

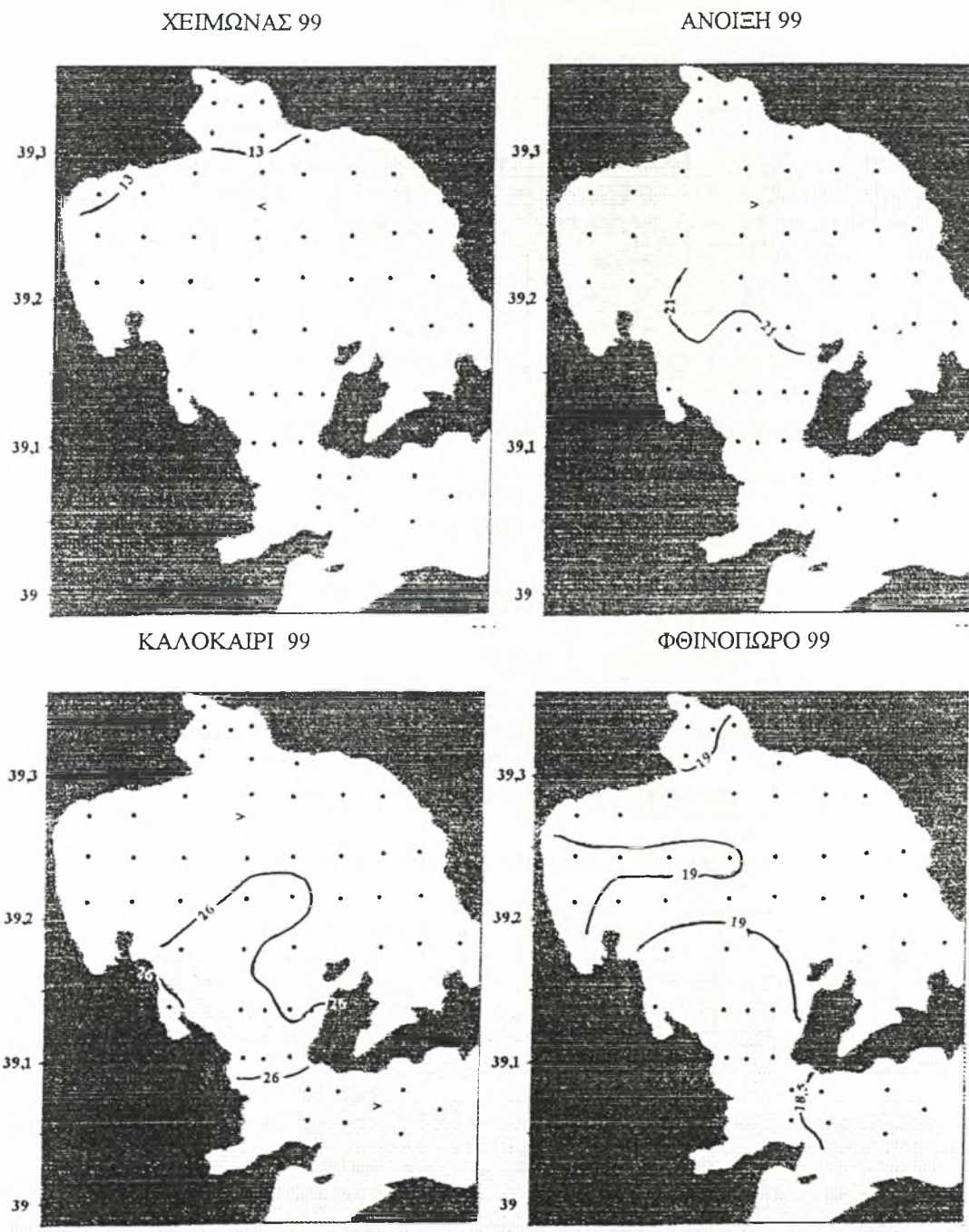


Σχήμα 4. Δημιουργία και καταστροφή εποχιακού θερμοκλινούς στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού (συνέχεια)



Σχήμα 5. Εποχιακή μεταβολή των μέσων τιμών θερμοκρασίας στα επιμέρους βάθη του Παγασητικού





Σχήμα 6. Επιφανειακή κατανομή της θερμοκρασίας T (°C)

Πίνακας 6. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της αλατότητας S στον κεντρικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα     | Μεσαίο στρώμα          | Βαθύ στρώμα            | Πολύ βαθύ στρώμα       | Υδάτινη στήλη |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 37,876<br>37,17-38,055 | 37,97<br>37,57-38,049  | 38,011<br>37,85-38,064 | 38,029<br>37,916-38,05 | 37,971        |
| Άνοιξη 99    | 36,848<br>35,95-38,185 | 37,691<br>36,833-38,04 | 37,971<br>37,907-38,14 | 38,039<br>37,956-38,27 | 37,637        |
| Καλοκαίρι 99 | 36,225<br>35,038-39,1  | 37,636<br>35,09-38,205 | 38,089<br>37,985-38,25 | 38,173<br>38,084-38,3  | 37,53         |
| Φθινόπωρο 99 | 35,938<br>35,246-36,07 | 36,501<br>35,795-37,97 | 38,068<br>37,95-38,182 | 38,149<br>38,13-38,171 | 37,164        |

Πίνακας 7. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της αλατότητας S στον εξωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα      | Μεσαίο στρώμα           | Βαθύ στρώμα             | Υδάτινη στήλη |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 37,756<br>37,187-38,005 | 37,937<br>37,627-38,009 | 38,011<br>37,977-38,034 | 37,901        |
| Άνοιξη 99    | 36,467<br>35,983-37,301 | 37,66<br>37,176-38,166  | 38,111<br>37,935-38,287 | 37,412        |
| Καλοκαίρι 99 | 36,173<br>35,184-36,989 | 37,884<br>37,153-38,236 | 38,212<br>38,008-38,385 | 37,423        |
| Φθινόπωρο 99 | 35,855<br>35,795-35,965 | 36,555<br>35,79-38,096  | 38,057<br>37,66-38,191  | 36,822        |

Πίνακας 8. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της αλατότητας S στον εσωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα      | Πυθμενικό στρώμα        | Υδάτινη στήλη |
|--------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 37,81<br>37,06-38,037   | 37,977<br>37,924-38,031 | 37,893        |
| Άνοιξη 99    | 36,438<br>35,954-36,953 | 37,295<br>37,241-37,349 | 36,866        |
| Καλοκαίρι 99 | 36,142<br>34,119-36,915 | 36,955<br>36,134-37,66  | 36,548        |
| Φθινόπωρο 99 | 35,864<br>35,595-35,964 | 35,938                  | 35,901        |

Πίνακας 9. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της αλατότητας S στην περιοχή του αγωγού

|              | Επιφανειακό<br>στρώμα   | Μεσαίο<br>στρώμα        | Βαθύ<br>στρώμα          | Υδάτινη<br>στήλη |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| Χειμώνας 99  | 37,89<br>37,781-38,017  | 37,99<br>37,909-38,03   | 37,99<br>37,954-38,027  | 37,956           |
| Άνοιξη 99    | 36,759<br>36,226-37,214 | 37,654<br>37,27-37,93   | 38,006<br>38,004-38,009 | 37,473           |
| Καλοκαίρι 99 | 36,174<br>35,498-37,027 | 37,325<br>35,925-38,04  | 38,067<br>38,054-38,08  | 37,188           |
| Φθινόπωρο 99 | 35,909<br>35,769-35,938 | 36,426<br>35,936-37,805 | 38,022                  | 36,785           |

Πίνακας 10. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της αλατότητας S στην περιοχή του διαύλου των Ωρεών

|              | Επιφανειακό<br>στρώμα  | Μεσαίο<br>στρώμα       | Βαθύ στρώμα            | Πολύ βαθύ<br>στρώμα | Υδάτινη<br>στήλη |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|------------------|
| Χειμώνας 99  | 37,435<br>37,149-37,8  | 37,804<br>37,52-37,953 | 37,967<br>37,91-38,012 |                     | 37,735           |
| Άνοιξη 99    | 36,825<br>35,946-37,24 | 37,945<br>37,308-38,31 | 38,173<br>38,04-38,353 | 38,425              | 37,842           |
| Καλοκαίρι 99 | 36,543<br>36,128-37,32 | 37,941<br>37,49-38,155 | 38,26<br>38,089-38,36  |                     | 37,581           |
| Φθινόπωρο 99 | 35,8<br>35,594-35,98   | 36,512<br>35,81-38,054 | 38,068<br>37,888-38,18 | 38,164              | 37,136           |

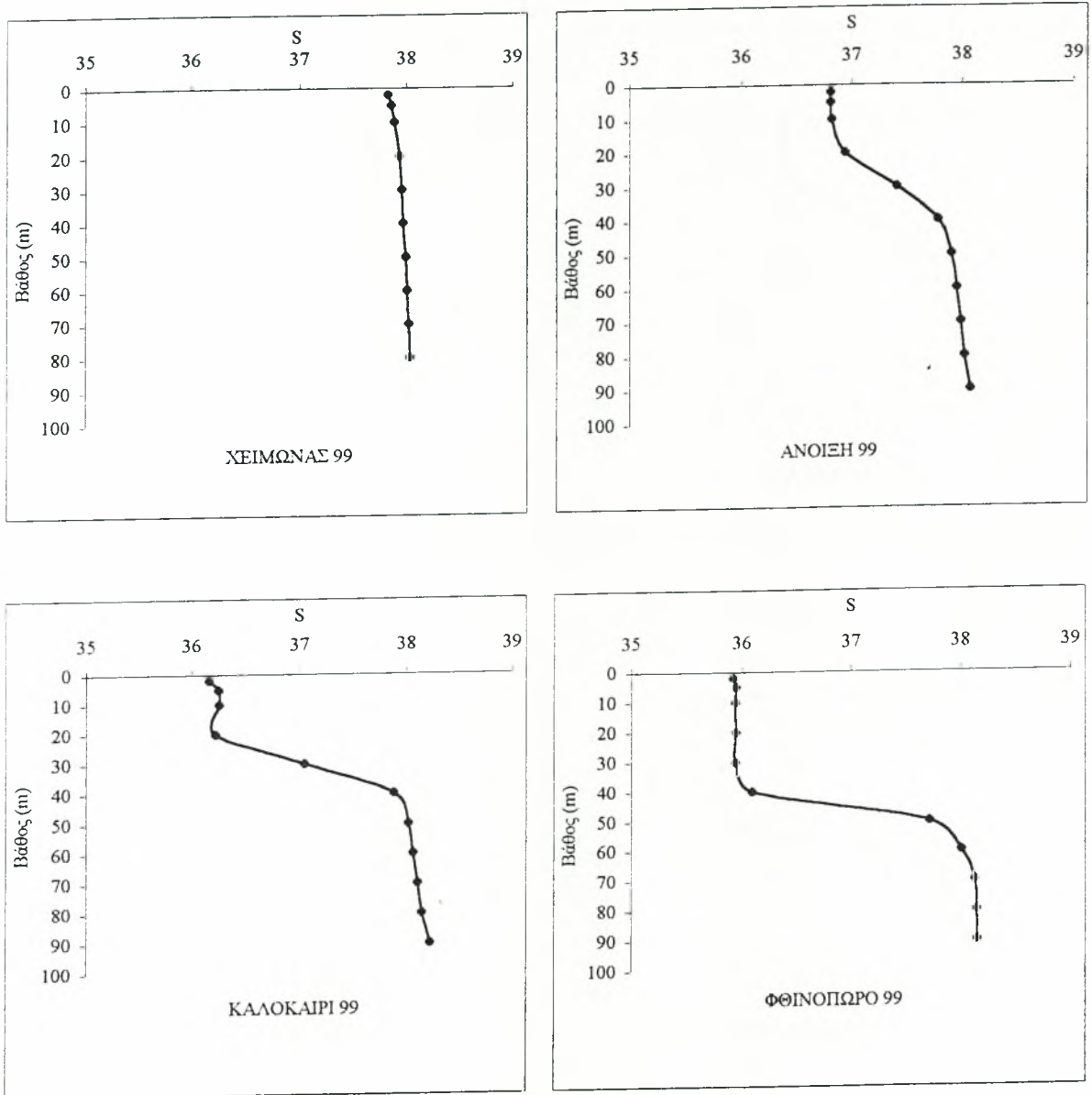
σε βάθος 40-50m. Η στρωμάτωση όσον αφορά την αλατότητα - όπως και τη θερμοκρασία- παρουσιάζεται σταθερότερη το καλοκαίρι (Σχ. 7-8).

Οι εποχιακές μεταβολές της αλατότητας εμφανίζονται εντονότερες στο επιφανειακό και μεσαίο στρώμα των επιμέρους περιοχών του κόλπου και συγκεκριμένα μέχρι το βάθος των 40m. Επίσης, αντίθετα με ότι συμβαίνει στα ανώτερα στρώματα, στα βαθύτερα η αλατότητα μειώνεται καθώς περνάμε από το καλοκαίρι στο φθινόπωρο (Σχ. 9-10).

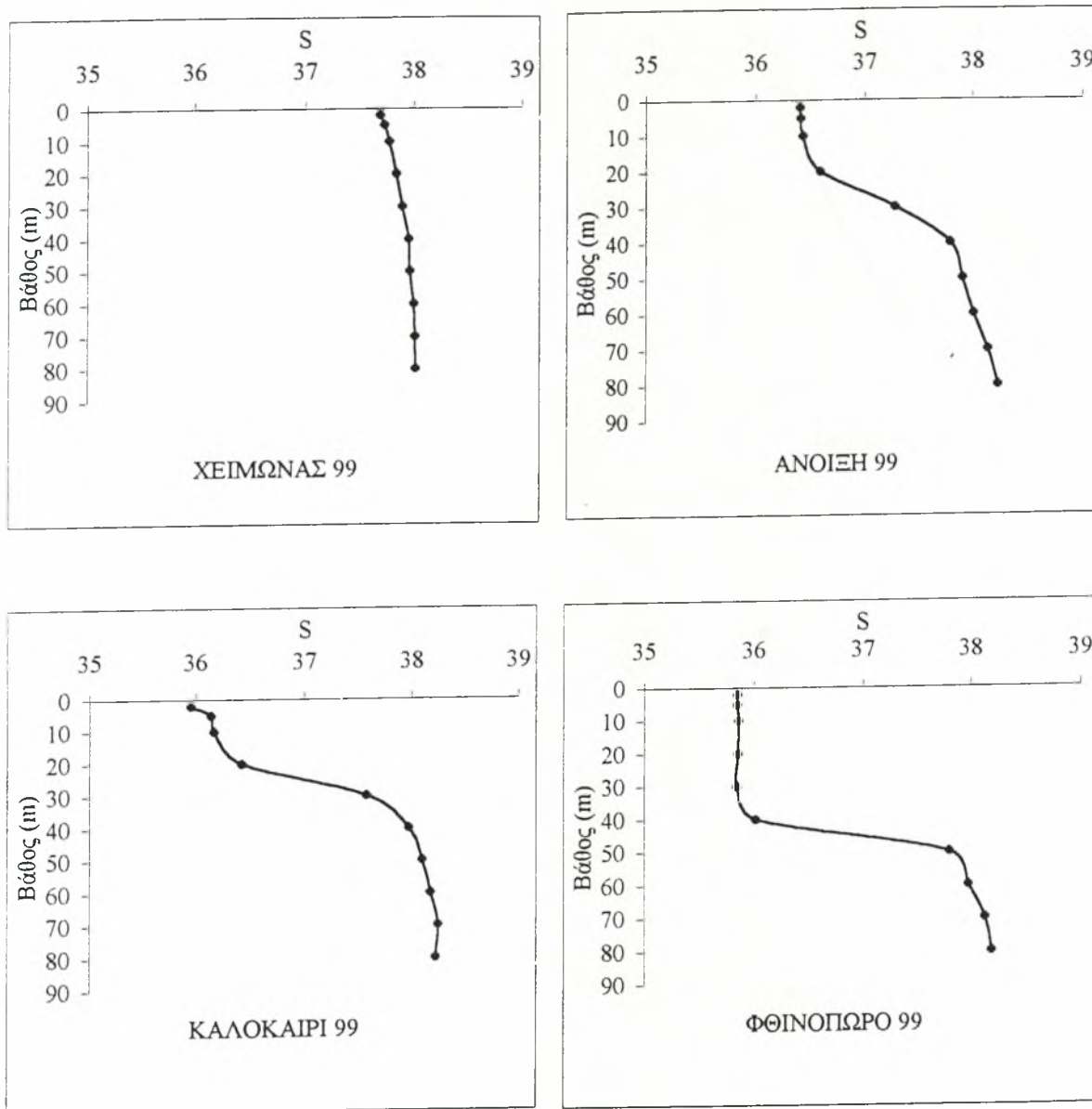
Οι επιφανειακές κατανομές της αλατότητας δείχνουν ότι το χειμώνα και την άνοιξη οι μικρότερες τιμές της παρατηρούνται στον διάυλο των Ωρεών, λόγω της επίδρασης των χαμηλής αλατότητας υδάτων από το Αιγαίο Πέλαγος. Πρέπει δε να αναφερθεί ότι μέχρι το ύψος του διαύλου των Ωρεών και του βόρειου Ευβοϊκού παρατηρείται επίδραση του ιδιαίτερα χαμηλής επιφανειακής αλατότητας Νερού της Μαύρης Θάλασσας (BSW), που εισέρχεται στο Αιγαίο μέσω του Βοσπόρου και των στενών των Δαρδανελίων (Stergiou *et al.*, 1997). Το καλοκαίρι μια «γλώσσα» μειωμένης αλατότητας εμφανίζεται στον εξωτερικό κόλπο και εκτείνεται μέχρι ένα σημείο στον κεντρικό. Επίσης μικρές τιμές αλατότητας σημειώνονται και στον εσωτερικό κόλπο, ιδιαίτερα στη περιοχή του Βόλου, εξαιτίας των χερσαίων απορροών. Το φθινόπωρο του σχεδόν σε όλη την έκταση της επιφάνειας του κόλπου η αλατότητα κυμαίνεται από 35,5 μέχρι 36 (Σχ. 11).

## ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

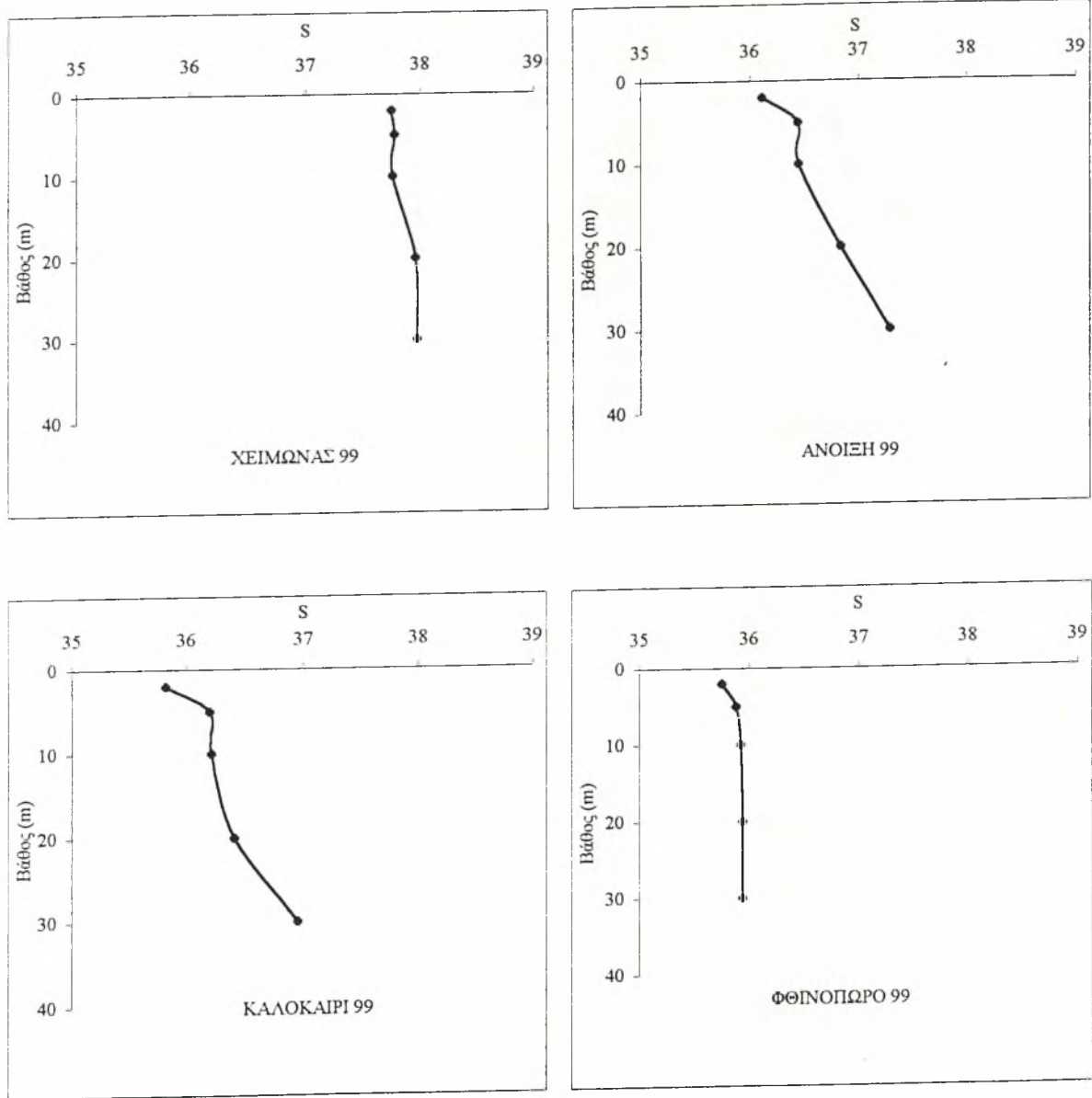
Στην μελετούμενη περιοχή η μέγιστη τιμή της πυκνότητας (στ) παρατηρείται -όπως και της αλατότητας- την άνοιξη του '99 στο πολύ βαθύ στρώμα της περιοχής του διαύλου των Ωρεών (28,836) και η ελάχιστη το καλοκαίρι στο επιφανειακό στρώμα της περιοχής του αποχετευτικού αγωγού (23,997). Γενικά οι μικρότερες τιμές πυκνότητας παρατηρούνται στον εσωτερικό κόλπο, ακολουθώντας τη συμπεριφορά της αλατότητας, σε αντίθεση με τη θερμοκρασία (Πιν. 11-15).



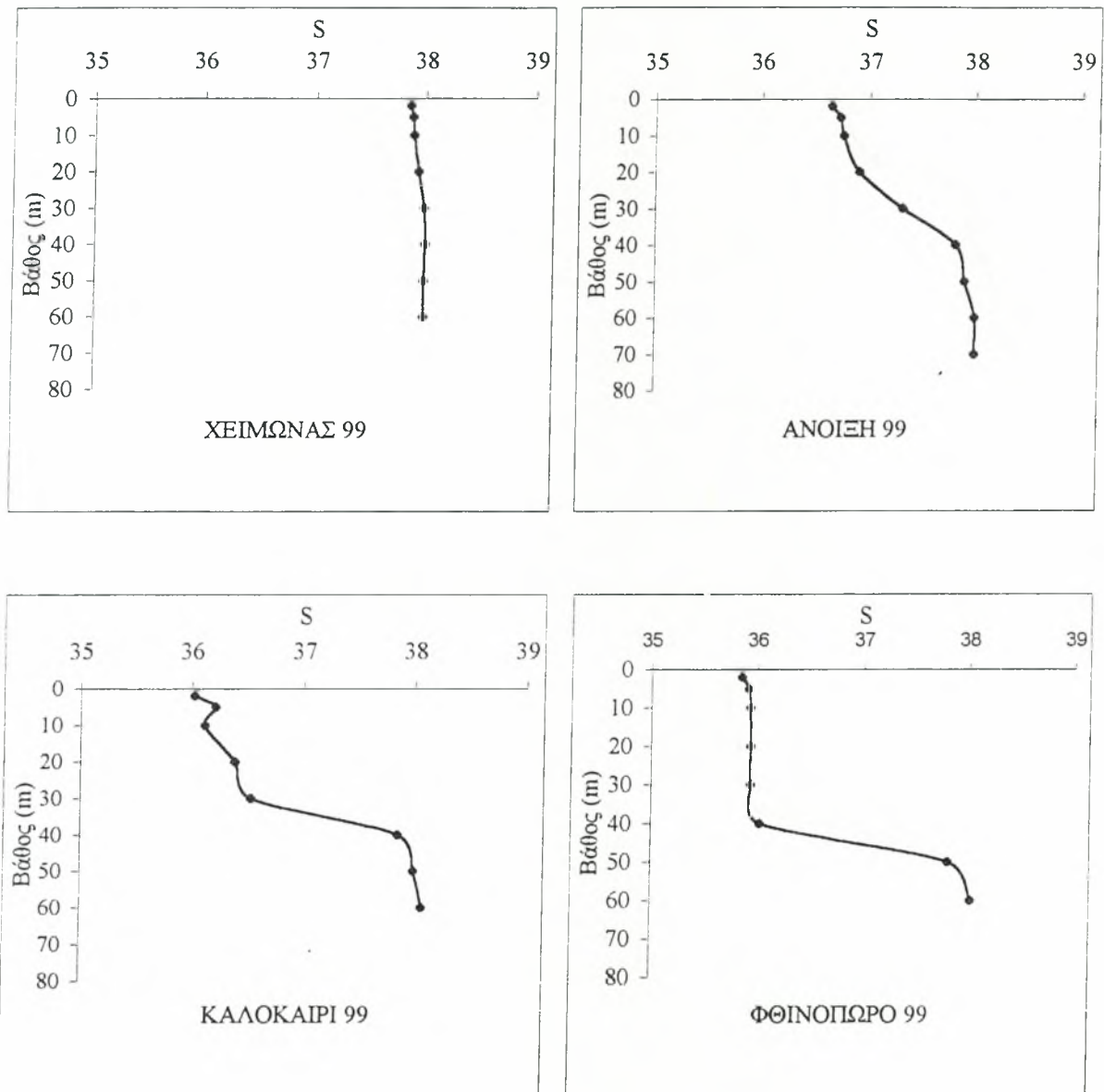
Σχήμα 7. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής αλατότητας S στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-κεντρικός κόλπος



Σχήμα 7. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής αλατότητας S στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-εξωτερικού κόλπου

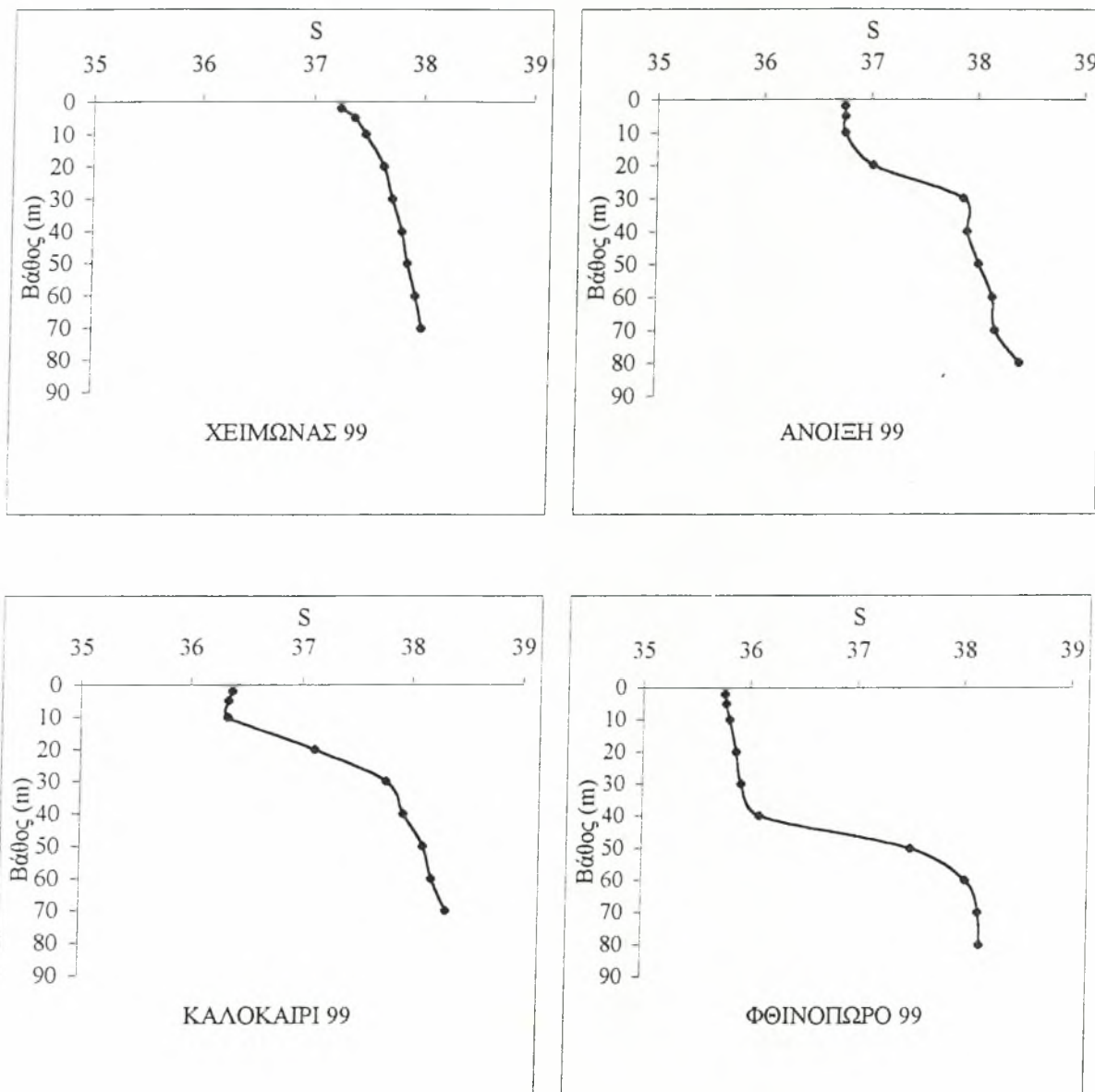


Σχήμα 7. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής αλατιότητας S στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-εσωτερικός κόλπος

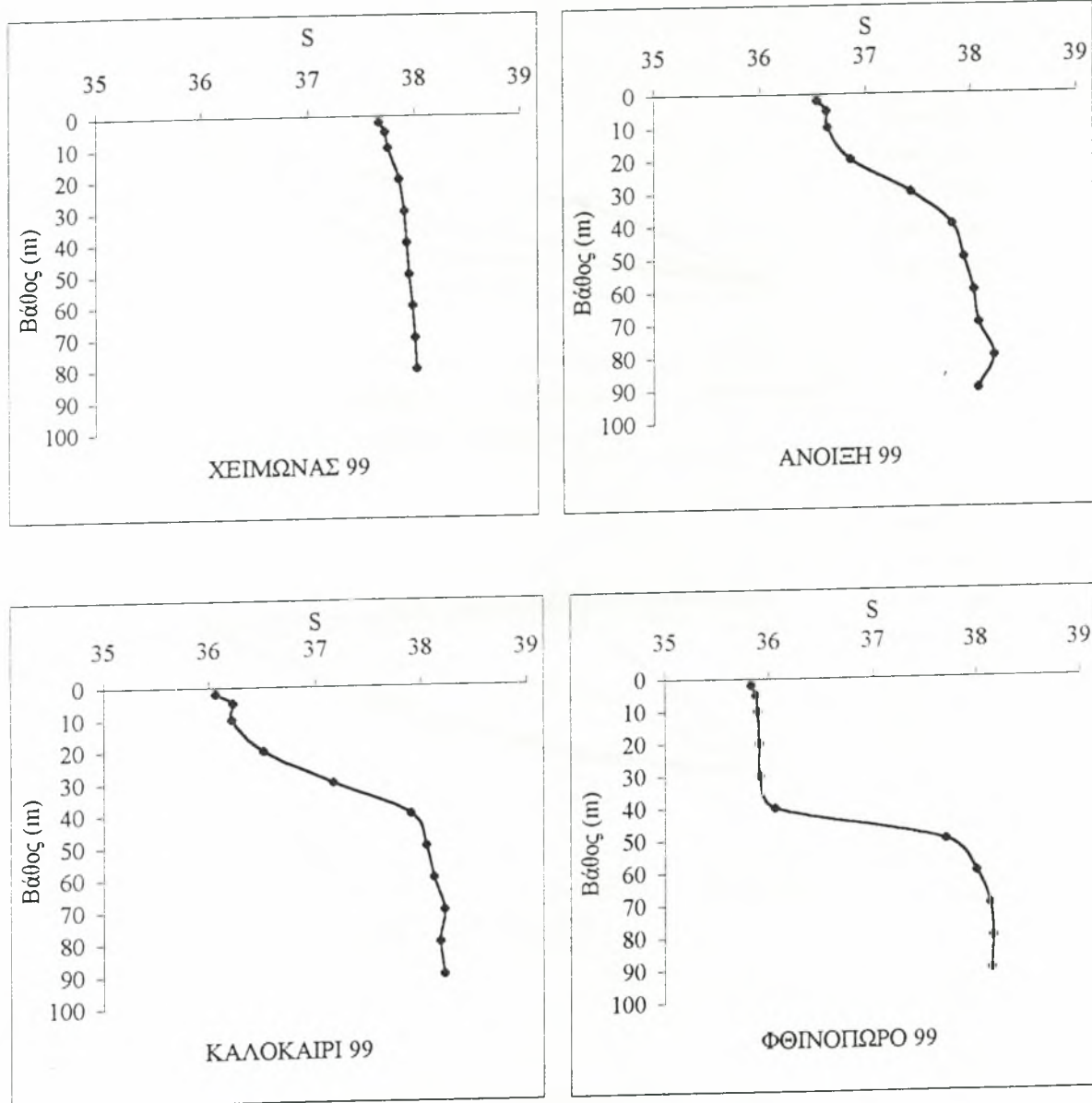


Σχήμα 7. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής αλατότητας S στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-περιοχή αποχετευτικού αγωγού

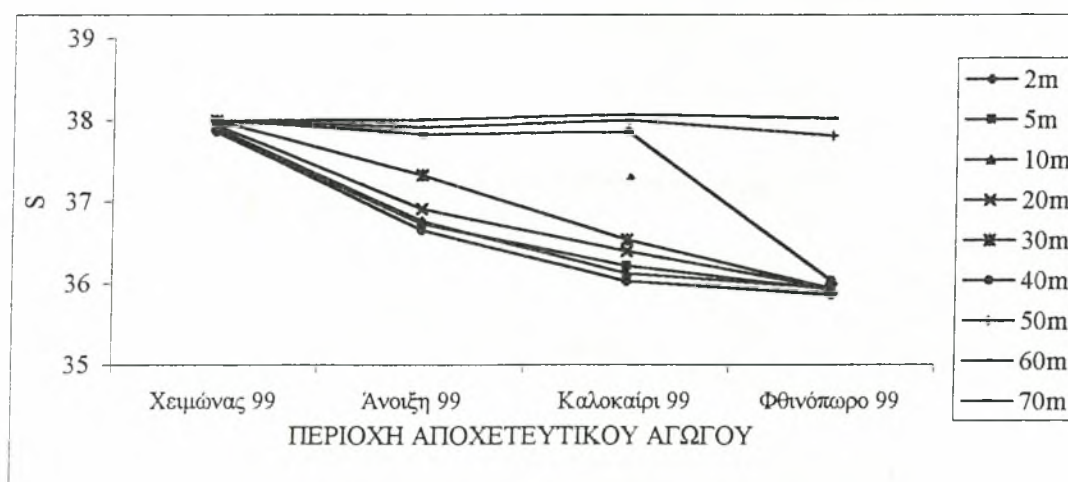
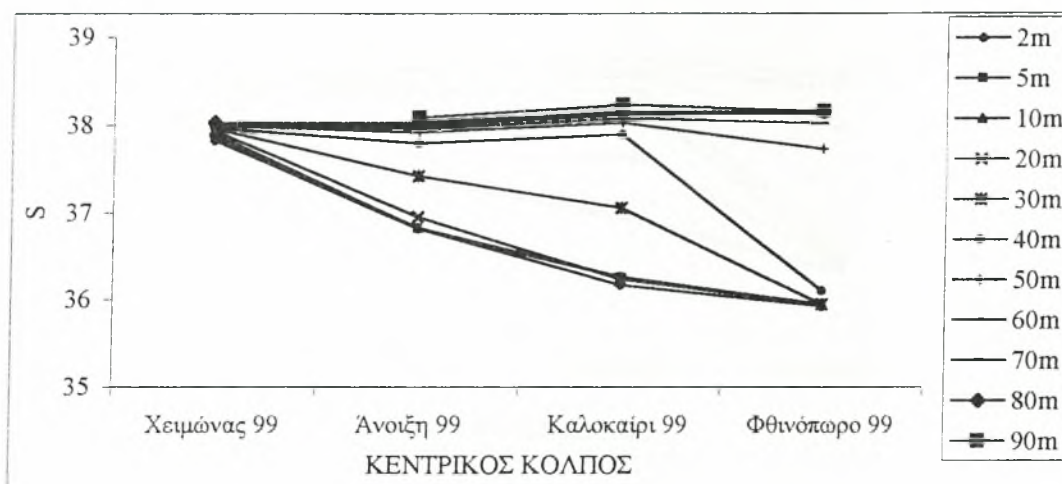
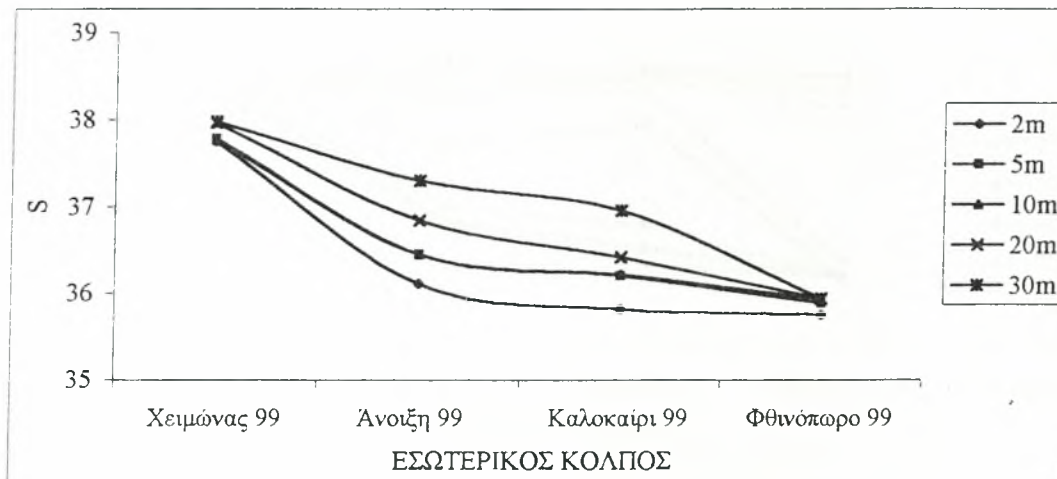




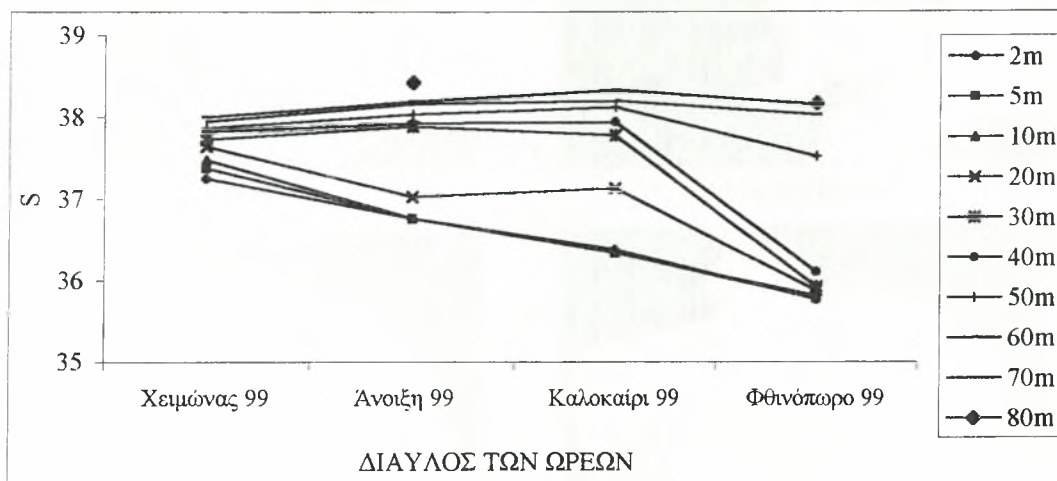
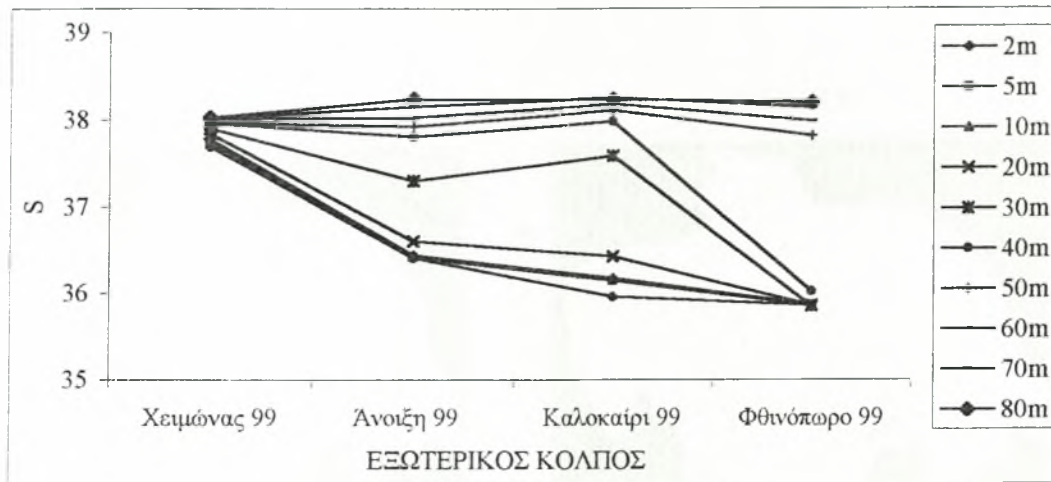
Σχήμα 7. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής αλατιότητας S στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-διαύλου των Ωρεών



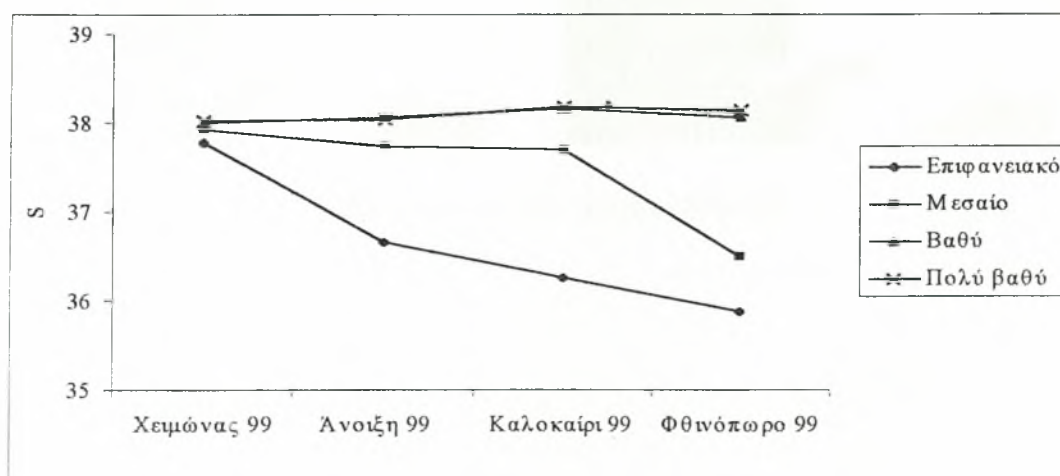
Σχήμα 8. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής αλατότητας στον Παγασητικό



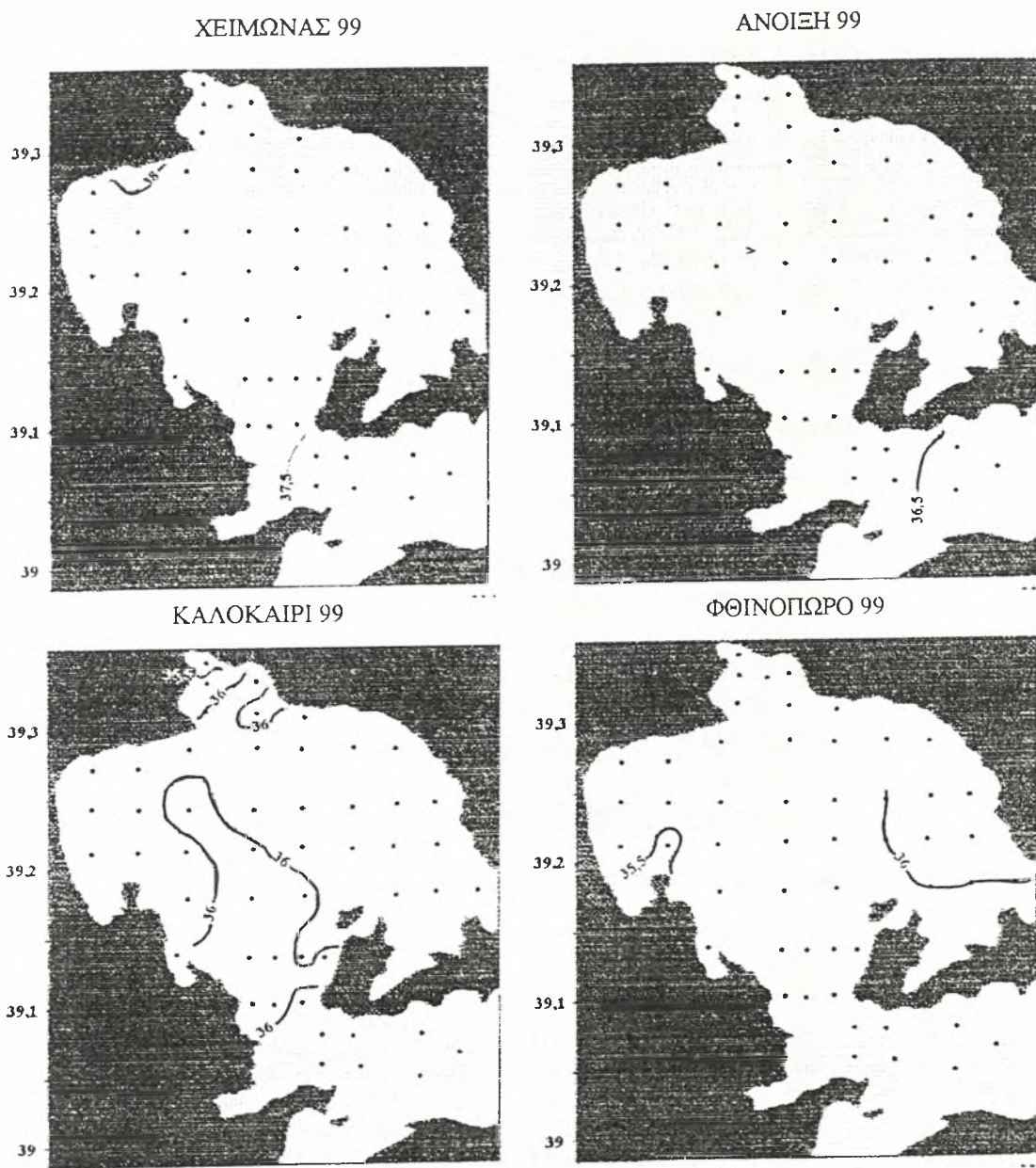
Σχήμα 9. Δημιουργία και καταστροφή εποχιακού αλοκλινούς στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



Σχήμα 9. Δημιουργία και καταστροφή εποχιακού αλοκλινούς στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού (συνέχεια)



Σχήμα 10. Εποχιακή μεταβολή των μέσων τιμών αλατότητας στα επιμέρους βάθη του Παγασητικού



Σχήμα 11. Επιφανειακή κατανομή της αλατότητας S

Πίνακας 11. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της πυκνότητας στ στον κεντρικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα     | Μεσαίο στρώμα          | Βαθύ στρώμα            | Πολύ βαθύ στρώμα       | Υδάτινη στήλη |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 28,665<br>28,15-28,83  | 28,759<br>28,454-28,84 | 28,782<br>28,678-28,83 | 28,799<br>28,723-28,98 | 28,751        |
| Άνοιξη 99    | 25,882<br>24,194-28,66 | 28,244<br>26,998-28,77 | 28,72<br>28,66-28,763  | 28,763<br>28,715-28,87 | 27,902        |
| Καλοκαίρι 99 | 24,096<br>23,42-27,148 | 27,805<br>23,703-28,8  | 28,668<br>28,51-28,763 | 28,759<br>28,653-28,85 | 27,332        |
| Φθινόπωρο 99 | 25,72<br>25,66-25,865  | 26,342<br>25,67-28,177 | 28,362<br>28,117-28,54 | 28,627<br>28,565-28,71 | 27,262        |

Πίνακας 12. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της πυκνότητας στ στον εξωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα      | Μεσαίο στρώμα           | Βαθύ στρώμα             | Υδάτινη στήλη |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 28,591<br>28,165-28,792 | 28,745<br>28,522-28,804 | 28,794<br>28,772-28,805 | 28,71         |
| Άνοιξη 99    | 25,184<br>24,366-27,289 | 28,169<br>27,31-28,802  | 28,752<br>28,695-28,801 | 27,368        |
| Καλοκαίρι 99 | 24,171<br>23,37-26,785  | 28,219<br>26,774-28,784 | 28,701<br>28,457-28,853 | 27,03         |
| Φθινόπωρο 99 | 25,72<br>25,673-25,771  | 26,426<br>25,663-27,794 | 28,335<br>28,04-28,711  | 26,827        |

Πίνακας 13. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της πυκνότητας στ στον εσωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα      | Πυθμενικό στρώμα        | Υδάτινη στήλη |
|--------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 28,587<br>28,057-28,784 | 28,75<br>28,712-28,788  | 28,668        |
| Άνοιξη 99    | 24,605<br>23,691-26,411 | 27,667<br>27,626-27,708 | 26,136        |
| Καλοκαίρι 99 | 24,049<br>22,595-26,598 | 26,215<br>24,112-28,139 | 25,132        |
| Φθινόπωρο 99 | 25,665<br>25,518-25,728 | 25,681                  | 25,673        |

Πίνακας 14. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της πυκνότητας στ στην περιοχή του αγωγού

|              | Επιφανειακό στρώμα      | Μεσαίο στρώμα           | Βαθύ στρώμα             | Υδάτινη στήλη |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 28,677<br>28,534-28,783 | 28,762<br>28,698-28,793 | 28,765<br>28,734-28,797 | 28,734        |
| Άνοιξη 99    | 25,656<br>24,168-27,189 | 28,223<br>27,492-28,665 | 28,747<br>28,731-28,763 | 27,542        |
| Καλοκαίρι 99 | 23,997<br>23,577-26,395 | 27,214<br>23,93-28,672  | 28,634<br>28,567-28,702 | 26,615        |
| Φθινόπωρο 99 | 25,668<br>25,49-25,705  | 26,252<br>25,698-27,84  | 28,27                   | 26,73         |

Πίνακας 15. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της πυκνότητας στ στην περιοχή του διαύλου των Ωρεών

|              | Επιφανειακό στρώμα     | Μεσαίο στρώμα          | Βαθύ στρώμα            | Πολύ βαθύ στρώμα | Υδάτινη στήλη |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 28,358<br>28,078-28,64 | 28,646<br>28,44-28,748 | 28,753<br>28,716-28,78 |                  | 28,585        |
| Άνοιξη 99    | 26,264<br>24,21-27,325 | 28,487<br>27,293-28,81 | 28,777<br>28,735-28,82 | 28,836           | 28,091        |
| Καλοκαίρι 99 | 24,675<br>23,64-27,022 | 28,363<br>27,73-28,636 | 28,726<br>28,67-28,758 |                  | 27,254        |
| Φθινόπωρο 99 | 25,773<br>25,674-25,9  | 26,402<br>25,782-27,68 | 28,288<br>27,967-28,59 | 28,521           | 27,246        |

Η πυκνότητα αυξάνεται με το βάθος και εκτός από το χειμώνα –οπότε παρουσιάζει μικρό εύρος τιμών στην υδάτινη στήλη- είναι εμφανής η ύπαρξη πυκνοκλινούς· την άνοιξη και το καλοκαίρι σε βάθος 10-40m, ενώ το φθινόπωρο σε βάθος 40-50m. Η στρωμάτωση της υδάτινης στήλης –όπως ορίζεται από την πυκνότητα- παρουσιάζεται σταθερότερη το καλοκαίρι (Σχ. 12-13).

Οι εποχιακές μεταβολές της πυκνότητας –όπως και της αλατότητας- εμφανίζονται εντονότερες στο επιφανειακό και μεσαίο στρώμα των επιμέρους περιοχών του κόλπου και συγκεκριμένα μέχρι το βάθος των 40m. Επίσης, αντίθετα με ότι συμβαίνει στα ανώτερα στρώματα στα βαθύτερα η πυκνότητα μειώνεται –όπως και η αλατότητα- καθώς περνάμε από το καλοκαίρι στο φθινόπωρο (Σχ. 14-15).

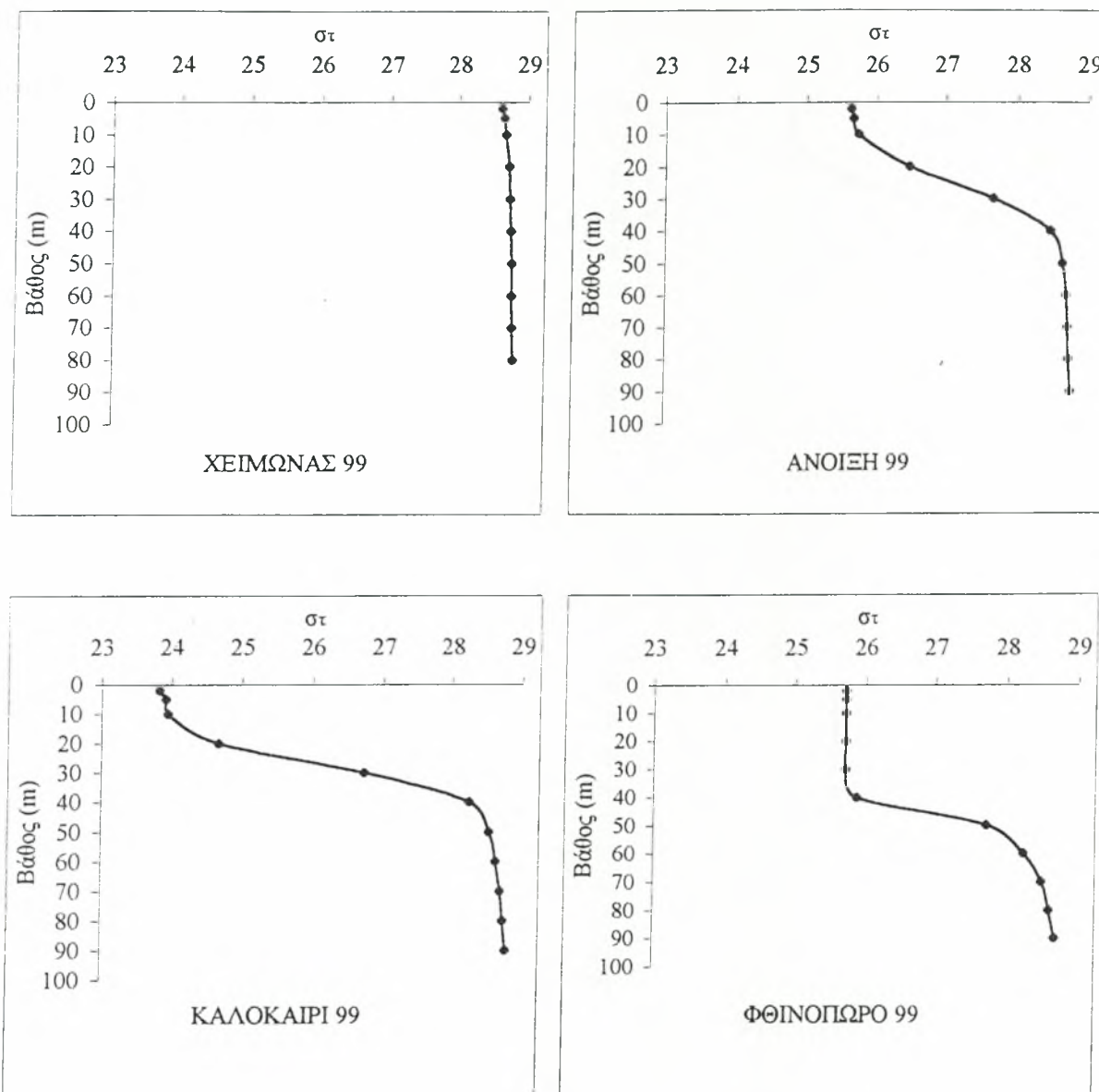
Οι επιφανειακές κατανομές της πυκνότητας δείχνουν ότι το χειμώνα χαμηλές τιμές παρατηρούνται σε ορισμένα σημεία περιμετρικά του κόλπου, ενώ την άνοιξη σε όλη την επιφάνεια του η πυκνότητα είναι 25,5-26. Το καλοκαίρι οι τιμές της πυκνότητας εμφανίζονται μικρότερες στον εσωτερικό κόλπο –πιθανών λόγω χερσαίων απορροών, ενώ το φθινόπωρο κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με την άνοιξη (Σχ. 16).

#### ΘΕΡΜΟΑΛΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

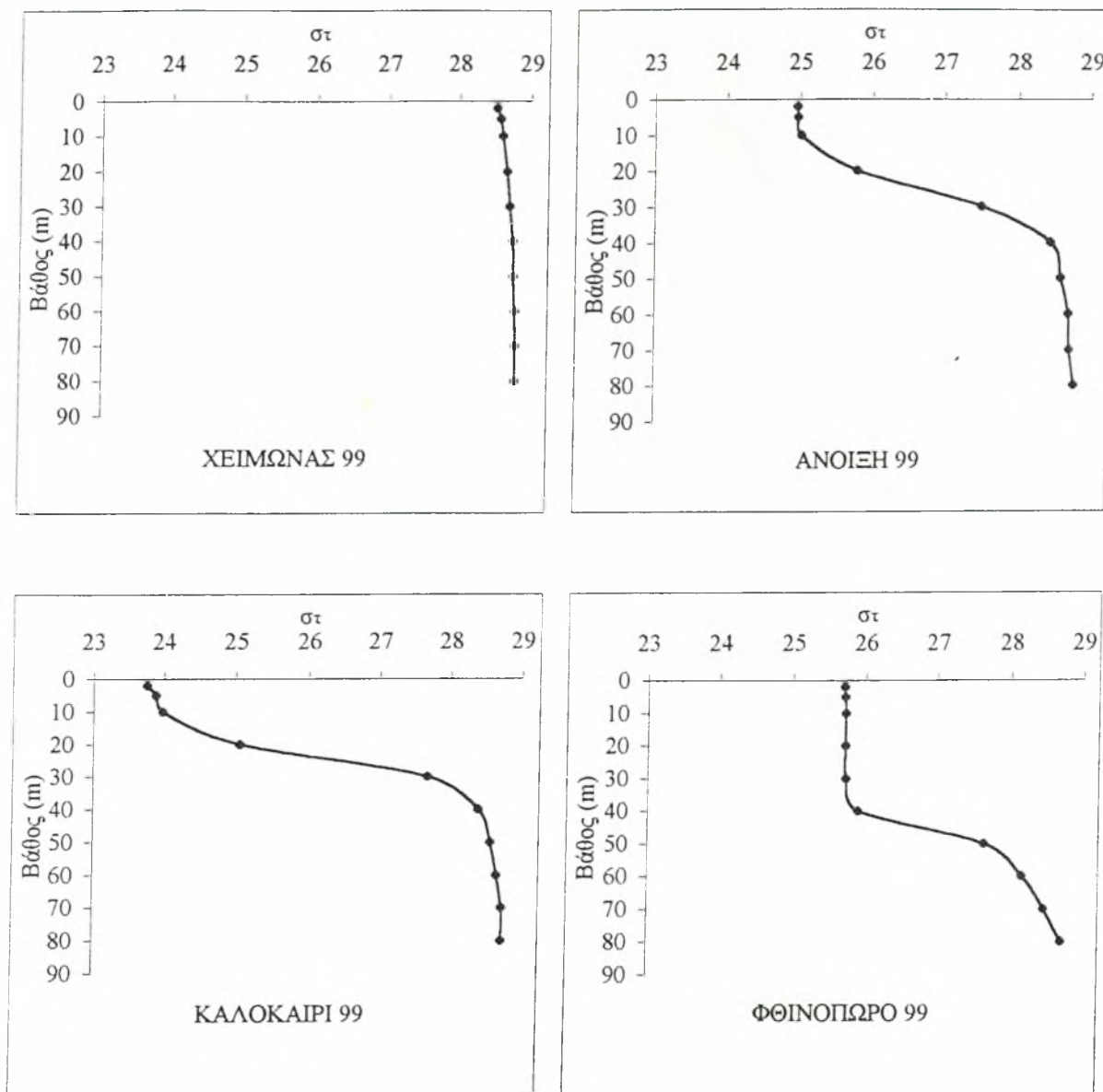
Το χειμώνα του '99 στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού παρατηρείται ο σχηματισμός μιας υδάτινης μάζας, ενώ την άνοιξη και το καλοκαίρι τριών και το φθινόπωρο δύο. Την άνοιξη και το καλοκαίρι διαχωρίζονται εμφανώς τα βάθη των 20 και 30m (Σχ. 17-18).

Στον Παγασητικό εκτός από το χειμώνα –οπότε η υδάτινη στήλη παρουσιάζεται ομογενοποιημένη- τις υπόλοιπες εποχές του έτους παρατηρείται ισχυρή στρωμάτωση, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες οπότε στον κόλπο εμφανίζονται τρεις υδάτινες μάζες. Το κύριο τμήμα του θερμοκλινούς, όπως το αλοκλινές και το πυκνοκλινές, συναντάται στο βάθος των 20-40m.

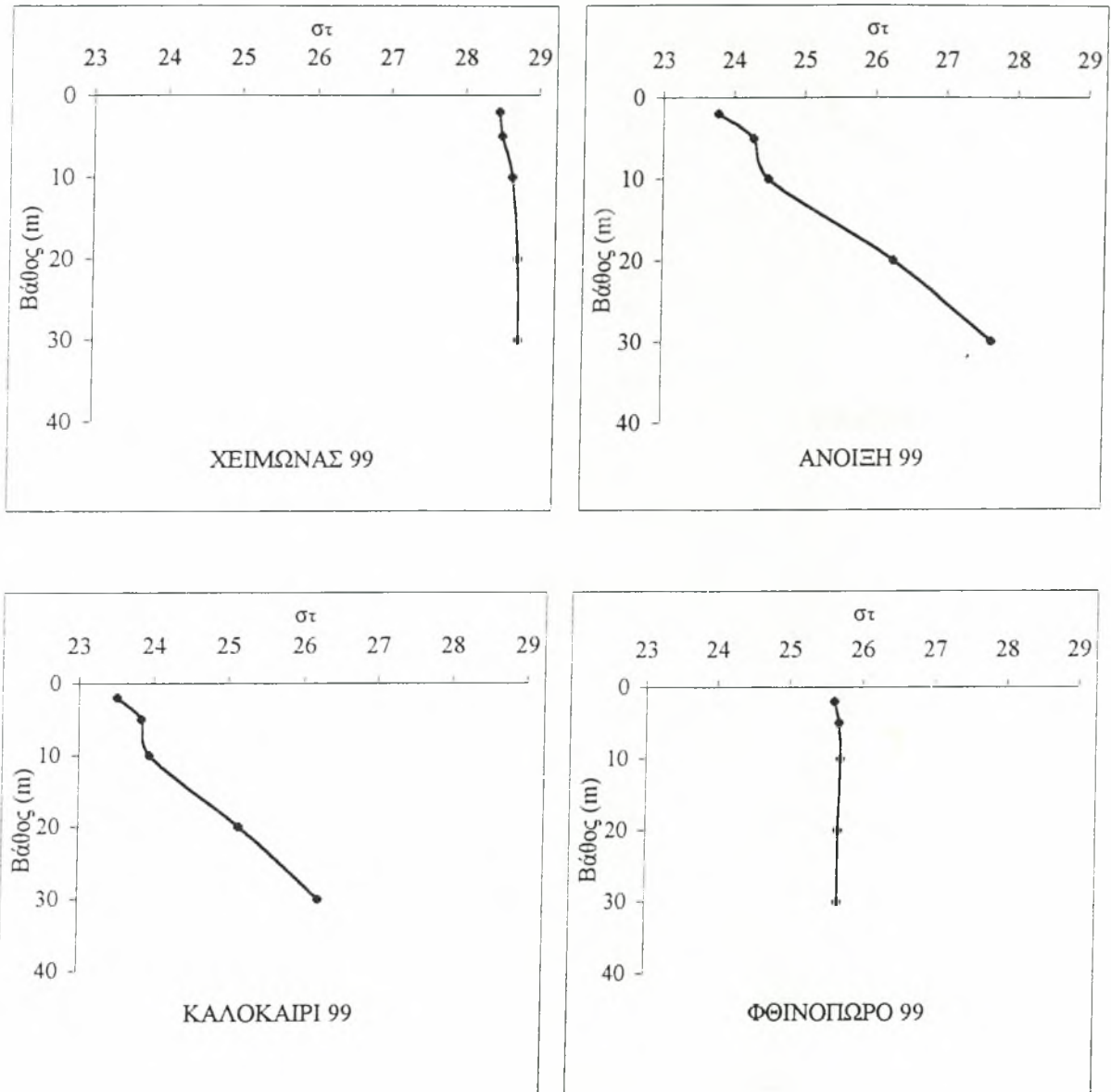




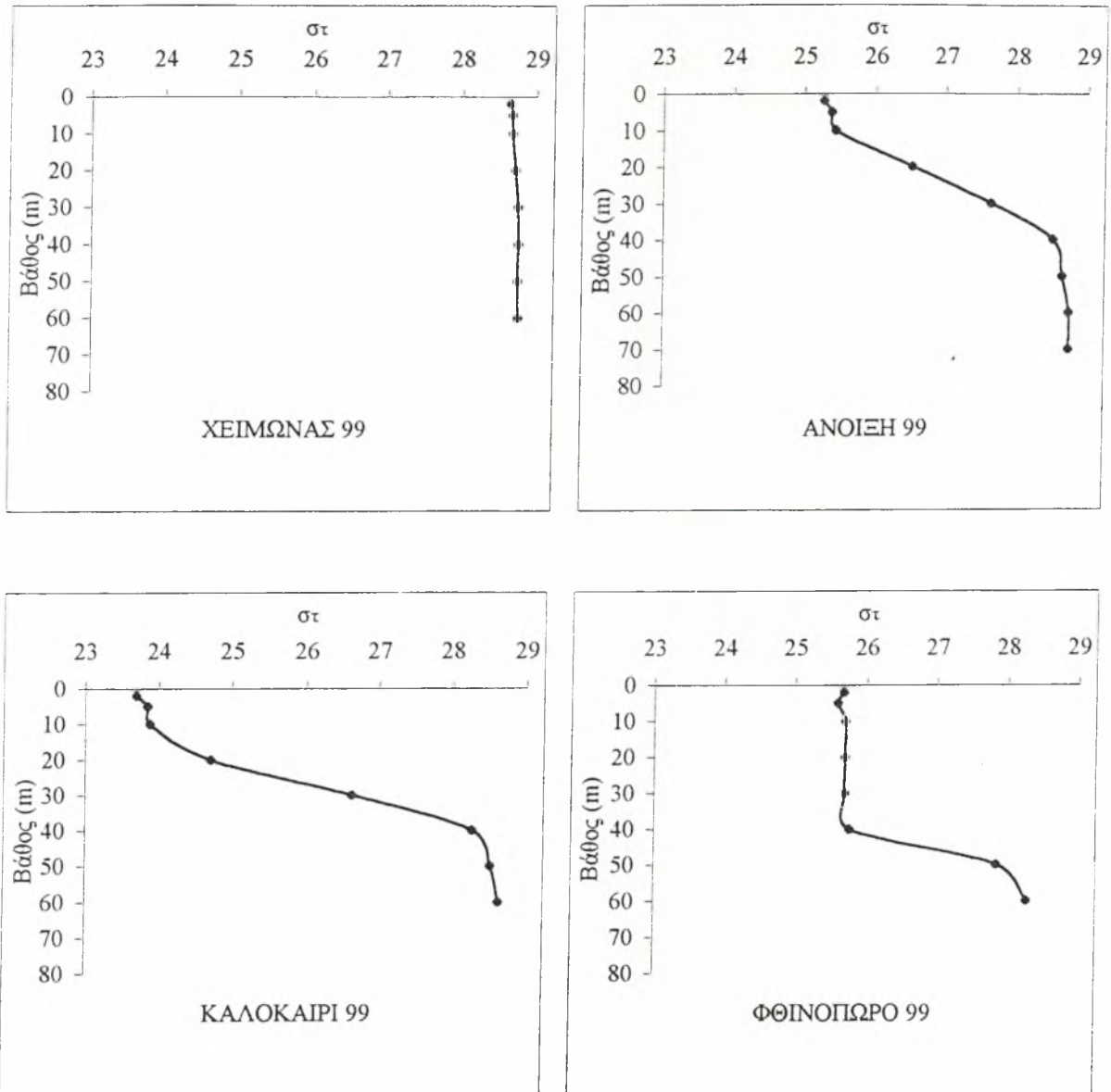
Σχήμα 12. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής πυκνότητας στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-κεντρικός κόλπος



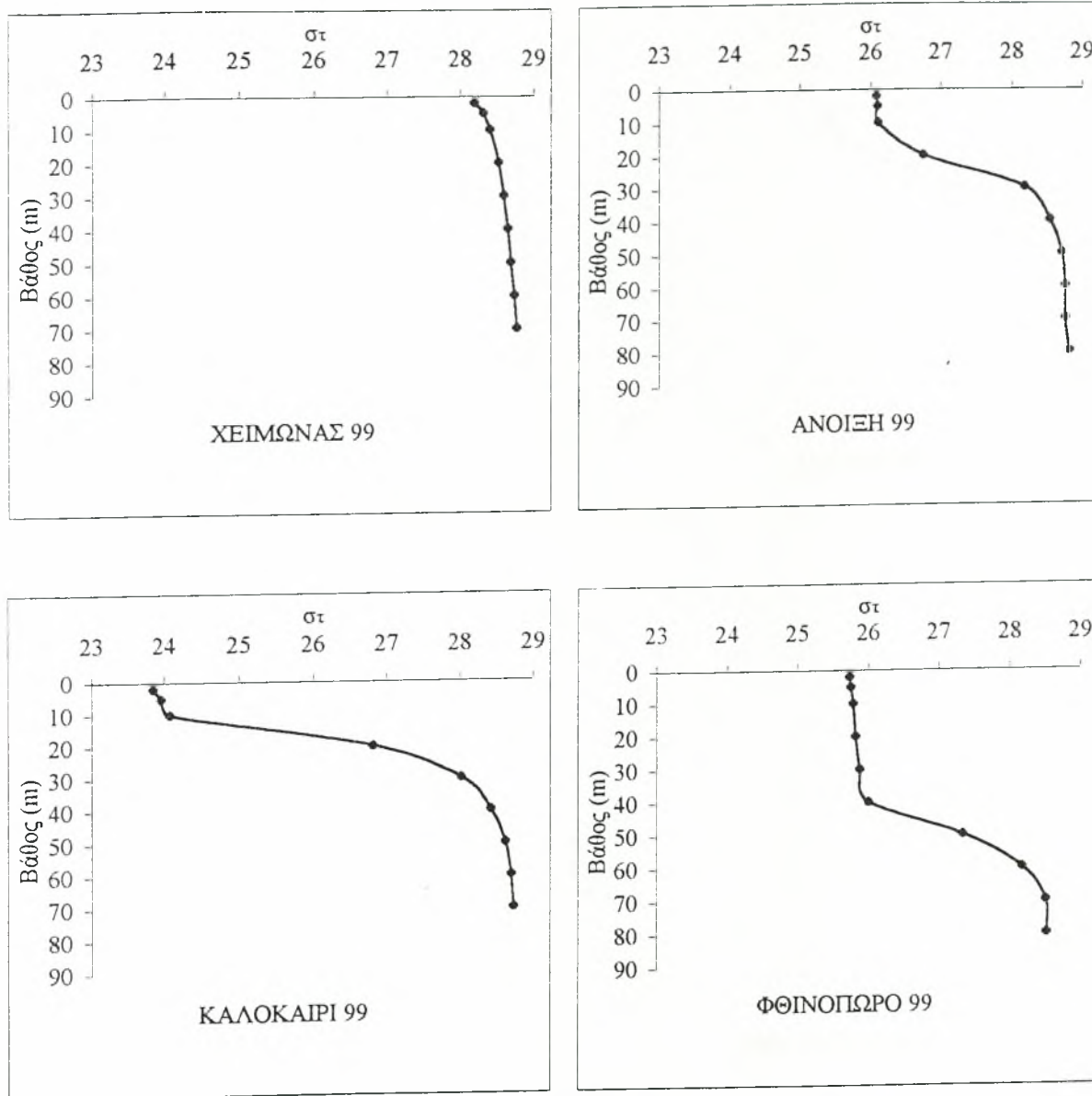
Σχήμα 12. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής πυκνότητας στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-εξωτερικός κόλπος



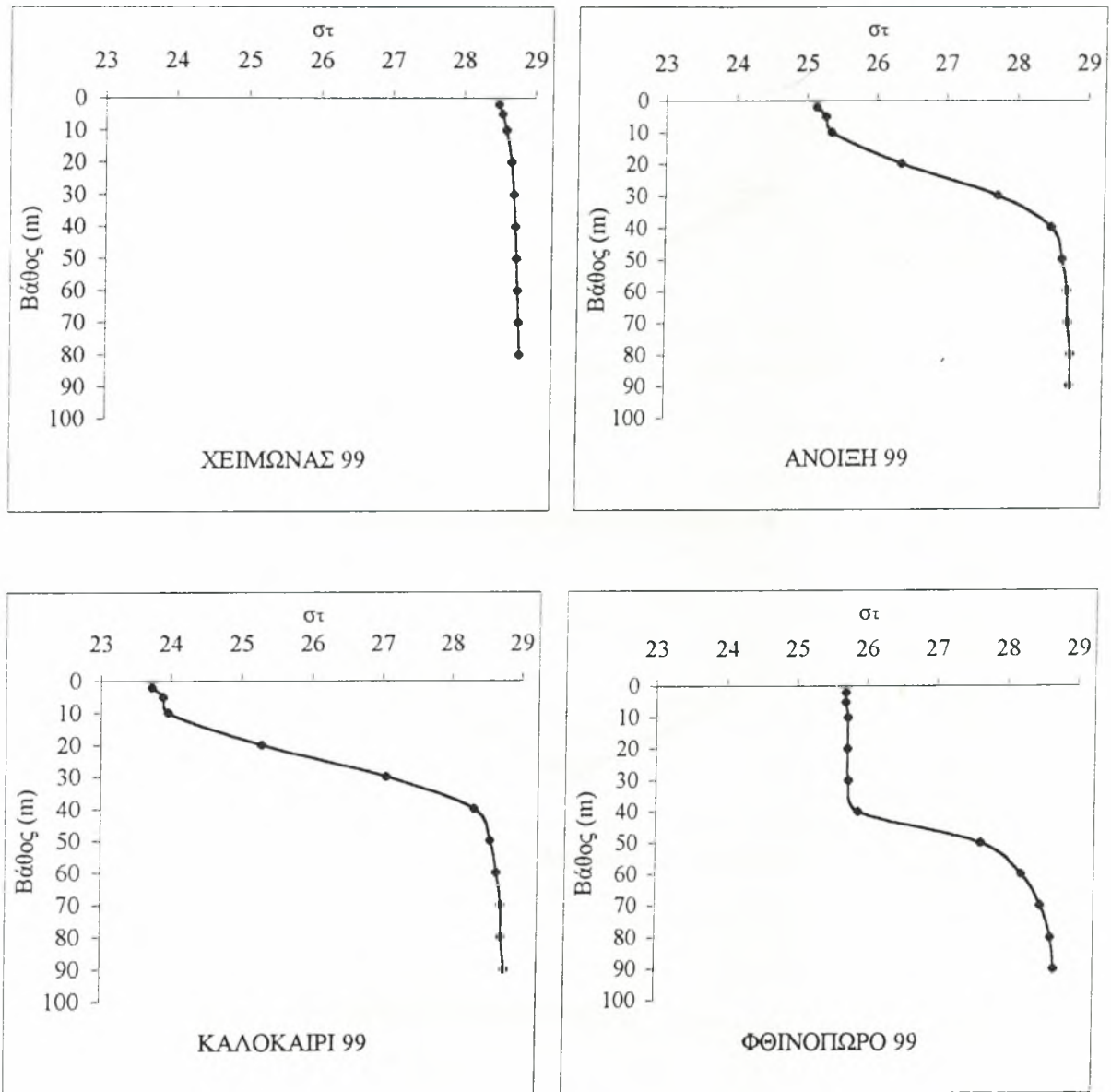
Σχήμα 12. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής πυκνότητας στις επιμέρους περιοχές του Παρασητικού-εσωτερικός κόλπος



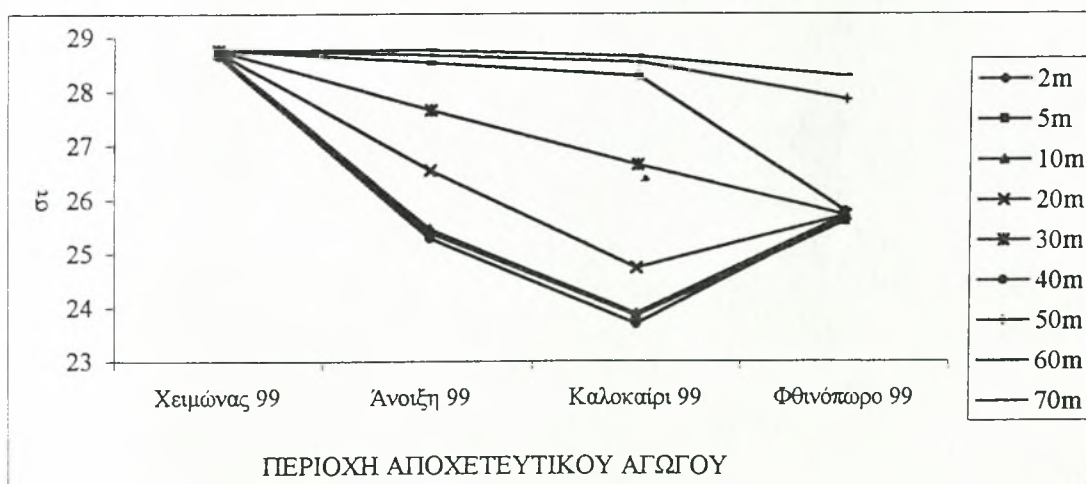
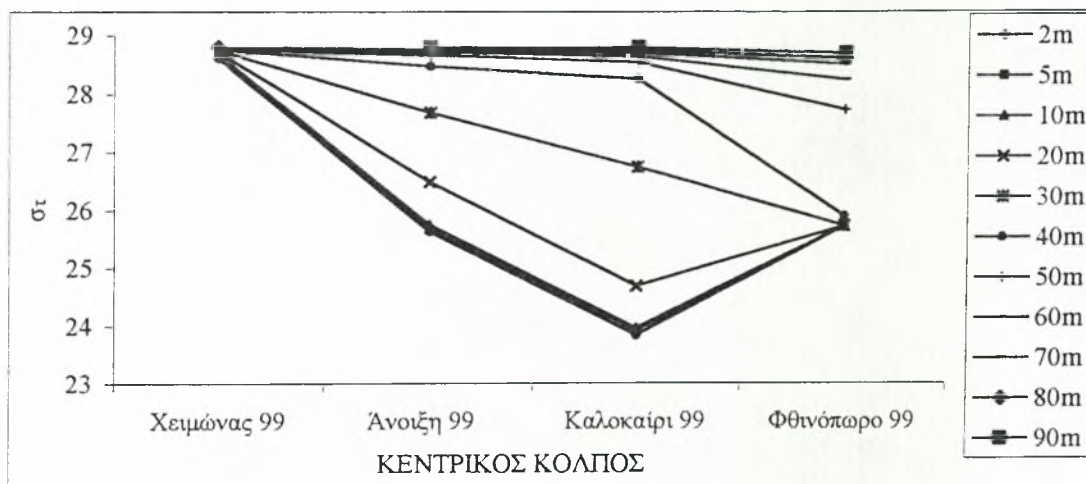
Σχήμα 12. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής\* πυκνότητας στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-περιοχή αποχευτικού αγωγού



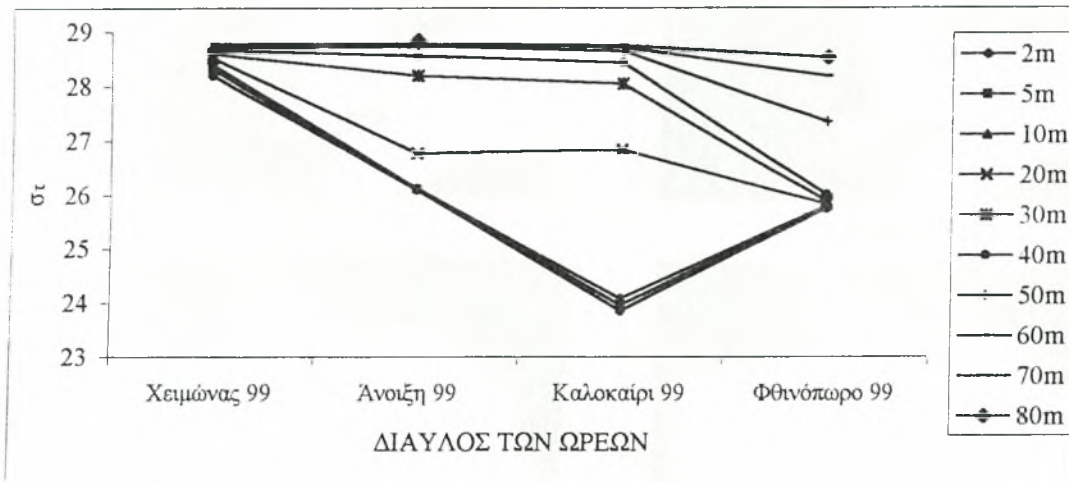
Σχήμα 12. Κατακόρυφη κατανομή της μέσης εποχιακής πυκνότητας στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-διαύλου των Ωρεών



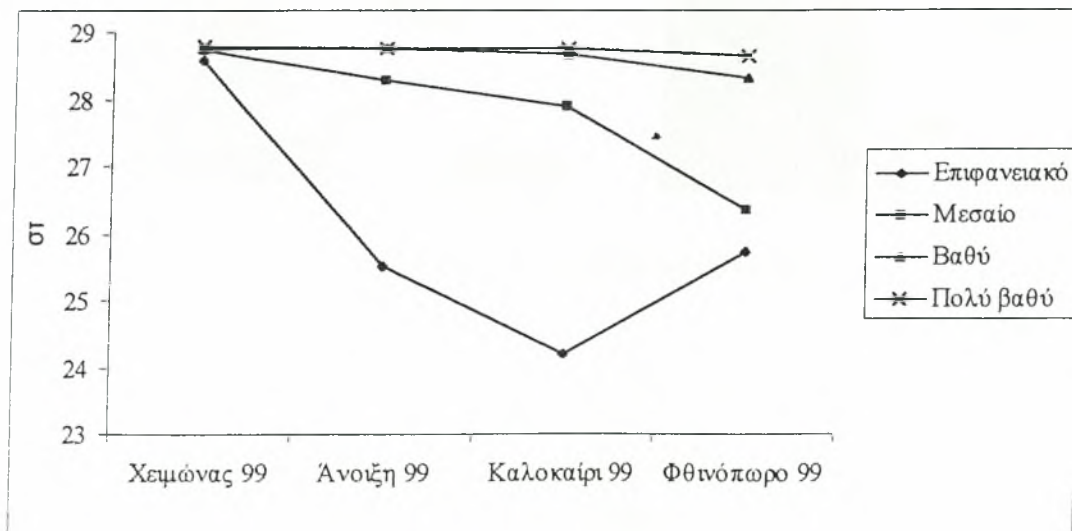
Σχήμα 13. Κατακόρυφη μεταβολή της μέσης εποχιακής πυκνότητας στον Παγασητικό



Σχήμα 14. Δημιουργία και καταστροφή εποχιακού πυκνοκλινούς στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού

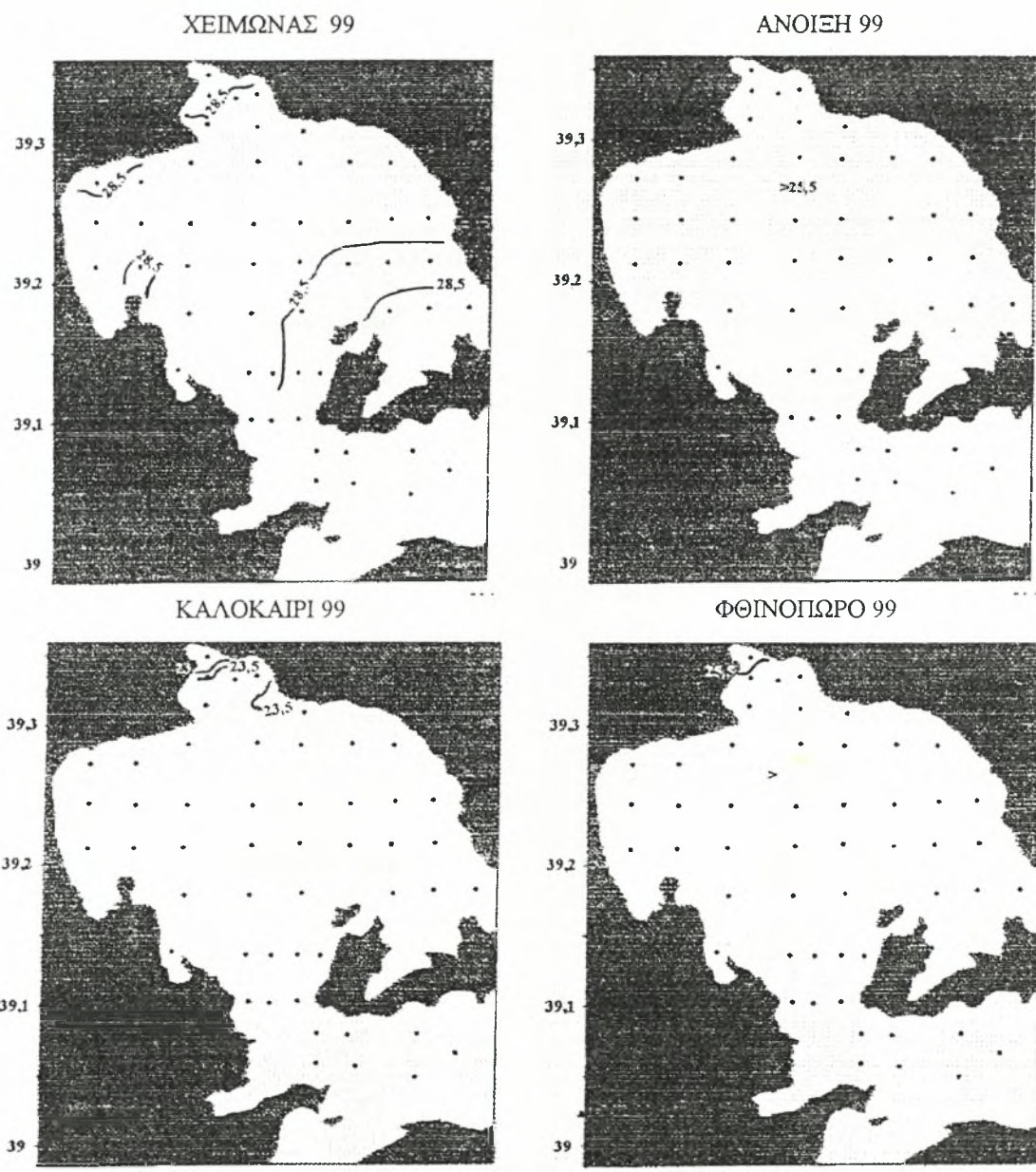


Σχήμα 14. Δημιουργία και καταστροφή εποχιακού πυκνοκλινοῦ στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού (συνέχεια)

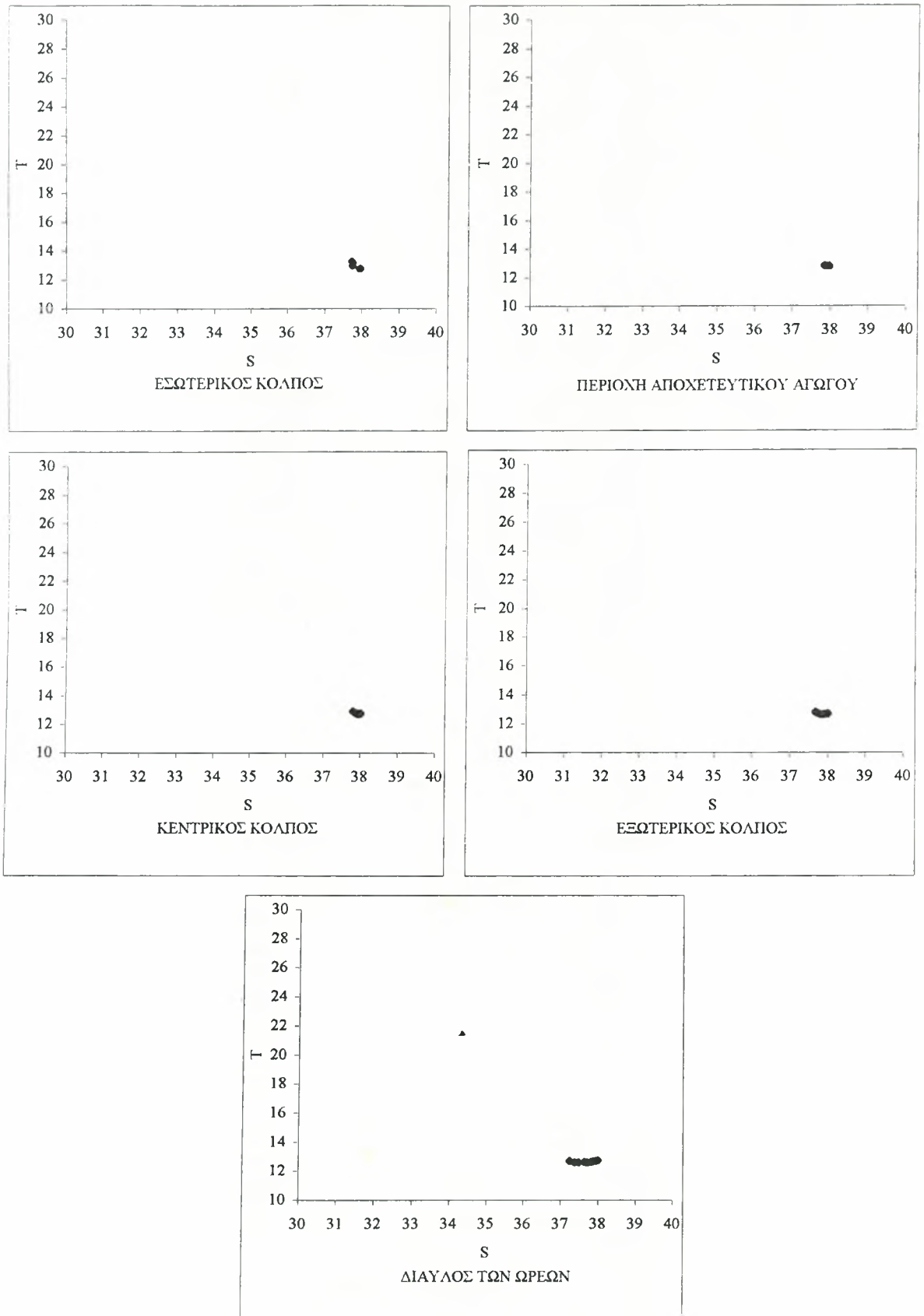


Σχήμα 15. Εποχιακή μεταβολή των μέσων τιμών πυκνότητας στα επιμέρους βάθη του Παγασητικού

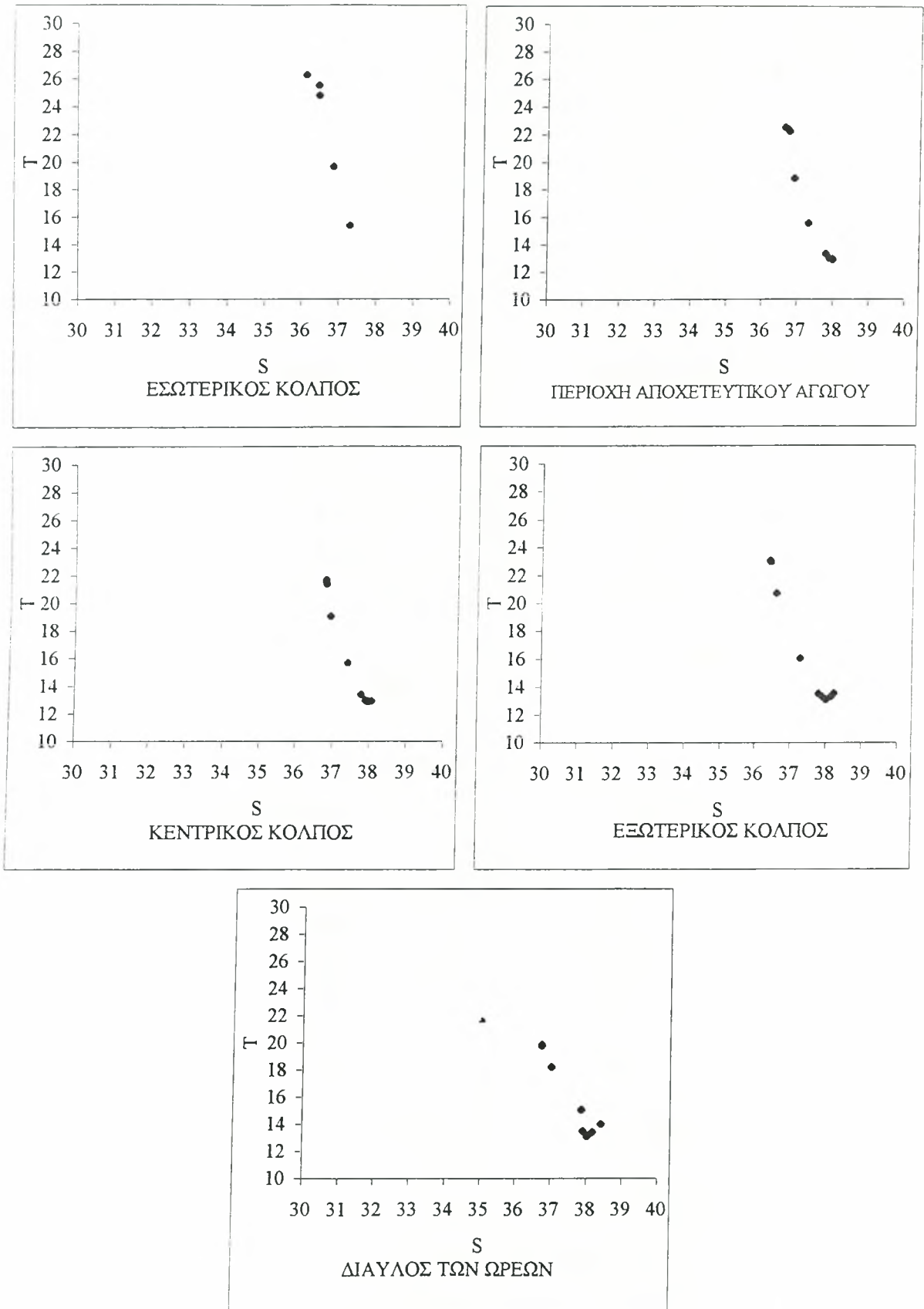




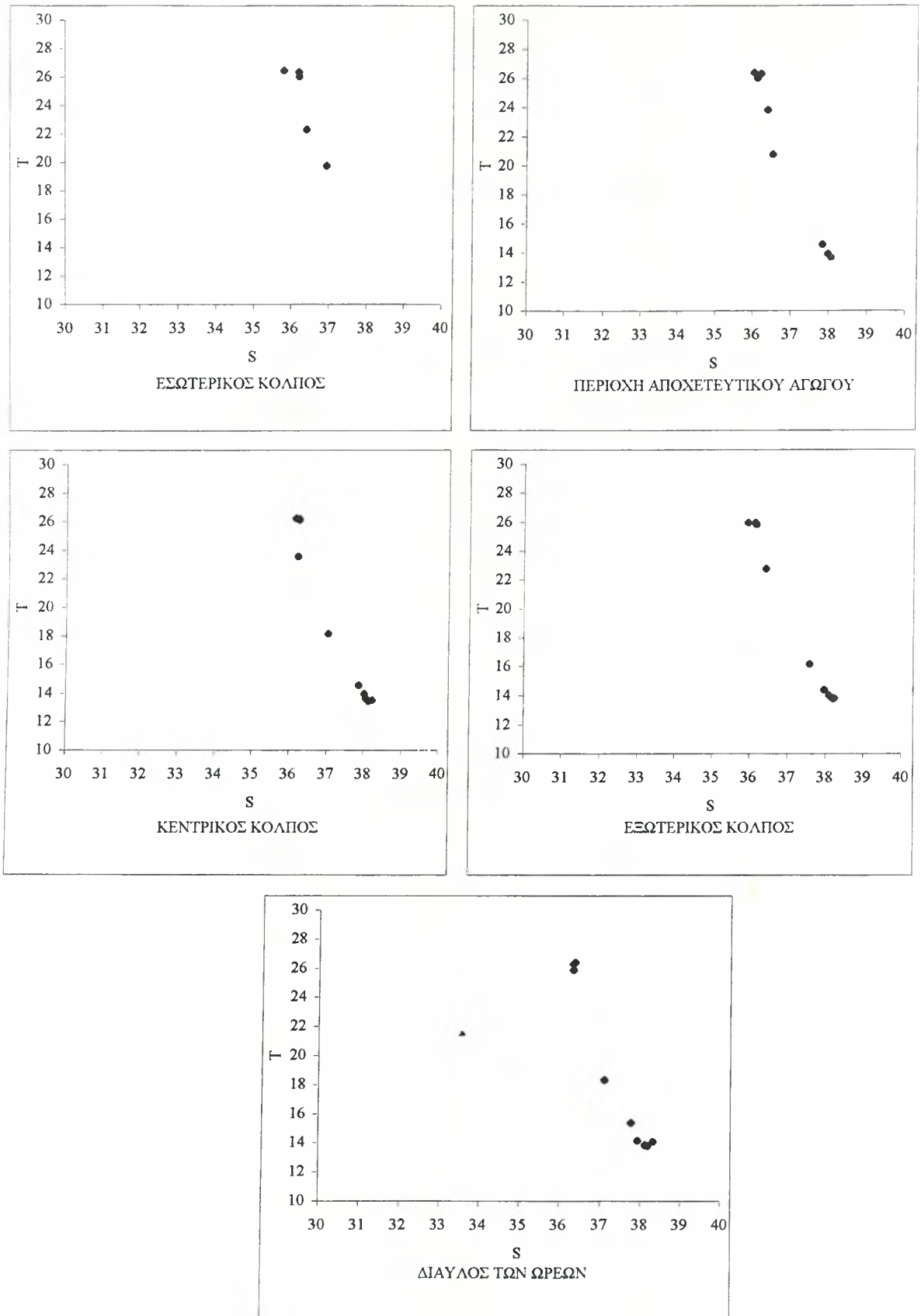
Σχήμα 16.Επιφανειακή κατανομή της πυκνότητας στ



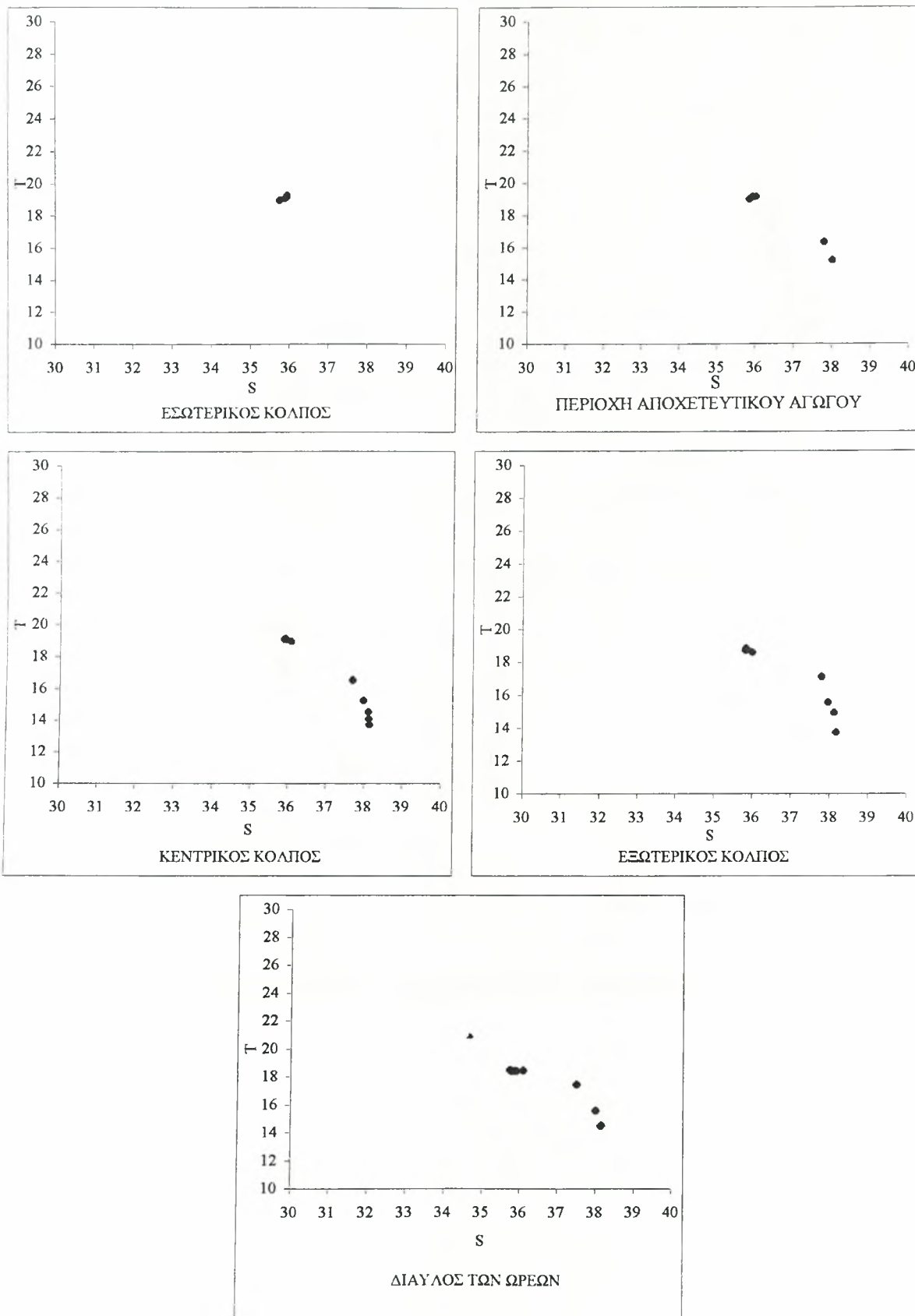
Σχήμα 17. Εποχιακά διαγράμματα TS στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-χειμώνας 99



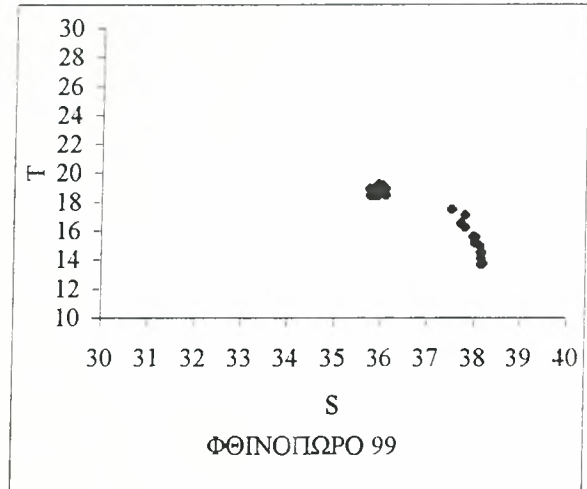
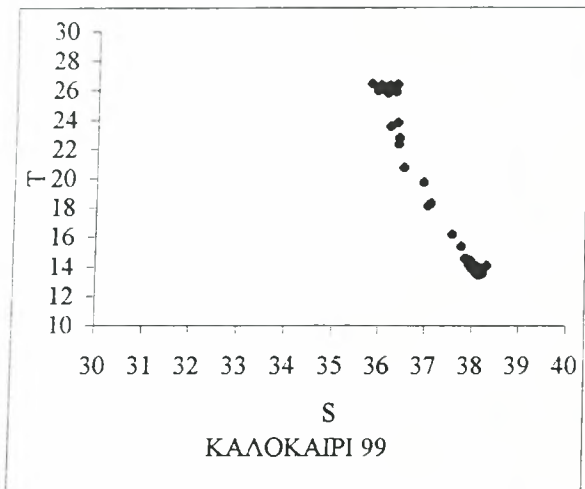
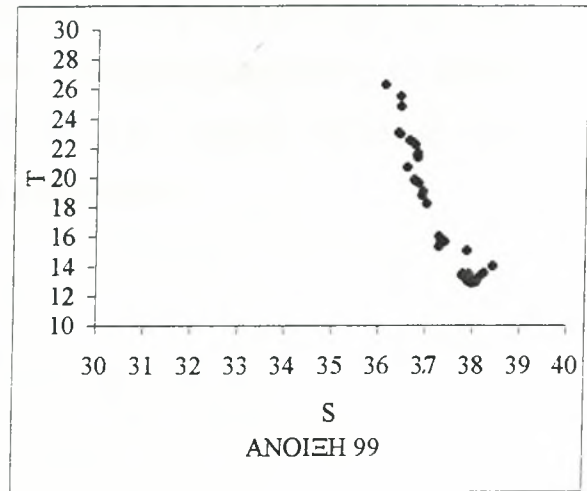
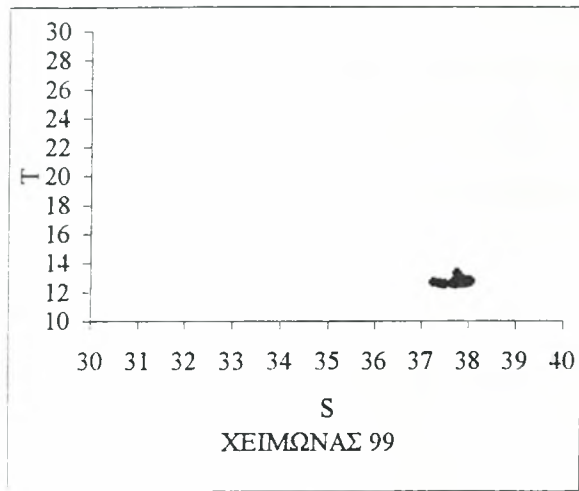
Σχήμα 17. Εποχιακά διαγράμματα TS στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-άνοιξη 99



Σχήμα 17. Εποχιακά διαγράμματα TS στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-καλοκαίρι



Σχήμα 17. Εποχικά διαγράμματα TS στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού-φθινόπωρο



Σχήμα 18. Εποχιακά σύνθετα διαγράμματα TS στον Παγασητικό

Σημαντική φαίνεται ότι είναι η επίδραση μέσω του διαύλου των Ωρεών των υδάτων χαμηλής αλατότητας του Αιγαίου Πελάγους στον κόλπο, καθώς και η παρουσία χερσαίων απορροών στις περιοχές του όρμου του Βόλου και του Αλμυρού. Τέλος, λόγω της σχεδόν διαρκούς ύπαρξης στρωμάτωσης, τα ύδατα χαμηλής αλατότητας που εισέρχονται από το Αιγαίο Πέλαγος δεν αναμιγνύονται με τα βαθύτερα στρώματα του κόλπου.

## ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

### ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ

#### ΘΡΕΠΤΙΚΑ

Τα θρεπτικά στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της παραγωγικότητας, ενώ στα παράκτια συστήματα οι συγκεντρώσεις τους παρουσιάζουν μεγάλες εποχιακές μεταβολές και συχνά εμφανίζονται αυξημένες λόγω χερσαίων απορροών και διαφόρων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.

#### Φώσφορος

Ο φώσφορος στο θαλάσσιο περιβάλλον αποτελεί σημαντικό θρεπτικό στοιχείο και καταναλώνεται κατά την πρωτογενή παραγωγή. Στις παράκτιες περιοχές παρουσιάζει έντονες εποχιακές μεταβολές, λόγω των χερσαίων απορροών και της αύξησης του φυτοπλαγκτού. Οι συγκεντρώσεις φωσφόρου είναι μικρές στην ευφωτική ζώνη και αυξάνονται με το βάθος, ενώ αποκτούν μέγιστη τιμή κοντά στο πυκνοκλινές λόγω της ανακύκλωσης που λαμβάνει χώρα εκεί. Αν και ο φώσφορος δεν απαιτείται σε μεγάλες ποσότητες για την αύξηση των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, εντούτοις συχνά αποτελεί περιοριστικό παράγοντα καθώς δε βρίσκεται σε γεωχημική αφθονία, δε διαθέτει αέρια φάση και παρουσιάζει την τάση να εγκλωβίζεται στα ιζήματα-ιδίως σε συνθήκες καλής οξυγόνωσης.

Στον Παγασητικό η μέγιστη μέση συγκέντρωση φωσφόρου (P-PO<sub>4</sub>) παρατηρείται την άνοιξη του '98 στο βαθύ στρώμα του κεντρικού κόλπου (0,403 μg-at/l) και η ελάχιστη στο επιφανειακό στρώμα της ίδιας περιοχής το καλοκαίρι (0,023 μg-at/l). Γενικά παρατηρείται μια συσσώρευση φωσφόρου στο πολύ βαθύ στρώμα (>75m) του κεντρικού κόλπου και μικρότερες τιμές στην επιφάνεια του (Πιν. 16-19, Σχ. 19). Οι συγκεντρώσεις P-PO<sub>4</sub> είναι σχετικά μικρές σ' όλες τις επιμέρους περιοχές του κόλπου με ελαφρά



Πίνακας 16. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων P-PO<sub>4</sub> (μg-at/l) στον κεντρικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Πολύ βαθύ στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,091<br>0,028-0,199 | 0,085<br>0,023-0,197 | 0,144<br>0,033-0,248 | 0,408<br>0,067-0,921 | 0,182         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,023                | 0,065                | 0,106                |                      | 0,063         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,032<br>0,015-0,082 | 0,032<br>0,017-0,051 | 0,098<br>0,033-0,215 | 0,275<br>0,159-0,405 | 0,047         |
| Χειμώνας 99  | 0,045<br>0,036-0,05  | 0,048<br>0,027-0,067 | 0,189<br>0,036-0,587 | 0,054<br>0,036-0,072 | 0,084         |
| Άνοιξη 99    | 0,082<br>0,04-0,196  | 0,041<br>0,021-0,071 | 0,087<br>0,05-0,196  | 0,182<br>0,131-0,255 | 0,098         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,066<br>0,046-0,079 | 0,066<br>0,048-0,083 | 0,078<br>0,052-0,103 | 0,21<br>0,202-0,214  | 0,105         |

Πίνακας 17. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων P-PO<sub>4</sub> (μg-at/l) στον εξωτερικό Παγασητικό

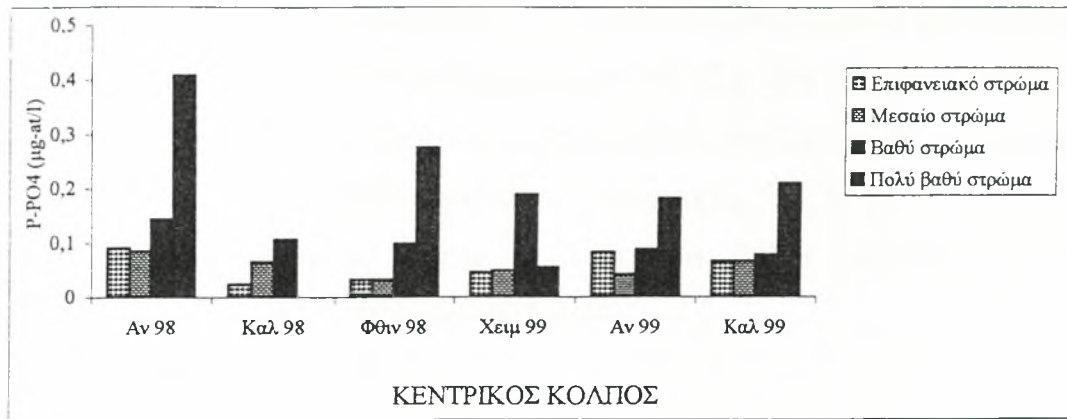
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,082<br>0,035-0,212 | 0,073<br>0,031-0,15  | 0,147<br>0,031-0,202 | 0,1           |
| Καλοκαίρι 98 | 0,171<br>0,153-0,19  | 0,176<br>0,172-0,181 | 0,178<br>0,175-0,181 | 0,175         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,042<br>0,013-0,125 | 0,032<br>0,024-0,04  | 0,248<br>0,088-0,657 | 0,107         |
| Χειμώνας 99  | 0,048<br>0,036-0,062 | 0,028<br>0,027-0,032 | 0,069<br>0,036-0,12  | 0,048         |
| Άνοιξη 99    | 0,046<br>0,031-0,073 | 0,048<br>0,035-0,06  | 0,08<br>0,036-0,121  | 0,058         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,078<br>0,072-0,085 | 0,082<br>0,054-0,121 | 0,082<br>0,053-0,107 | 0,08          |

Πίνακας 18. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων P-PO<sub>4</sub> (μg-at/l) στον εσωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Πυθμενικό στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,235<br>0,075-0,447 | 0,205<br>0,113-0,372 | 0,22          |
| Καλοκαίρι 98 | 0,088                | 0,044                | 0,066         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,099<br>0,038-0,169 | 0,183<br>0,051-0,505 | 0,141         |
| Χειμώνας 99  | 0,105<br>0,053-0,2   | 0,294<br>0,088-0,901 | 0,199         |
| Άνοιξη 99    | 0,169<br>0,264-0,084 | 0,156<br>0,064-0,311 | 0,162         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,122<br>0,054-0,202 | 0,253<br>0,093-0,592 | 0,187         |

Πίνακας 19. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων P-PO<sub>4</sub> (μg-at/l) στην περιοχή του αγωγού

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,103<br>0,04-0,256  | 0,074<br>0,031-0,201 | 0,122<br>0,033-0,235 | 0,099         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,025                | 0,038                | 0,138                | 0,067         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,039<br>0,019-0,057 | 0,066<br>0,053-0,089 | 0,193<br>0,092-0,246 | 0,099         |
| Χειμώνας 99  | 0,105<br>0,053-0,158 | 0,062<br>0,055-0,07  | 0,324<br>0,086-0,562 | 0,163         |
| Άνοιξη 99    | 0,05<br>0,047-0,053  | 0,063<br>0,041-0,077 | 0,118<br>0,042-0,18  | 0,077         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,057<br>0,044-0,072 | 0,108<br>0,068-0,164 | 0,094<br>0,07-0,137  | 0,086         |



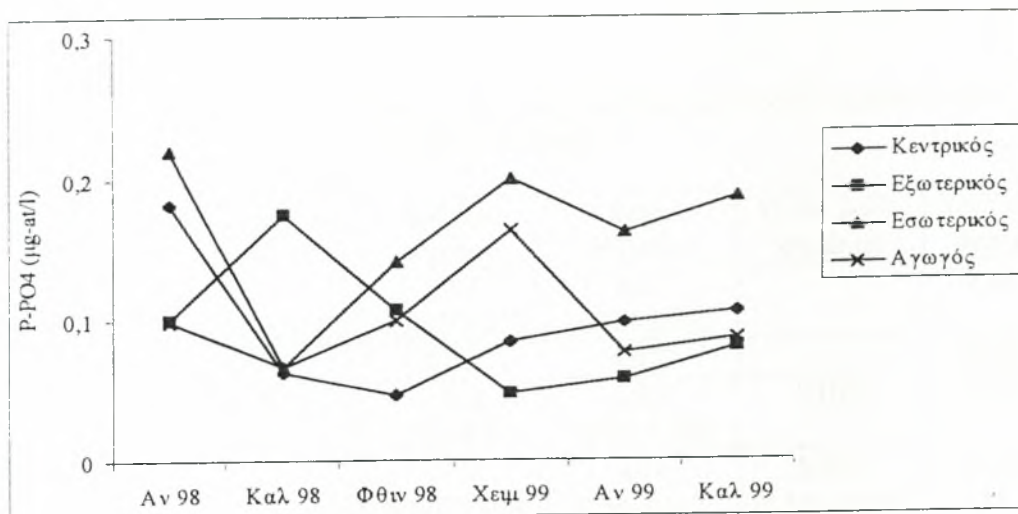
Σχήμα 19. Εποχιακή μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης φωσφόρου P-PO<sub>4</sub> στα επιμέρους βάθη των περιοχών του Παγασητικού

μεγαλύτερες τιμές στον εσωτερικό, ενώ ο κεντρικός παρουσιάζει μια ιδιαίτερη συμπεριφορά με μέγιστο το καλοκαίρι του '98 (Σχ. 20). Οι μέσες εποχιακές συγκεντρώσεις φωσφόρου έχουν μέγιστη τιμή την άνοιξη του '98 και ελάχιστη το καλοκαίρι, 0,15 και 0,092  $\mu\text{g-at/l}$  αντίστοιχα (Σχ. 21). Στην επιφάνεια του κόλπου η μέγιστη μέση ετήσια συγκέντρωση  $\text{P-PO}_4$  παρατηρείται στο εσωτερικό τμήμα του (0,136  $\mu\text{g-at/l}$ ) (Σχ. 22).

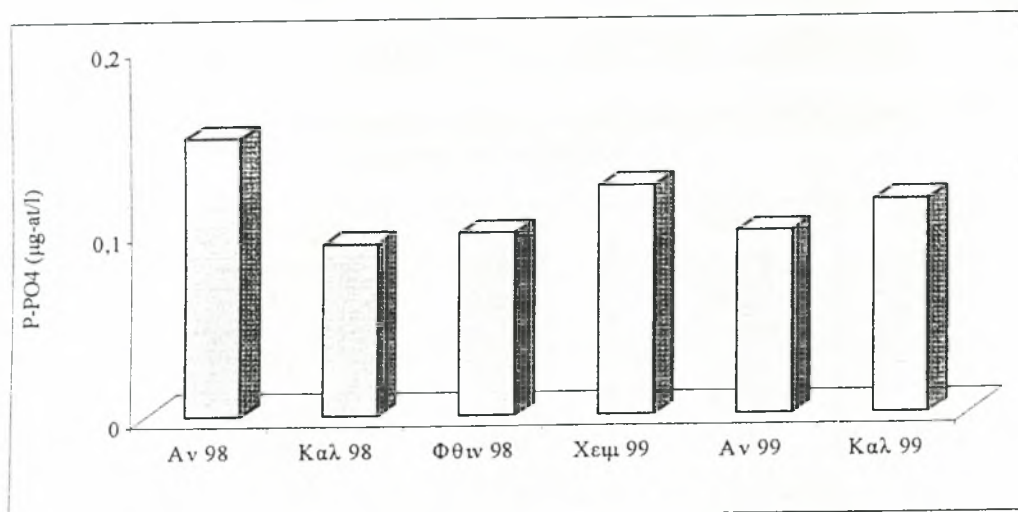
### Πυρίτιο

Οι συγκεντρώσεις πυριτίου έχουν συνήθως υψηλές τιμές στις παράκτιες περιοχές και στα βαθιά νερά, όπου εμφανίζονται μέγιστες. Το πυρίτιο σπάνια αποτελεί στο θαλάσσιο περιβάλλον περιοριστικό παράγοντα αν και η αύξηση διαφόρων φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, όπως τα διάτομα, εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του. Η ανακύκλωση του πυριτίου είναι μια διαδικασία αργή καθώς περικλείει τη διάλυση εξωσκελετών, η οποία λαμβάνει χώρα σε μεγάλα βάθη.

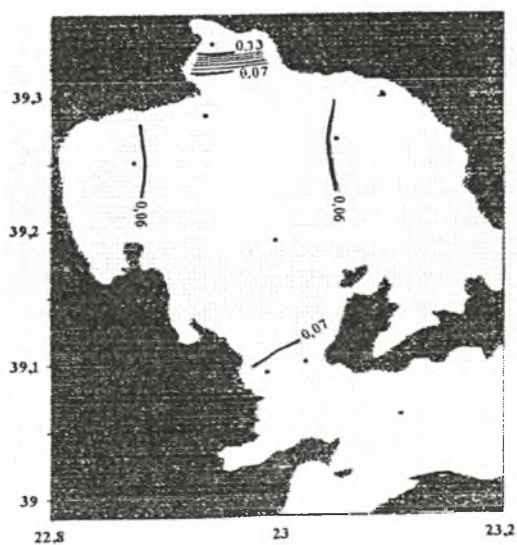
Στον Παγασητικό η μέγιστη μέση συγκέντρωση πυριτίου ( $\text{Si-SiO}_4$ ) παρατηρείται το καλοκαίρι του '99 στο πολύ βαθύ στρώμα του κεντρικού κόλπου (13,28  $\mu\text{g-at/l}$ ) και η ελάχιστη στο επιφανειακό στρώμα της περιοχής του αγωγού την ίδια εποχή (1,145  $\mu\text{g-at/l}$ ). (Πιν. 20-23, Σχ. 23). Οι συγκεντρώσεις πυριτίου παρουσιάζουν έντονη διακύμανση -υποδηλώνοντας διακύμανση στην παρουσία των διατόμων- και περίπου ίδια συμπεριφορά στις επιμέρους περιοχές του κόλπου, ενώ ο κεντρικός διαφοροποιείται με μέγιστο το φθινόπωρο του '98 (Σχ. 24). Οι μέσες εποχιακές τιμές τους είναι μέγιστες το φθινόπωρο του '98 και ελάχιστες την άνοιξη του '99 (αμέσως μετά τη δεύτερη μέγιστη τιμή της συγκέντρωσης chl-a), 5,475 και 3,047  $\mu\text{g-at/l}$  αντίστοιχα (Σχ. 25). Στην επιφάνεια του κόλπου η μέγιστη μέση ετήσια συγκέντρωση  $\text{Si-SiO}_4$  -όπως και του φωσφόρου- παρατηρείται στο εσωτερικό τμήμα του, στον όρμο του Βόλου 6,385  $\mu\text{g-at/l}$  (Σχ. 26).



Σχήμα 20. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων φωσφόρου P-PO<sub>4</sub> στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



Σχήμα 21. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων φωσφόρου P-PO<sub>4</sub> στον Παγασητικό



Σχήμα 22. Επιφανειακή κατανομή των συγκεντρώσεων φωσφόρου P-PO<sub>4</sub> ( $\mu\text{g-at/l}$ )

Πίνακας 20. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων Si-SiO<sub>4</sub> (μg-at/l) στον κεντρικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Πολύ βαθύ στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 2,72<br>1,971-4,451  | 3,63<br>2,052-5,253  | 4,57<br>2,354-6,823  |                      | 3,64          |
| Καλοκαίρι 98 | 1,573                | 2,101                | 5,422                |                      | 3,032         |
| Φθινόπωρο 98 | 2,787<br>1,48-4,9    | 2,924<br>2,026-4,818 | 4,807<br>2,333-8,639 | 2,013                | 7,662         |
| Χειμώνας 99  | 4,566<br>2,499-3,761 | 5,767<br>3,744-8,978 | 4,74<br>2,54-7,545   | 5,697<br>3,343-8,051 | 5,192         |
| Άνοιξη 99    | 1,174<br>1,188-2,568 | 1,521<br>1,139-1,89  | 3,054<br>1,217-8,013 | 7,321<br>4,586-9,352 | 3,267         |
| Καλοκαίρι 99 | 1,423<br>0,03-5,872  | 3,11<br>0,831-5,816  | 4,766<br>1,947-9,655 | 13,28<br>10,12-15,93 | 5,644         |

Πίνακας 21. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων Si-SiO<sub>4</sub> (μg-at/l) στον εξωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 3,441<br>2,167-4,853 | 4,564<br>3,64-5,677  | 5,462<br>4,133-6,143 | 4,489         |
| Καλοκαίρι 98 | 1,199<br>0,981-1,418 | 2,15<br>1,74-2,561   | 3,611<br>3,412-3,811 | 2,32          |
| Φθινόπωρο 98 | 2,884<br>1,63-4,38   | 3,974<br>1,81-5,528  | 4,082<br>2,31-6,89   | 3,646         |
| Χειμώνας 99  | 4,594<br>3,693-5,993 | 3,676<br>0,513-5,302 | 4,149<br>3,613-4,82  | 4,139         |
| Άνοιξη 99    | 2,32<br>1,306-4,935  | 1,768<br>1,425-2,364 | 2,577<br>1,404-4,504 | 2,221         |
| Καλοκαίρι 99 | 2,949<br>1,774-4,382 | 3,022<br>0,177-8,151 | 3,379<br>2,831-4,221 | 3,116         |

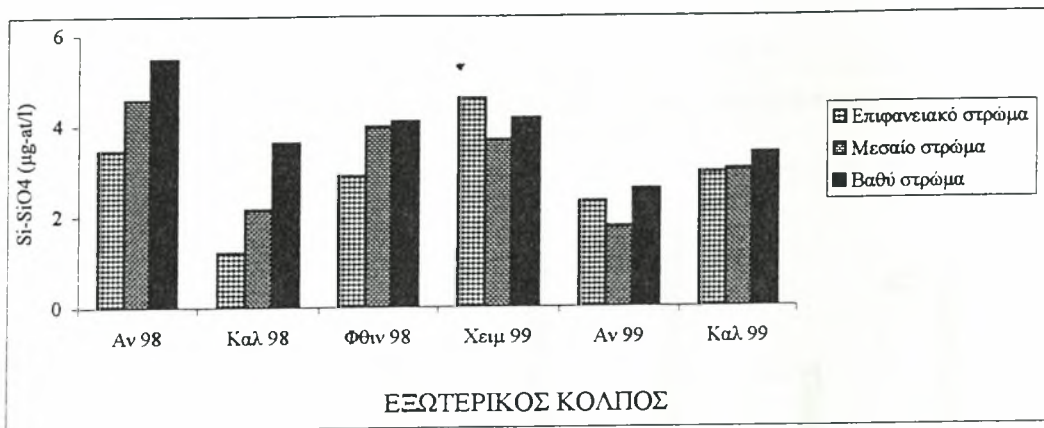
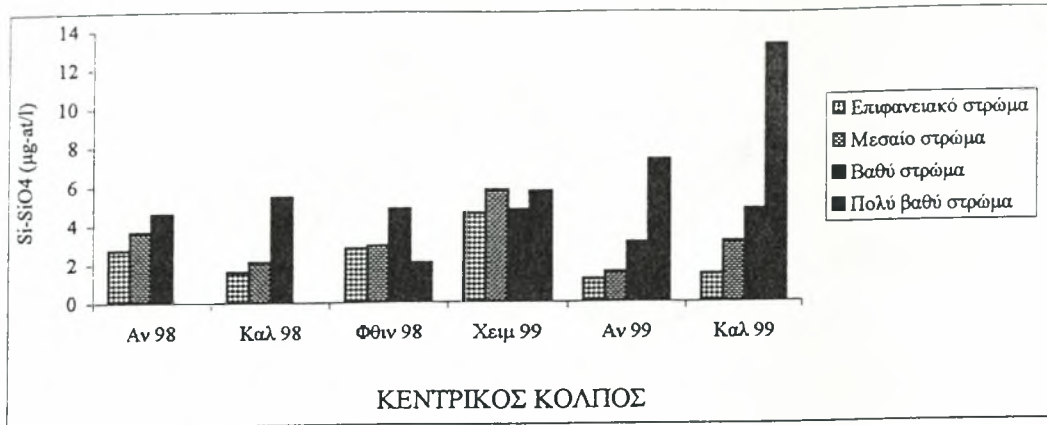


Πίνακας 22. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων Si-SiO<sub>4</sub> (μg-at/l) στον εσωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Πυθμενικό στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 4,667<br>2,254-9,255 | 4,768<br>2,972-7,184 | 4,717         |
| Καλοκαίρι 98 | 3,676<br>2,498-4,854 | 3,614<br>2,467-4,761 | 3,645         |
| Φθινόπωρο 98 | 8,76<br>3,05-22,1    | 4,639<br>2,437-7,074 | 6,699         |
| Χειμώνας 99  | 8,465<br>4,775-17,99 | 5,455<br>3,936-7,872 | 6,96          |
| Άνοιξη 99    | 6,07<br>2,713-10,66  | 2,703<br>1,837-3,253 | 4,386         |
| Καλοκαίρι 99 | 6,672<br>0,699-16,71 | 5,053<br>1,737-10,96 | 5,862         |

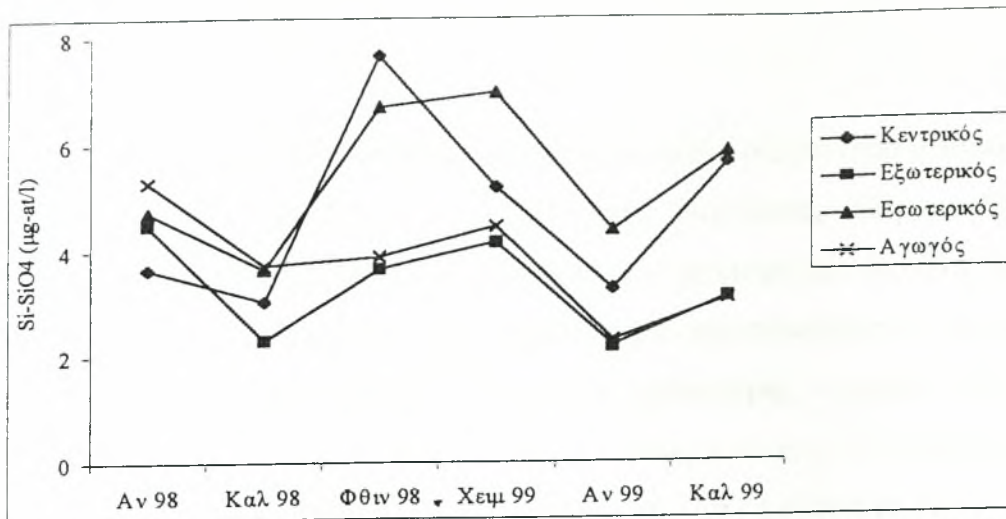
Πίνακας 23. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων Si-SiO<sub>4</sub> (μg-at/l) στην περιοχή του αγωγού

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 4,46<br>3,322-5,093  | 6,111<br>3,272-8,568 | 5,27<br>3,917-6,772  | 5,28          |
| Καλοκαίρι 98 | 2,506                | 3,691                | 4,933                | 3,71          |
| Φθινόπωρο 98 | 3,146<br>2,234-4,058 | 4,047<br>2,868-5,227 | 4,489<br>4,066-4,912 | 3,894         |
| Χειμώνας 99  | 4,365<br>3,321-5,409 | 4,174<br>3,905-4,444 | 4,805<br>3,309-6,301 | 4,448         |
| Άνοιξη 99    | 2,279<br>1,61-3,478  | 2,025<br>1,936-2,173 | 2,646<br>2,155-2,939 | 2,316         |
| Καλοκαίρι 99 | 1,145<br>0,338-2,396 | 1,18<br>0,615-1,623  | 6,935<br>4,722-8,444 | 3,086         |

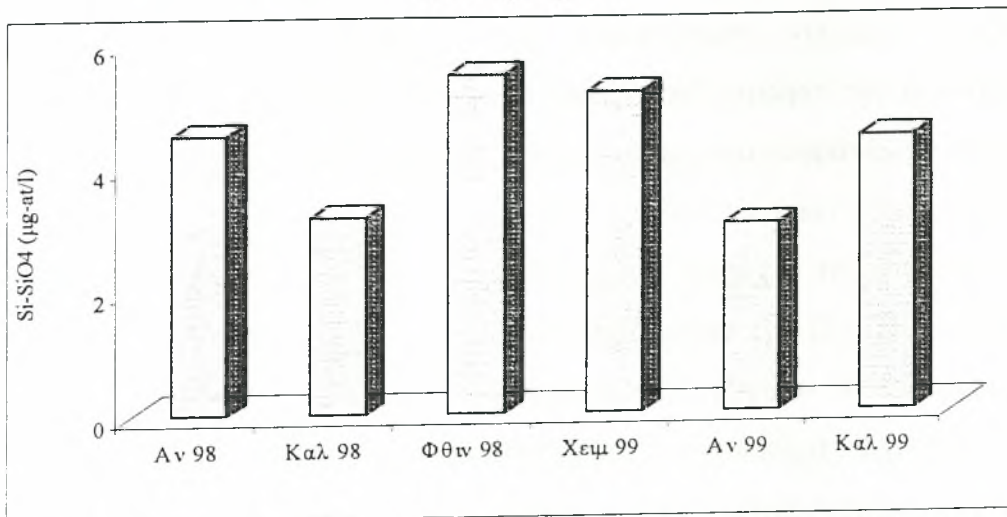


Σχήμα 23. Εποχιακή μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης πυριτίου Si-SiO<sub>4</sub> στα επιμέρους βάθη των περιοχών του Παγασητικού

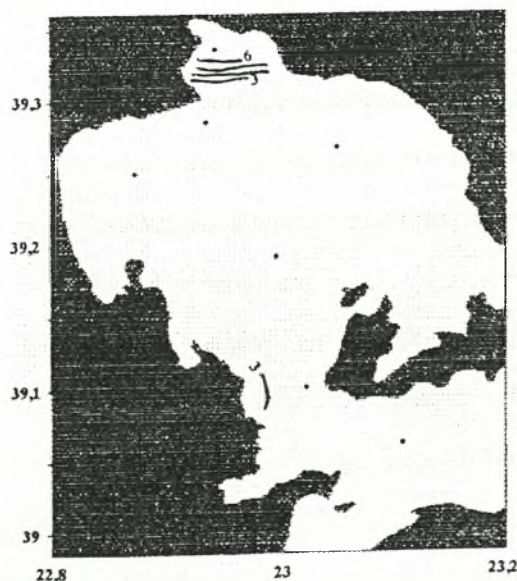




Σχήμα 24. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων πυριτίου Si-SiO<sub>4</sub> στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



Σχήμα 25. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων πυριτίου Si-SiO<sub>4</sub> στον Παγασητικό



Σχήμα 26. Επιφανειακή κατανομή των συγκεντρώσεων πυριτίου Si-SiO<sub>4</sub> (μg-at/l)

## Αζωτο

### Νιτρικά

Τα νιτρικά εμφανίζονται συνήθως αυξημένα σε καλά οξυγονωμένα νερά και οι μεταβολές τους οφείλονται σε βιολογικές διεργασίες. Παρουσιάζουν ελάχιστες συγκεντρώσεις στην ευφωτική ζώνη και μέγιστες στα μεγάλα βάθη. Στις παράκτιες περιοχές συχνά παρατηρείται μια περιοδικότητα με μέγιστες συγκεντρώσεις το χειμώνα-λόγω της μικρής πρόσληψης νιτρικών από το φυτοπλαγκτόν και των εισροών από τις βροχοπτώσεις, ενώ ελάχιστες συγκεντρώσεις εμφανίζονται την άνοιξη και το καλοκαίρι-λόγω της αυξημένης πρωτογενούς παραγωγής.

Στον Παγασητικό η μέγιστη μέση συγκέντρωση νιτρικών ( $N-NO_3$ ) παρατηρείται την άνοιξη του '98 στο επιφανειακό στρώμα του εσωτερικού κόλπου ( $3,531 \mu\text{g-at/l}$ ) και η ελάχιστη το καλοκαίρι στο επιφανειακό στρώμα του κεντρικού ( $0,0745 \mu\text{g-at/l}$ ). (Πιν. 24-27, Σχ. 27). Οι συγκεντρώσεις  $N-NO_3$  δεν παρουσιάζουν υψηλές τιμές στις επιμέρους περιοχές του κόλπου, ενώ εμφανίζονται σχετικά αυξημένες στο εσωτερικό τμήμα του (Σχ. 28). Οι μέσες εποχιακές τιμές τους παρουσιάζουν μέγιστο την άνοιξη του '98 και ελάχιστο το καλοκαίρι του '99,  $1,191$  και  $0,586 \mu\text{g-at/l}$  αντίστοιχα (Σχ. 29). Στην επιφάνεια του κόλπου η μέγιστη μέση ετήσια συγκέντρωση νιτρικών παρατηρείται στο εσωτερικό τμήμα του (Σχ. 30).

### Νιτρώδη

Συχνά υψηλές συγκεντρώσεις νιτρώδων υποδηλώνουν ρύπανση από αστικά ή/και γεωργικά απόβλητα. Κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης του αζώτου τα νιτρώδη οξειδώνονται και μετατρέπονται σε νιτρικά, τα οποία προτιμούνται από τους φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς.

Στον Παγασητικό η μέγιστη μέση συγκέντρωση νιτρώδων ( $N-NO_2$ ) παρατηρείται το καλοκαίρι του '98 στο βαθύ στρώμα του κεντρικού κόλπου ( $0,407 \mu\text{g-at/l}$ ) και η ελάχιστη την ίδια εποχή στο επιφανειακό στρώμα της ίδιας περιοχής (μόλις  $0,01 \mu\text{g-at/l}$ ). (Πιν. 28-31, Σχ. 31). Οι συγκεντρώσεις  $N-NO_2$  παρουσιάζουν στις επιμέρους περιοχές του κόλπου ίδια συμπεριφορά με μέγιστο το χειμώνα του '99 (Σχ. 32), το οποίο πιθανόν

Πίνακας 24. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N-NO<sub>3</sub> (μg-at/l) στον κεντρικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό<br>στρώμα | Μεσαίο<br>στρώμα     | Βαθύ<br>στρώμα       | Πολύ βαθύ<br>στρώμα  | Υδάτινη<br>στήλη |
|--------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------|
| Άνοιξη 98    | 0,637<br>0,005-4,818  | 0,689<br>0,009-5,237 | 1,434<br>0,103-4,133 | 2,222<br>0,169-4,042 | 1,245            |
| Καλοκαίρι 98 | 0,074                 | 0,444                | 0,181                |                      | 0,233            |
| Φθινόπωρο 98 | 0,307<br>0,011-0,846  | 0,338<br>0,03-0,769  | 0,635<br>0,022-1,244 | 2,241<br>0,963-3,767 | 0,88             |
| Χειμώνας 99  | 0,566<br>0,291-0,883  | 0,547<br>0,294-0,701 | 0,911<br>0,647-1,342 | 0,882<br>0,56-0,602  | 0,726            |
| Άνοιξη 99    | 0,265<br>0,012-0,848  | 0,29<br>0,011-0,663  | 1,294<br>0,447-2,074 | 1,731<br>1,274-2,509 | 0,895            |
| Καλοκαίρι 99 | 0,128<br>0,016-0,405  | 0,215<br>0,019-0,525 | 0,324<br>0,039-0,736 | 2,463<br>1,91-2,794  | 0,782            |

Πίνακας 25. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N-NO<sub>3</sub> (μg-at/l) στον εξωτερικό Παγασητικό

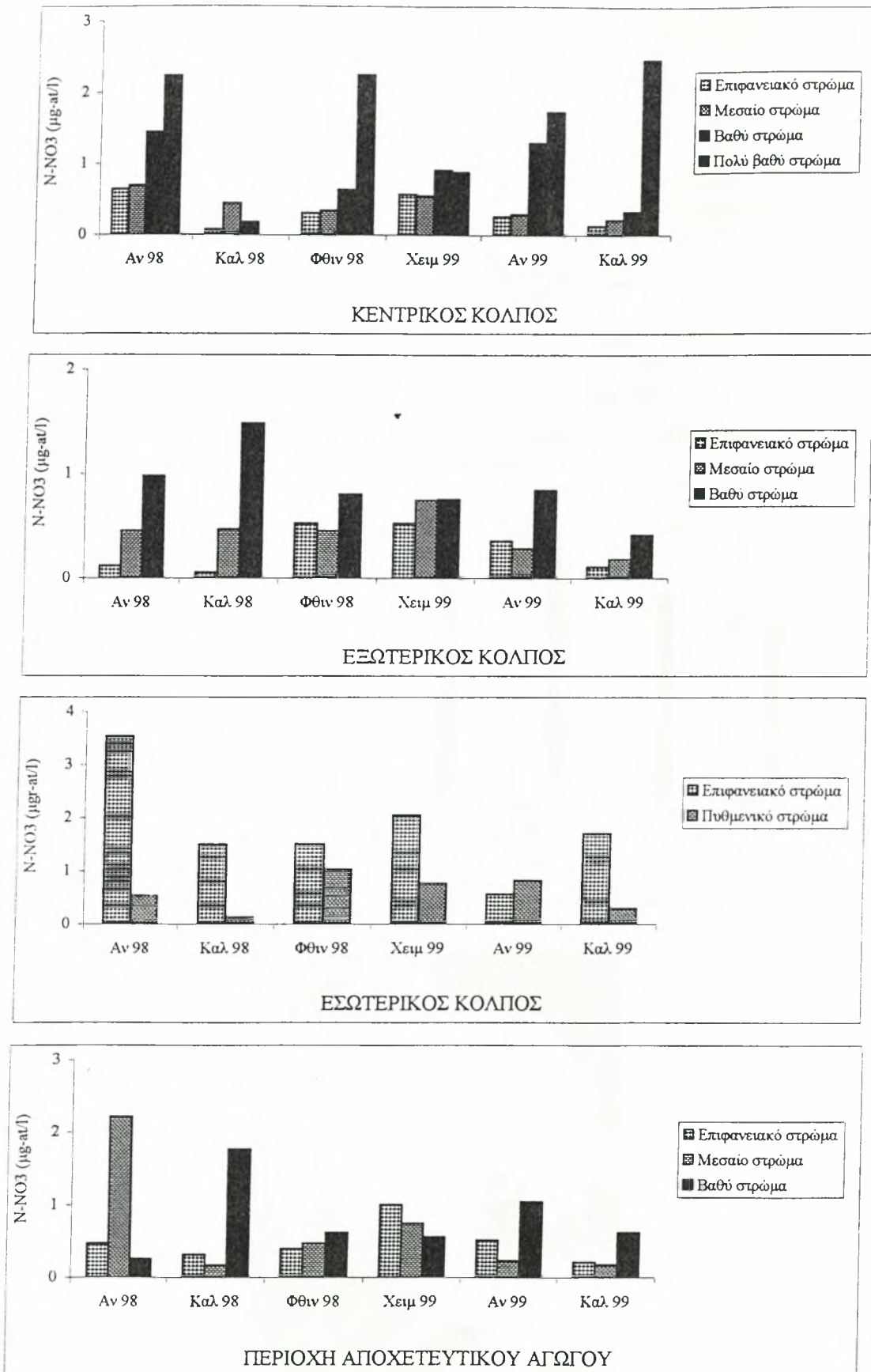
|              | Επιφανειακό<br>στρώμα | Μεσαίο<br>στρώμα     | Βαθύ<br>στρώμα       | Υδάτινη<br>στήλη |
|--------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------|
| Άνοιξη 98    | 0,118<br>0,011-0,233  | 0,451<br>0,005-1,435 | 0,976<br>0,005-2,307 | 0,515            |
| Καλοκαίρι 98 | 0,052<br>0,031-0,074  | 0,468<br>0,055-0,881 | 1,479<br>0,433-2,525 | 0,666            |
| Φθινόπωρο 98 | 0,524<br>0,014-1,247  | 0,45<br>0,035-1,022  | 0,801<br>0,264-1,181 | 0,591            |
| Χειμώνας 99  | 0,523<br>0,322-0,847  | 0,741<br>0,67-0,773  | 0,754<br>0,575-1,042 | 0,672            |
| Άνοιξη 99    | 0,354<br>0,022-1,18   | 0,28<br>0,034-0,952  | 0,84<br>0,534-1,188  | 0,491            |
| Καλοκαίρι 99 | 0,106<br>0,04-0,185   | 0,182<br>0,059-0,494 | 0,414<br>0,027-0,902 | 0,234            |

Πίνακας 26. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N-NO<sub>3</sub> (μg-at/l) στον εσωτερικό Παρασητικό

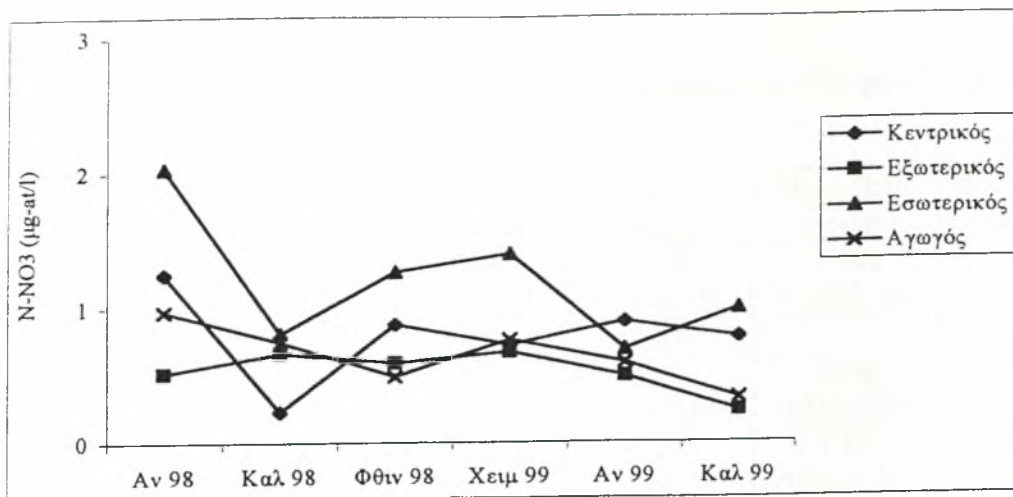
|              | Επιφανειακό<br>στρώμα | Πυθμενικό<br>στρώμα  | Υδάτινη<br>στήλη |
|--------------|-----------------------|----------------------|------------------|
| Άνοιξη 98    | 3,531<br>0,175-9,2    | 0,531<br>0,103-1,17  | 2,031            |
| Καλοκαίρι 98 | 1,497                 | 0,12                 | 0,808            |
| Φθινόπωρο 98 | 1,508<br>0,276-3,313  | 1,029<br>0,048-3,112 | 1,268            |
| Χειμώνας 99  | 2,043<br>0,629-5,535  | 0,764<br>0,63-0,906  | 1,403            |
| Άνοιξη 99    | 0,562<br>0,063-1,29   | 0,819<br>0,068-2,822 | 0,69             |
| Καλοκαίρι 99 | 1,701<br>0,276-5,931  | 0,291<br>0,148-0,444 | 0,996            |

Πίνακας 27. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N-NO<sub>3</sub> (μg-at/l) στην περιοχή του αγωγού

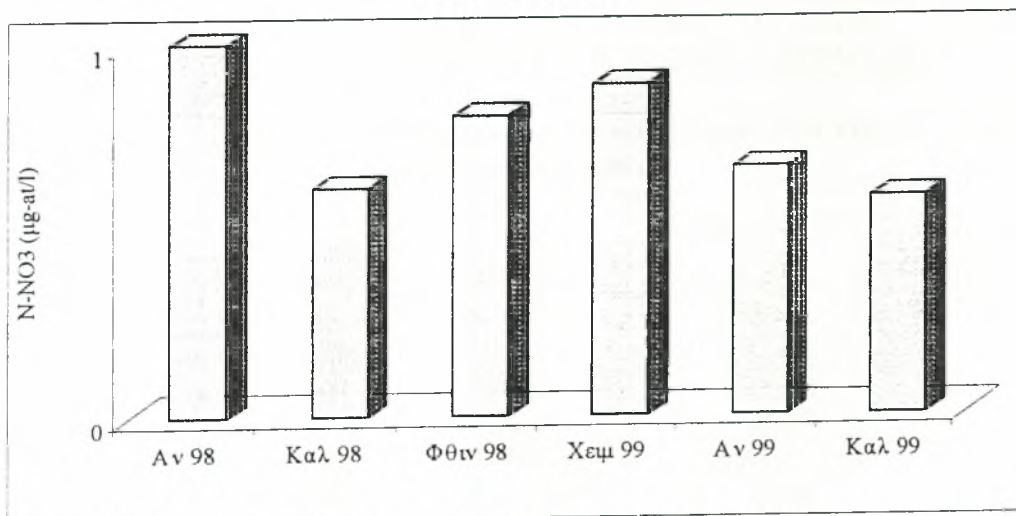
|              | Επιφανειακό<br>στρώμα | Μεσαίο<br>στρώμα     | Βαθύ<br>στρώμα       | Υδάτινη<br>στήλη |
|--------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------|
| Άνοιξη 98    | 0,464<br>0,062-0,857  | 2,21<br>0,11-6,635   | 0,253<br>0,032-0,622 | 0,975            |
| Καλοκαίρι 98 | 0,313                 | 0,165                | 1,766                | 0,748            |
| Φθινόπωρο 98 | 0,393<br>0,103-0,803  | 0,464<br>0,249-0,745 | 0,617<br>0,297-0,819 | 0,491            |
| Χειμώνας 99  | 1<br>0,676-1,324      | 0,74<br>0,678-0,802  | 0,55<br>0,366-0,735  | 0,763            |
| Άνοιξη 99    | 0,508<br>0,398-0,606  | 0,228<br>0,026-0,43  | 1,038<br>0,197-1,811 | 0,591            |
| Καλοκαίρι 99 | 0,208<br>0,071-0,341  | 0,173<br>0,086-0,253 | 0,615<br>0,036-1,706 | 0,332            |



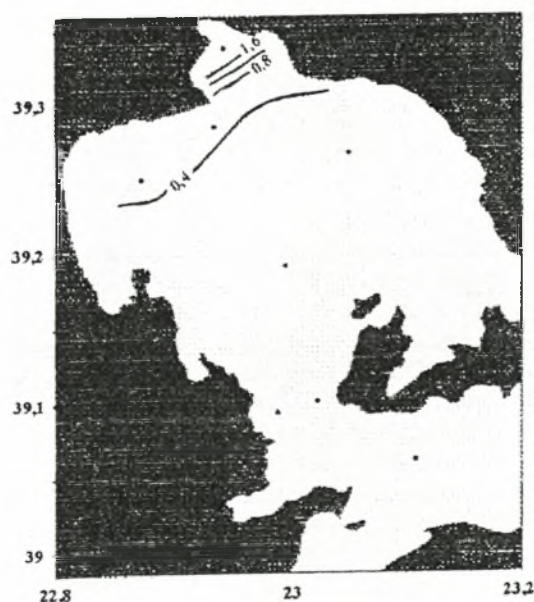
Σχήμα 27. Εποχιακή μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης νιτρικών N-NO<sub>3</sub> στα επιμέρους βάθη των περιοχών του Παγασητικού



Σχήμα 28. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων νιτρικών N-NO<sub>3</sub> στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



Σχήμα 29. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων νιτρικών N-NO<sub>3</sub> στον Παγασητικό



Σχήμα 30. Επιφανειακή κατανομή των συγκεντρώσεων νιτρικών N-NO<sub>3</sub> (μg-at/l)

Πίνακας 28. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N-NO<sub>2</sub> (μg-at/l) στον κεντρικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Πολύ βαθύ στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,032<br>0,006-0,131 | 0,029<br>0,01-0,071  | 0,056<br>0,014-0,15  | 0,044<br>0,016-0,101 | 0,04          |
| Καλοκαίρι 98 | 0,01                 | 0,045                | 0,407                |                      | 0,154         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,085<br>0,007-0,294 | 0,077<br>0,01-0,274  | 0,136<br>0,023-0,641 | 0,048<br>0,037-0,059 | 0,091         |
| Χειμώνας 99  | 0,252<br>0,172-0,314 | 0,223<br>0,099-0,35  | 0,258<br>0,128-0,331 | 0,306<br>0,262-0,351 | 0,259         |
| Άνοιξη 99    | 0,059<br>0,004-0,138 | 0,097<br>0,014-0,183 | 0,314<br>0,052-0,58  | 0,063<br>0,022-0,14  | 0,133         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,018<br>0,009-0,029 | 0,018<br>0,005-0,029 | 0,017<br>0,002-0,043 | 0,04<br>0,003-0,102  | 0,023         |

Πίνακας 29. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N-NO<sub>2</sub> (μg-at/l) στον εξωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,048<br>0,011-0,232 | 0,042<br>0,01-0,097  | 0,094<br>0,01-0,186  | 0,061         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,012<br>0,007-0,018 | 0,053<br>0,05-0,057  | 0,016<br>0,007-0,026 | 0,027         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,133<br>0,007-0,392 | 0,154<br>0,056-0,367 | 0,044<br>0,019-0,108 | 0,11          |
| Χειμώνας 99  | 0,232<br>0,15-0,318  | 0,327<br>0,27-0,377  | 0,262<br>0,202-0,325 | 0,273         |
| Άνοιξη 99    | 0,09<br>0,007-0,195  | 0,21<br>0,151-0,269  | 0,18<br>0,053-0,386  | 0,16          |
| Καλοκαίρι 99 | 0,019<br>0,01-0,031  | 0,012<br>0,006-0,022 | 0,081<br>0,019-0,165 | 0,037         |

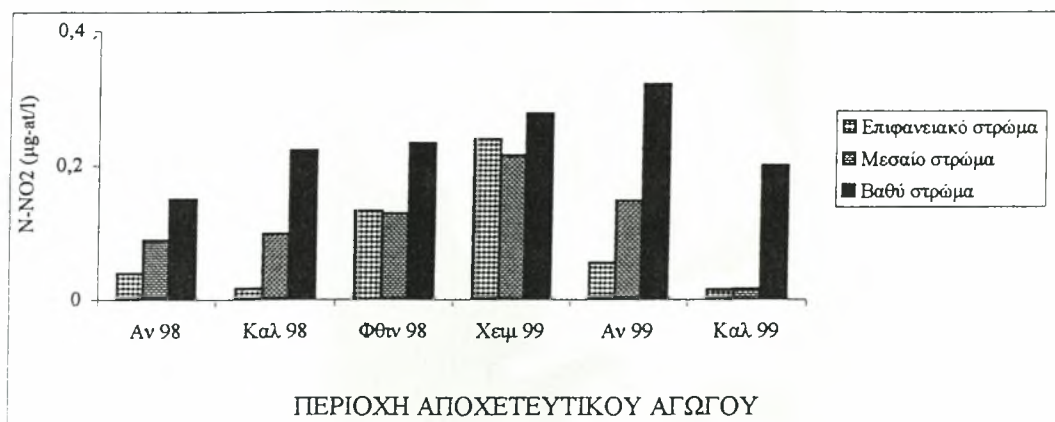
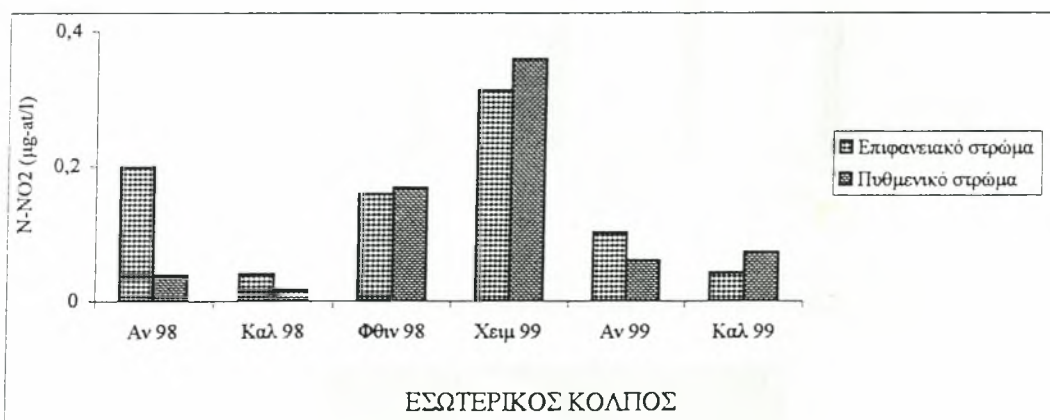
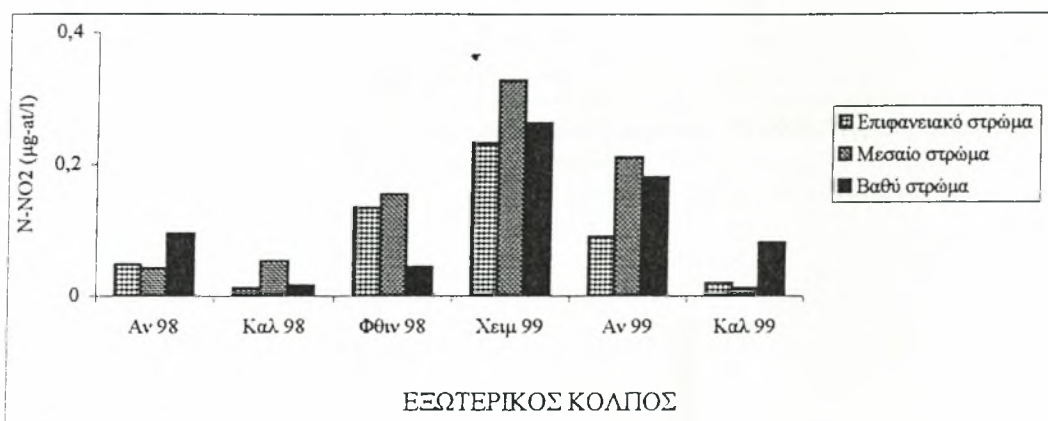
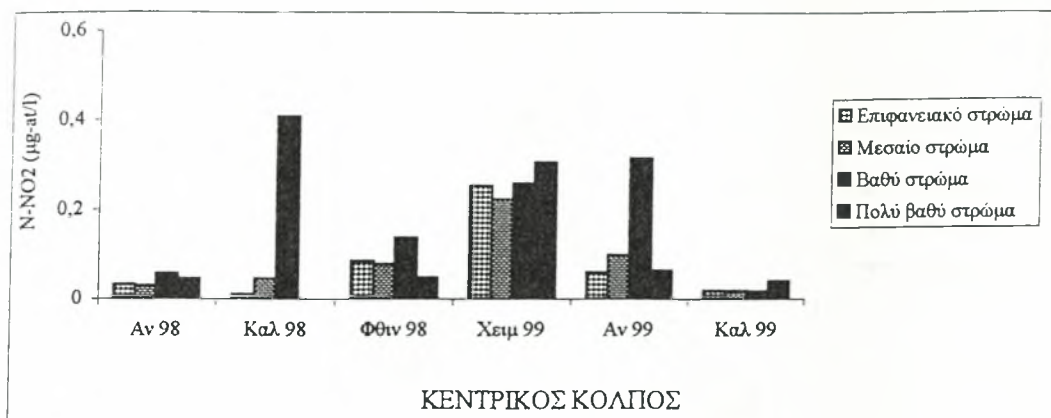
Πίνακας 30. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N-NO<sub>2</sub> (μg-at/l) στον εσωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Πυθμενικό στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,198<br>0,02-0,982  | 0,038<br>0,02-0,051  | 0,118         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,04                 | 0,016                | 0,028         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,158<br>0,017-0,371 | 0,168<br>0,036-0,408 | 0,163         |
| Χειμώνας 99  | 0,312<br>0,222-0,424 | 0,358<br>0,254-0,54  | 0,335         |
| Άνοιξη 99    | 0,101<br>0,006-0,299 | 0,06<br>0,014-0,182  | 0,08          |
| Καλοκαίρι 99 | 0,044<br>0,028-0,084 | 0,072<br>0,024-0,198 | 0,058         |

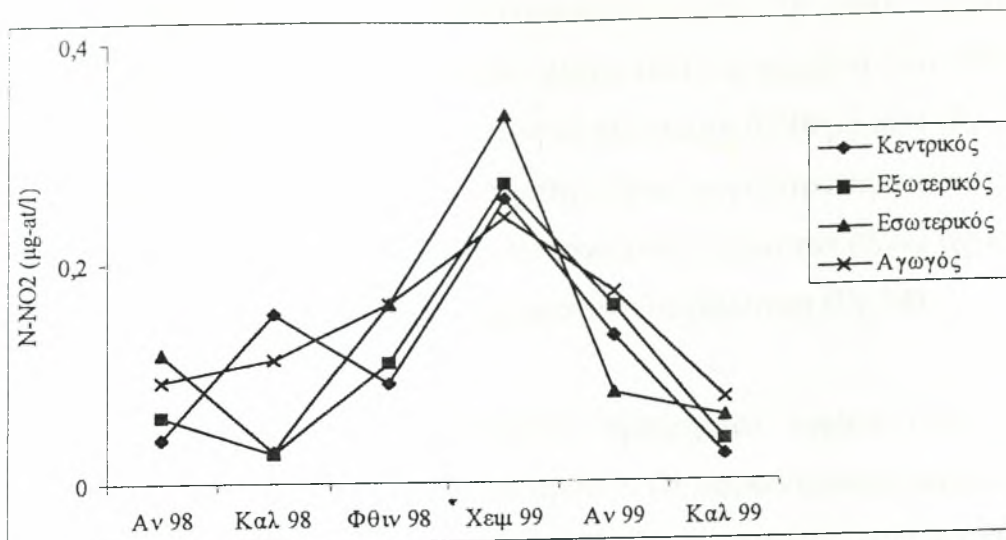
Πίνακας 31. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N-NO<sub>2</sub> (μg-at/l) στην περιοχή του αγωγού

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,039<br>0,009-0,076 | 0,089<br>0,046-0,143 | 0,15<br>0,025-0,276  | 0,092         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,016                | 0,098                | 0,222                | 0,112         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,131<br>0,007-0,343 | 0,128<br>0,007-0,223 | 0,232<br>0,135-0,391 | 0,163         |
| Χειμώνας 99  | 0,238<br>0,225-0,251 | 0,214<br>0,159-0,27  | 0,276<br>0,203-0,35  | 0,242         |
| Άνοιξη 99    | 0,054<br>0,007-0,141 | 0,147<br>0,121-0,174 | 0,32<br>0,142-0,584  | 0,173         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,014<br>0,006-0,019 | 0,015<br>0,005-0,022 | 0,199<br>0,028-0,338 | 0,076         |

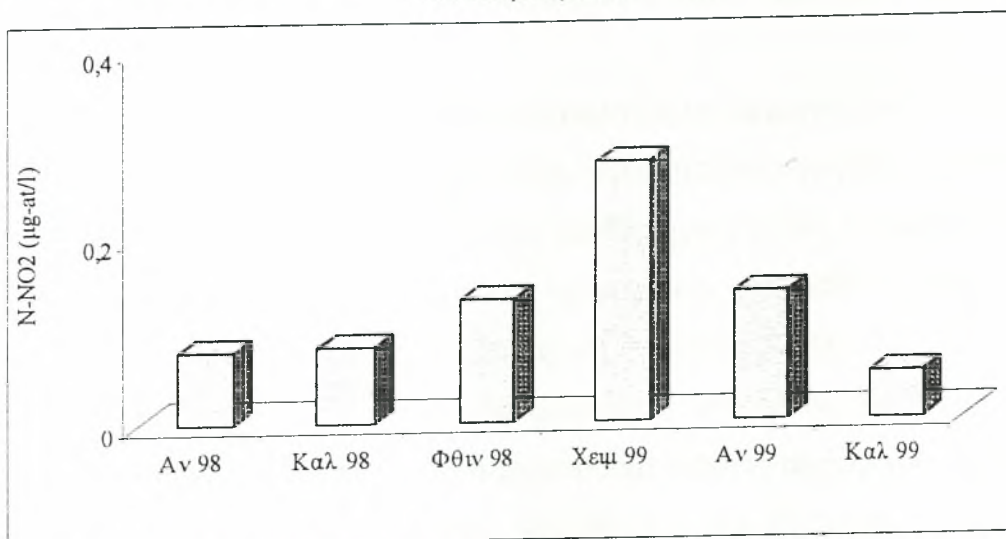




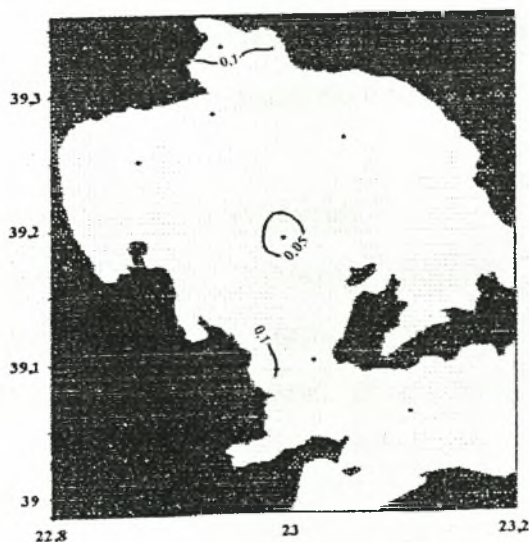
Σχήμα 31. Εποχιακή μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης νιτρικών N-NO<sub>2</sub> στα επιμέρους βάθη των περιοχών του Παγασητικού



Σχήμα 32. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων νιτρικών N-NO<sub>2</sub> στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



Σχήμα 33. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων νιτρικών N-NO<sub>2</sub> στον Παγασητικό



Σχήμα 34. Επιφανειακή κατανομή των συγκεντρώσεων νιτρικών N-NO<sub>2</sub> (µg-at/l)

οφείλεται σε δυσλειτουργία του αποχετευτικού αγωγού. Οι μέσες εποχιακές συγκεντρώσεις νιτρωδών διατηρούνται -εκτός από το χειμώνα του '99- σε σχετικά χαμηλά επίπεδα με ελάχιστη τιμή το καλοκαίρι 0,048  $\mu\text{g-at/l}$  (Σχ. 33). Στην επιφάνεια του κόλπου η μέγιστη μέση ετήσια συγκέντρωση νιτρωδών - όπως και των νιτρικών- παρατηρείται στο εσωτερικό τμήμα του (0,142  $\mu\text{g-at/l}$ ) χωρίς όμως να δηλώνει σημαντική ανθρωπογενή επιβάρυνση (Σχ. 34).

### Αμμωνιακά

Η αμμωνία στο θαλάσσιο περιβάλλον προέρχεται κυρίως από τους υδρόβιους οργανισμούς ως μεταβολικό προϊόν. Οι συγκεντρώσεις αμμωνίας στον παγκόσμιο ωκεανό είναι γενικά χαμηλές με έντονες χωροχρονικές μεταβολές, ενώ συνήθως αποκτούν τις μέγιστες τιμές τους κάτω από την ευφωτική ζώνη.

Στον Παγασητικό η μέγιστη μέση συγκέντρωση αμμωνιακών ( $\text{N-NH}_4$ ) παρατηρείται στο επιφανειακό στρώμα της περιοχής του αγωγού την άνοιξη του '98 - συγκεκριμένα το μήνα Μάιο (2,693  $\mu\text{g-at/l}$ ) και η ελάχιστη το καλοκαίρι -όπως επίσης τα νιτρικά και τα νιτρώδη- στο βαθύ στρώμα του ίδιου τμήματος του κόλπου (0,022  $\mu\text{g-at/l}$ ) (Πιν. 32-35, Σχ. 35). Οι συγκεντρώσεις αμμωνιακών παρουσιάζουν στις επιμέρους περιοχές του κόλπου σχεδόν την ίδια συμπεριφορά με απουσία ετήσιας περιοδικότητας και ιδιαίτερα υψηλό μέγιστο την άνοιξη του '98 (Σχ. 36). Οι μέσες εποχιακές συγκεντρώσεις  $\text{N-NH}_4$  τιμές τους γίνονται ελάχιστες το καλοκαίρι του '98, 0,185  $\mu\text{g-at/l}$  (Σχ. 37). Στην επιφάνεια του κόλπου οι μεγαλύτερες μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις αμμωνιακών παρατηρούνται στον όρμο του Βόλου και την περιοχή του αγωγού (Σχ. 38).

### Ποσοστιαία κατανομή των αζωτούχων ιόντων

Γενικά στον Παγασητικό ως κυρίαρχη μορφή αζωτούχων ιόντων εμφανίζονται τα νιτρικά, ενώ τα αμμωνιακά παρουσιάζουν αυξημένη συμμετοχή την άνοιξη του '98 και το καλοκαίρι του '99 (Σχ. 39, 40).

Πίνακας 32. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N-NH<sub>4</sub> (μg-at/l) στον κεντρικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Πολύ βαθύ στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,72<br>0,117-1,765  | 0,884<br>0,127-2,885 | 0,481<br>0,12-1,719  | 1,242<br>0,109-2,566 | 0,831         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,158                | 0,164                | 0,165                |                      | 0,162         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,119<br>0,015-0,367 | 0,189<br>0,019-0,823 | 0,177<br>0,002-0,689 | 0,284<br>0,111-0,405 | 0,192         |
| Χειμώνας 99  | 0,368<br>0,181-0,662 | 0,55<br>0,24-0,917   | 0,537<br>0,175-0,939 | 0,439<br>0,045-0,834 | 0,473         |
| Άνοιξη 99    | 0,245<br>0,016-0,568 | 0,29<br>0,018-0,754  | 0,182<br>0,041-0,311 | 0,159<br>0,101-0,215 | 0,219         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,455<br>0,018-0,988 | 0,577<br>0,018-1,073 | 1,09<br>0,101-2,192  | 0,455<br>0,013-0,898 | 0,644         |

Πίνακας 33. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N- NH<sub>4</sub> (μg-at/l) στον εξωτερικό Παγασητικό

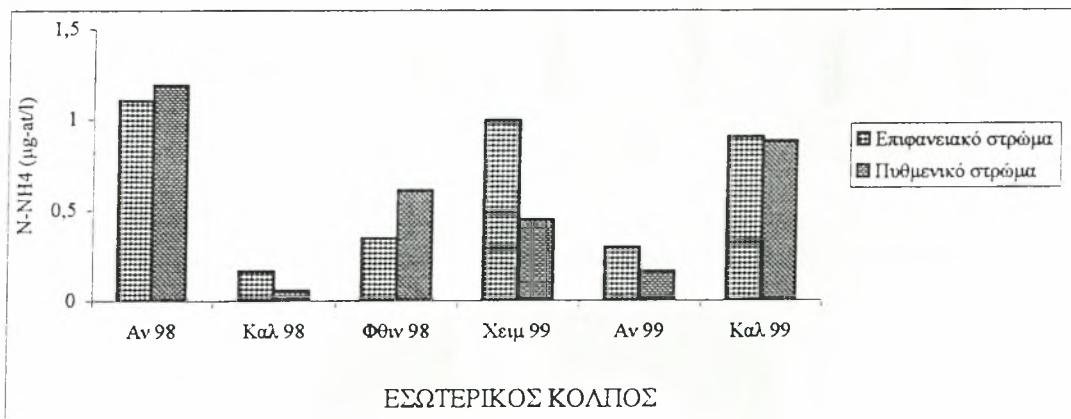
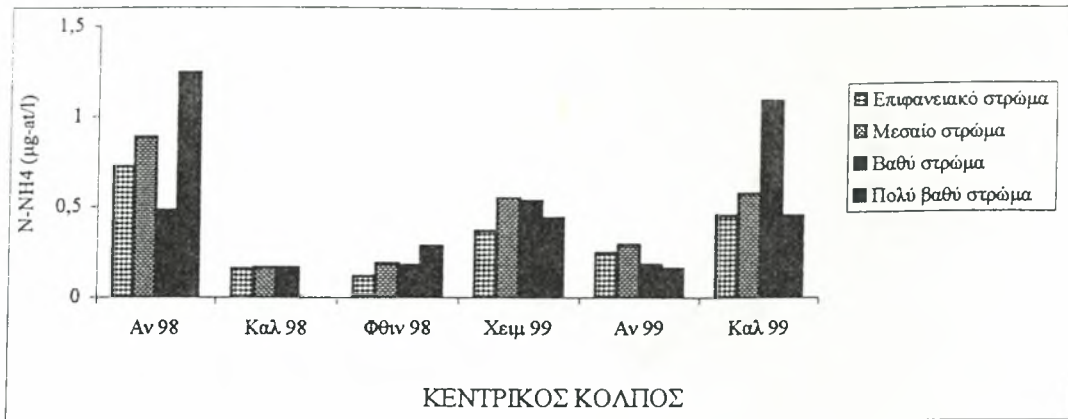
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,736<br>0,013-2,634 | 0,878<br>0,098-1,971 | 0,568<br>0,098-1,501 | 0,727         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,171<br>0,153-0,19  | 0,176<br>0,172-0,181 | 0,178<br>0,175-0,181 | 0,175         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,162<br>0,067-0,258 | 0,076<br>0,002-0,139 | 0,232<br>0,005-0,657 | 0,156         |
| Χειμώνας 99  | 0,203<br>0,027-0,334 | 0,248<br>0,168-0,338 | 0,683<br>0,259-1,319 | 0,378         |
| Άνοιξη 99    | 0,096<br>0,034-0,188 | 0,169<br>0,028-0,304 | 0,424<br>0,062-1,297 | 0,229         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,584<br>0,124-1,053 | 0,3<br>0,276-0,339   | 0,256<br>0,054-0,618 | 0,38          |

Πίνακας 34. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N- NH<sub>4</sub> (μg-at/l) στον εσωτερικό Παγασητικό

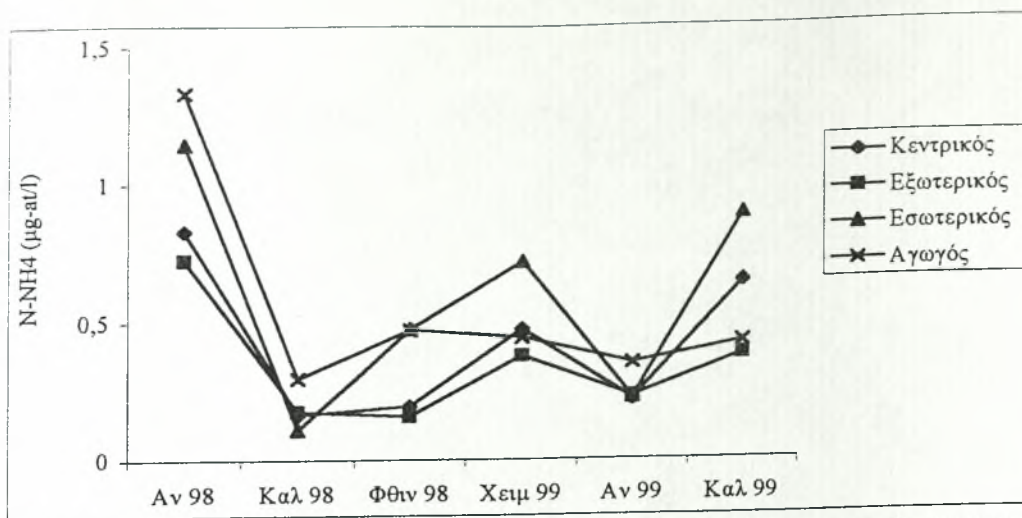
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Πυθμενικό στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 1,105<br>0,002-3,05  | 1,189<br>0,01-5,535  | 1,147         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,164                | 0,055                | 0,109         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,344<br>0,17-0,83   | 0,608<br>0,154-1,432 | 0,476         |
| Χειμώνας 99  | 0,995<br>0,245-2,883 | 0,446<br>0,299-0,701 | 0,72          |
| Άνοιξη 99    | 0,294<br>0,129-0,554 | 0,159<br>0,011-0,355 | 0,226         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,902<br>0,349-1,765 | 0,878<br>0,018-1,66  | 0,89          |

Πίνακας 35. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων N- NH<sub>4</sub> (μg-at/l) στην περιοχή του αγωγού

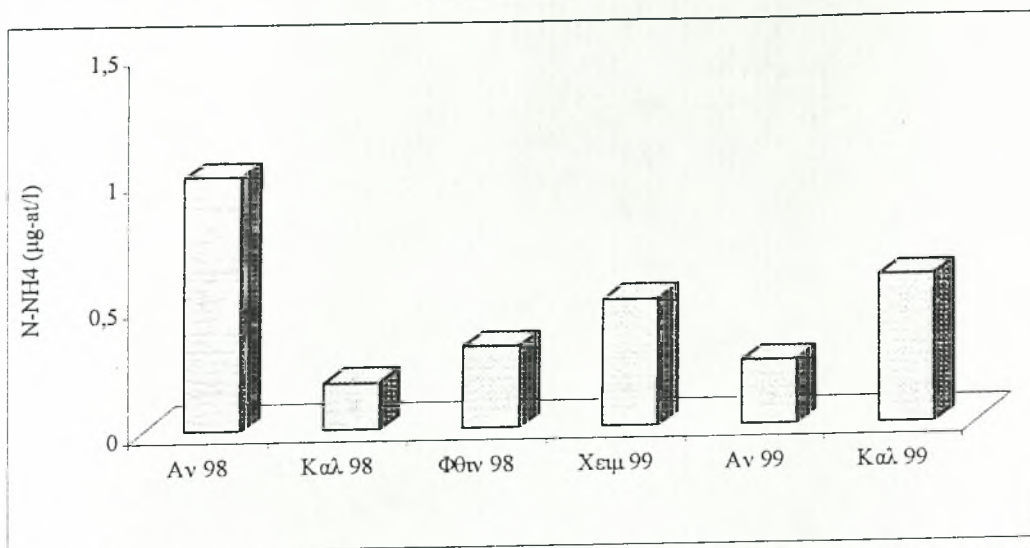
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 2,693<br>0,071-8,704 | 0,536<br>0,058-0,988 | 0,771<br>0,182-1,705 | 1,333         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,06                 | 0,803                | 0,022                | 0,295         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,643<br>0,14-1,626  | 0,333<br>0,144-0,429 | 0,44<br>0,085-1,086  | 0,472         |
| Χειμώνας 99  | 0,589<br>0,295-0,883 | 0,34<br>0,019-0,662  | 0,402<br>0,173-0,631 | 0,443         |
| Άνοιξη 99    | 0,458<br>0,405-0,511 | 0,348<br>0,33-0,366  | 0,243<br>0,158-0,38  | 0,349         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,577<br>0,057-1,178 | 0,399<br>0,133-0,902 | 0,306<br>0,137-0,461 | 0,427         |



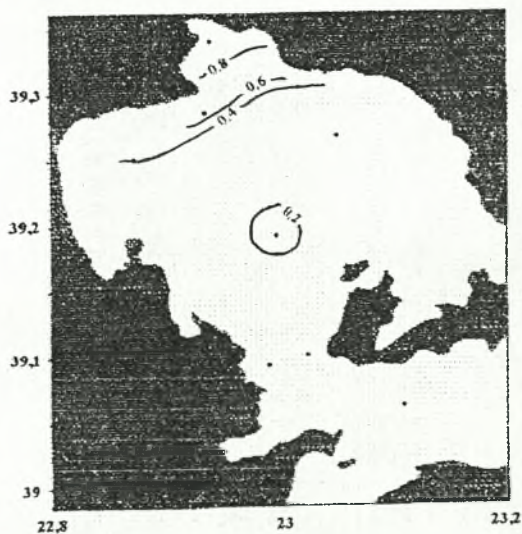
Σχήμα 35. Εποχιακή μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης αμμωνίας N-NH<sub>4</sub> στα επιμέρους βάθη των περιοχών του Παγασητικού



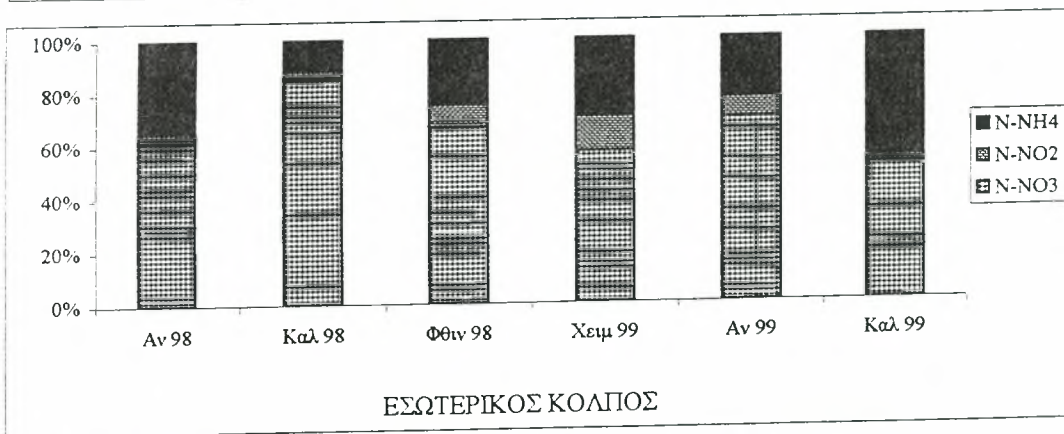
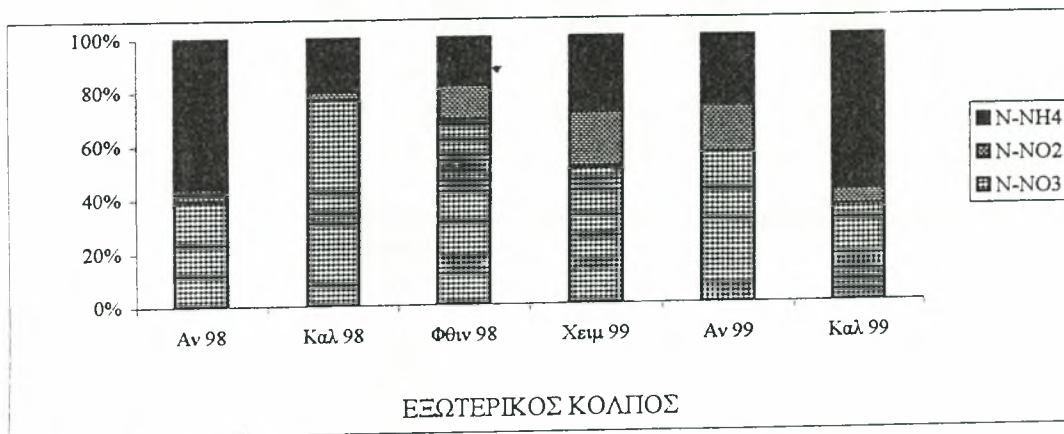
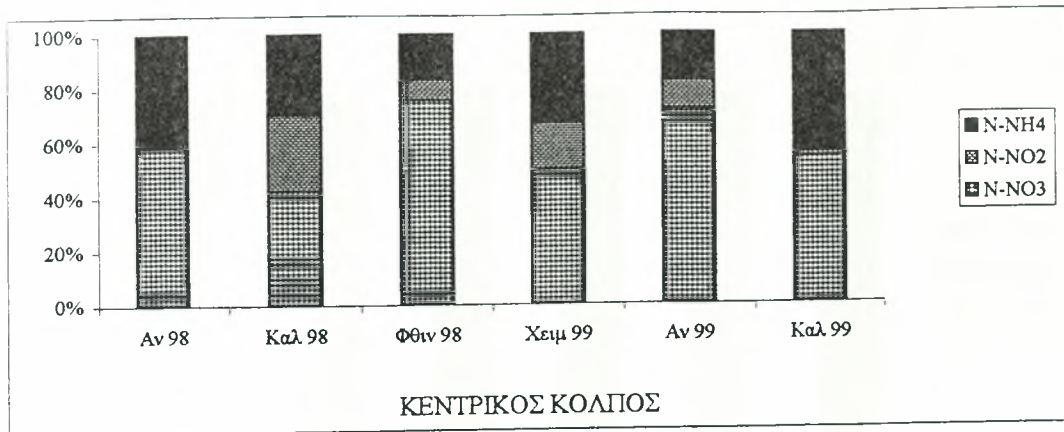
Σχήμα 36. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων αμμωνίας N-NH4 στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



Σχήμα 37. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων αμμωνίας N-NH4 στον Παγασητικό

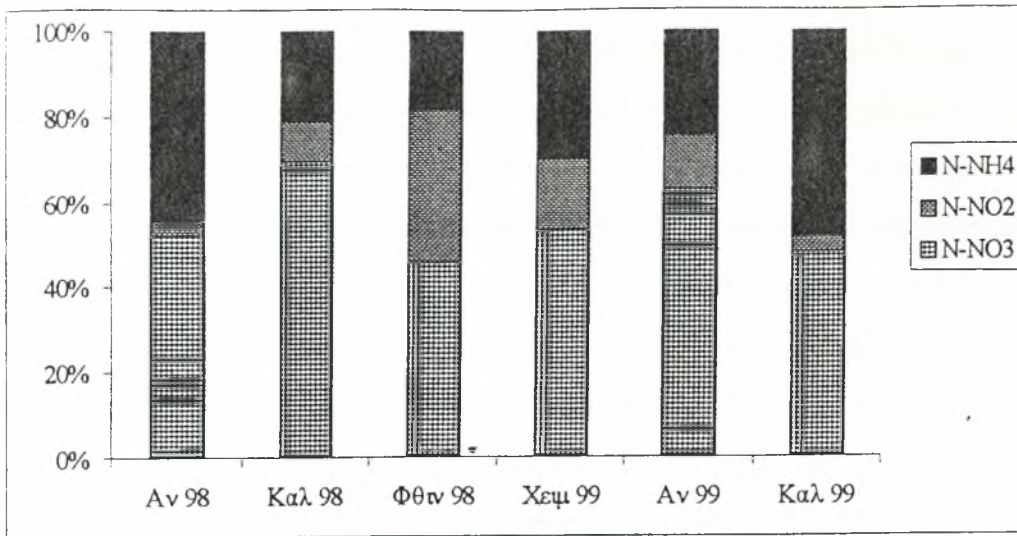


Σχήμα 38. Επιφανειακή κατανομή των συγκεντρώσεων αμμωνίας N-NH4 (μg-at/l)

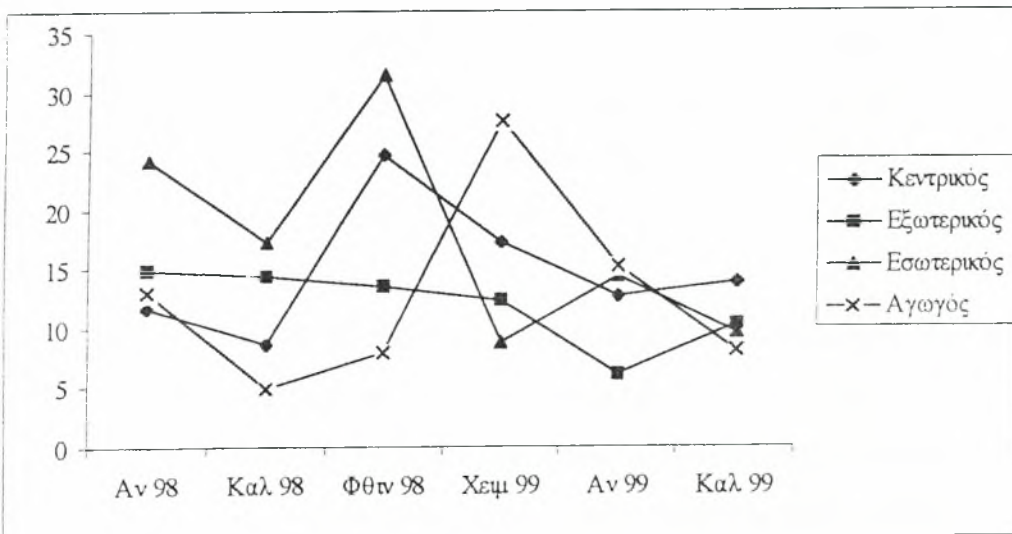


Σχήμα 39. Εποχιακή μεταβολή του ποσοστού συμμετοχής νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών ιόντων στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού





Σχήμα 40. Εποχιακή μεταβολή του ποσοστού συμμετοχής νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών ιόντων στον Παγασητικό



Σχήμα 41. Εποχιακή μεταβολή του λόγου των συγκεντρώσεων αζώτου:φωσφόρου (ΣN/P) στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού

### Λόγοι των συγκεντρώσεων αζώτου/φωσφόρου (ΣΝ/Ρ)

Στο μεγαλύτερο τμήμα της Μεσογείου ο φώσφορος θεωρείται ως ο περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού και των βακτηρίων, με μειωμένες συγκεντρώσεις καθώς κινούμαστε από τη δύση στην ανατολή (Krom *et al.*, 1991). Παρόλα αυτά, στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού οι λόγοι ΣΝ/Ρ είναι άλλοτε μικρότεροι και άλλοτε μεγαλύτεροι του λόγου Redfield (16/1) που χαρακτηρίζει το θαλάσσιο περιβάλλον, γεγονός που φανερώνει ότι το ρόλο του περιοριστικού παράγοντα στον κόλπο παίζει άλλοτε το άζωτο και άλλοτε ο φώσφορος. Βέβαια, τα βαθύτερα στρώματα εμφανίζουν σαν κυριότερό περιοριστικό παράγοντα το άζωτο, ενώ το ίδιο παρατηρείται και στον εξωτερικό κόλπο (Πιν. 36-39, Σχ. 41).

### Εμπλουτισμός με θρεπτικά

Για να μελετηθεί ο εμπλουτισμός του Παγασητικού με θρεπτικά υπολογίστηκαν οι μέσες συγκεντρώσεις των θρεπτικών στον κόλπο και στη συνέχεια πολλαπλασιάστηκαν με τον όγκο του (36km<sup>3</sup>) προκειμένου τελικά να συγκριθούν με τις τιμές αναφοράς κάθε θρεπτικού στο Αιγαίο Πέλαγος (Friligos, 1988).

Εκτός από το πυρίτιο και τα νιτρικά που έχουν αντίστοιχα 3,5 και 2 φορές μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στον Παγασητικό σε σχέση με τις τιμές αναφοράς τους στο Αιγαίο Πέλαγος τα υπόλοιπα θρεπτικά παρουσιάζουν περίπου ίσες συγκεντρώσεις με αυτές στο ολιγοτροφικό Αιγαίο, γεγονός που επιβεβαιώνει τον ολιγοτροφικό χαρακτήρα του κόλπου (Πιν. 40-42). Αντίθετα αποτελέσματα έχουν παρατηρηθεί σε ελληνικές παράκτιες περιοχές που υπόκεινται σε διάφορες ανθρωπογενείς επιδράσεις και χαρακτηρίζονται ως εύτροφες, π.χ. ο Αμβρακικός και ο Θερμαϊκός κόλπος (Friligos, 1987, 1997). Στον πίνακα 43 παρουσιάζονται οι συντελεστές ευτροφισμού που έχουν υπολογισθεί με τη μεθοδολογία που αναφέρθηκε παραπάνω για διάφορους ελληνικούς κόλπους. Αξίζει ν' αναφερθεί, ότι οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών και οι λόγοι τους προς τις αντίστοιχες του Αιγαίου Πελάγους δεν

Πίνακας 36. Λόγοι των συγκεντρώσεων αζώτου/φωσφόρου (ΣΝ/Ρ) στον κεντρικό Παγαιοσητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα | Μεσαίο στρώμα | Βαθύ στρώμα | Πολύ βαθύ στρώμα | Υδάτινη στήλη |
|--------------|--------------------|---------------|-------------|------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 15,263             | 18,847        | 13,687      | 8,598            | 11,626        |
| Καλοκαίρι 98 | 10,521             | 10,046        | 7,103       |                  | 8,714         |
| Φθινόπωρο 98 | 15,968             | 18,875        | 9,673       | 9,356            | 24,744        |
| Χειμώνας 99  | 26,355             | 27,5          | 9,026       | 30,129           | 17,357        |
| Άνοιξη 99    | 6,939              | 16,512        | 20,574      | 10,73            | 12,724        |
| Καλοκαίρι 99 | 9,106              | 12,272        | 18,346      | 14,085           | 13,8          |

Πίνακας 37. Λόγοι των συγκεντρώσεων αζώτου/φωσφόρου (ΣΝ/Ρ) στον εξωτερικό Παγαιοσητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα | Μεσαίο στρώμα | Βαθύ στρώμα | Υδάτινη στήλη |
|--------------|--------------------|---------------|-------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 11                 | 18,78         | 11,142      | 13,03         |
| Καλοκαίρι 98 | 1,374              | 3,96          | 9,398       | 4,96          |
| Φθινόπωρο 98 | 19,5               | 21,25         | 4,342       | 8,009         |
| Χειμώνας 99  | 19,958             | 47            | 24,623      | 27,562        |
| Άνοιξη 99    | 11,739             | 13,729        | 18,05       | 15,172        |
| Καλοκαίρι 99 | 9,089              | 6,024         | 9,158       | 8,137         |

Πίνακας 38. Λόγοι των συγκεντρώσεων αζώτου/φωσφόρου (ΣΝ/Ρ) στον εσωτερικό Παγαιοσητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα | Πυθμενικό στρώμα | Υδάτινη στήλη |
|--------------|--------------------|------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 20,57              | 8,575            | 14,981        |
| Καλοκαίρι 98 | 19,329             | 4,34             | 14,318        |
| Φθινόπωρο 98 | 20,303             | 9,863            | 13,524        |
| Χειμώνας 99  | 31,904             | 5,333            | 12,351        |
| Άνοιξη 99    | 5,662              | 6,653            | 6,148         |
| Καλοκαίρι 99 | 21,696             | 4,905            | 10,395        |

Πίνακας 39. Λόγοι των συγκεντρώσεων αζώτου/φωσφόρου (ΣΝ/Ρ) στην περιοχή του αγωγού

|              | Επιφανειακό στρώμα | Μεσαίο στρώμα | Βαθύ στρώμα | Υδάτινη στήλη |
|--------------|--------------------|---------------|-------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 31,029             | 38,31         | 9,622       | 24,242        |
| Καλοκαίρι 98 | 15,56              | 28,052        | 14,565      | 17,238        |
| Φθινόπωρο 98 | 29,923             | 14,015        | 6,678       | 31,575        |
| Χειμώνας 99  | 17,4               | 20,87         | 3,790       | 8,883         |
| Άνοιξη 99    | 20,4               | 11,476        | 13,567      | 14,454        |
| Καλοκαίρι 99 | 14,017             | 5,435         | 11,914      | 9,709         |

Πίνακας 40. Μέσες συγκεντρώσεις θρεπτικών (μg-at/l) στον Παγασητικό

|              | P-PO4 | Si-SiO4 | N-NO3 | N-NO2 | N-NH4 | ΣΝ    |
|--------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| Άνοιξη 98    | 0,15  | 4,531   | 1,191 | 0,077 | 1,009 | 2,277 |
| Καλοκαίρι 98 | 0,092 | 3,176   | 0,613 | 0,08  | 0,185 | 0,878 |
| Φθινόπωρο 98 | 0,098 | 5,475   | 0,807 | 0,131 | 0,324 | 1,262 |
| Χειμώνας 99  | 0,123 | 5,184   | 0,891 | 0,277 | 0,503 | 1,671 |
| Άνοιξη 99    | 0,098 | 3,047   | 0,666 | 0,136 | 0,255 | 1,057 |
| Καλοκαίρι 99 | 0,114 | 4,427   | 0,586 | 0,048 | 0,585 | 1,219 |
| Αναφορά      | 0,12  | 1,22    | 0,36  | 0,16  | 0,42  | 0,94  |

Πίνακας 41. Ολικές συγκεντρώσεις θρεπτικών (g-at x 10<sup>6</sup>) στον Παγασητικό

|              | P-PO4 | Si-SiO4 | N-NO3 | N-NO2 | N-NH4 | ΣΝ    |
|--------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| Άνοιξη 98    | 5,4   | 163,1   | 42,8  | 2,7   | 36,3  | 81,8  |
| Καλοκαίρι 98 | 3,3   | 114,3   | 22    | 2,8   | 6,6   | 31,4  |
| Φθινόπωρο 98 | 3,5   | 197,1   | 29    | 4,7   | 11,6  | 45,3  |
| Χειμώνας 99  | 4,4   | 186,6   | 32    | 9,9   | 18,1  | 60    |
| Άνοιξη 99    | 3,5   | 109,6   | 23,9  | 4,8   | 9,1   | 37,8  |
| Καλοκαίρι 99 | 4,1   | 159,3   | 21    | 1,7   | 21    | 43,7  |
| Αναφορά*     | 4,32  | 43,92   | 12,96 | 5,76  | 15,12 | 33,84 |

\* η τιμή προέρχεται από τον πολλαπλασιασμό της τιμής αναφοράς με τον όγκο του κόλπου

Πίνακας 42. Λόγοι των ολικών συγκεντρώσεων θρεπτικών προς τις αντίστοιχες τιμές αναφοράς στον Παγασητικό

|              | P-PO4 | Si-SiO4 | N-NO3 | N-NO2 | N-NH4 | ΣΝ   |
|--------------|-------|---------|-------|-------|-------|------|
| Άνοιξη 98    | 1,25  | 3,71    | 3,3   | 0,46  | 2,4   | 2,42 |
| Καλοκαίρι 98 | 0,76  | 2,6     | 1,7   | 0,5   | 0,44  | 0,93 |
| Φθινόπωρο 98 | 0,81  | 4,48    | 2,24  | 0,81  | 0,77  | 1,34 |
| Χειμώνας 99  | 1,02  | 4,24    | 2,47  | 1,73  | 1,19  | 1,77 |
| Άνοιξη 99    | 0,81  | 2,49    | 1,85  | 0,85  | 0,6   | 1,12 |
| Καλοκαίρι 99 | 0,95  | 3,62    | 1,62  | 0,3   | 1,39  | 1,29 |
| Μέσος όρος   | 0,93  | 3,53    | 2,2   | 0,78  | 1,13  | 1,48 |

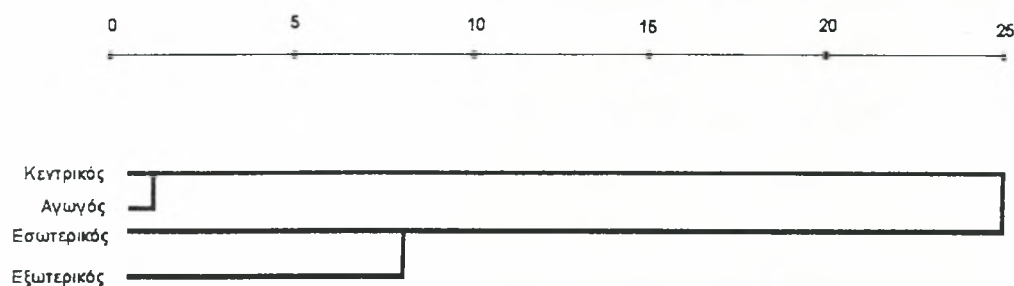
έχουν μεταβληθεί σημαντικά σε σχέση με προηγούμενες μελέτες στον κόλπο (Θεοδώρου και συν., 1997).

Πίνακας 43. Συντελεστές εμπλουτισμού με θρεπτικά για διάφορους ελληνικούς κόλπους

|                | P-PO <sub>4</sub> | Si-SiO <sub>4</sub> | N-NO <sub>3</sub> | N-NO <sub>2</sub> | N-NH <sub>4</sub> |
|----------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Παγασητικός    | 0,9               | 3,5                 | 2,2               | 0,7               | 1,1               |
| Όρμ. Ελευσίνας | 7                 | 3,05                | 15,8              | 5,1               | 4,1               |
| Δ. Σαρωνικός   | 6,4               | 1,1                 | 2,5               | 2,25              | 2,95              |
| Εσ. Σαρωνικός  | 2,6               | 1,55                | 4,1               | 2,5               | 1,4               |
| Β. Ευβοϊκός    | 10,2              | 0,5                 | 1,7               | 2,9               | 13,2              |
| Ν. Ευβοϊκός    | 1,2               | 0,5                 | 0,65              | 1,5               | 1,4               |
| Όρμ. Θες/κης   | 3,9               | 3,8                 | 4,6               | 5,3               | 3,35              |
| Δ. Θερμαϊκός   | 3,8               | 2,4                 | 2,9               | 2,1               | 3,8               |
| Α. Θερμαϊκός   | 2,2               | 1,5                 | 2                 | 1,2               | 2,2               |
| Αμβρακικός     | 3,9               | 13                  | 3,9               | 0,6               | 1,1               |

Πηγή: Stergiou *et al.* (1997)

Στο σχήμα 42 παρουσιάζεται η ομαδοποίηση των επιμέρους περιοχών του κόλπου με βάση τις μέσες συγκεντρώσεις θρεπτικών στην υδάτινη στήλη. Είναι άξιο αναφοράς ότι ο ολιγοτροφικός κεντρικός κόλπος και η περιοχή του αποχετευτικού αγωγού εμφανίζονται στην ίδια ομάδα του δενδρογράμματος παρουσιάζοντας μεγάλη ομοιότητα, ενώ ο εσωτερικός κόλπος ομοιάζει περισσότερο με τον εξωτερικό.



Σχήμα 42. Δενδρογράμμα ομαδοποίησης των επιμέρους περιοχών του Παγασητικού με βάση τις μέσες συγκεντρώσεις θρεπτικών (Hierarchical Cluster Analysis, Average Linkage Between Groups)

## ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο θαλάσσιο περιβάλλον για μια δεδομένη χρονική στιγμή είναι το αποτέλεσμα ενός συνόλου φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών. Το διαλυμένο οξυγόνο παράγεται κατά τη φωτοσύνθεση και καταναλώνεται κατά την αναπνοή και την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών, ενώ ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων του αποτελεί δείκτη για την ποιότητα ενός συστήματος -ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές.

Στον Παγασητικό η μέγιστη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (DO) παρατηρείται το καλοκαίρι του '99 στο μεσαίο στρώμα της περιοχής του αγωγού (10,2 mg/l) και η ελάχιστη το φθινόπωρο του '98 στο επιφανειακό στρώμα του ίδιου τμήματος του κόλπου (6,133 mg/l). Οι υψηλές συγκεντρώσεις DO που παρατηρούνται στα βαθιά στρώματα πιθανόν οφείλονται στην ανταλλαγή υδάτων με το Αιγαίο Πέλαγος (Πιν. 44-47, Σχ. 43). Αξίζει ν' αναφερθεί, ότι σ' όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας εντός του κόλπου, οι μέγιστες συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου έχουν τιμή περίπου 11mg/l. Οι συγκεντρώσεις DO είναι γενικά υψηλές και παρουσιάζουν στις επιμέρους περιοχές του κόλπου ίδια συμπεριφορά με σχεδόν ίσες τιμές υποδηλώνοντας ένα καλά οξυγονωμένο σύστημα (Σχ. 44). Οι μέσες εποχιακές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου έχουν μέγιστη τιμή το καλοκαίρι του '99 και ελάχιστη το φθινόπωρο του '98, 9,161 και 6,972 mg/l αντίστοιχα (Σχ. 45). Στην επιφάνεια του κόλπου η μέγιστη μέση ετήσια συγκέντρωση παρατηρείται στο εξωτερικό τμήμα του, στο διάυλο του Τρίκερι (8,213 mg/l), πιθανόν λόγω της ανταλλαγής υδάτων με το Αιγαίο Πέλαγος μέσω του διαύλου των Ωρεών (Σχ. 46). Στην επιφάνεια των ελληνικών θαλασσών η συγκέντρωση DO κυμαίνεται γενικά σε επίπεδα >4,8 mg/l (Stergiou *et al.*, 1997).

Πίνακας 44. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων DO (mg/l) στον κεντρικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα | Μεσαίο στρώμα    | Βαθύ στρώμα       | Πολύ βαθύ στρώμα | Υδάτινη στήλη |
|--------------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 7,55<br>6,8-8,3    | 7,32<br>6,6-7,9  | 7,14<br>6,6-7,8   | 6,5<br>5,6-7     | 7,127         |
| Καλοκαίρι 98 | 6,8                | 7,4              | 8                 |                  | 7,4           |
| Φθινόπωρο 98 | 7,3<br>5,7-8,7     | 7,15<br>5-7,8    | 6,987<br>4,2-8,4  | 6,633<br>5,8-7,1 | 7,017         |
| Χειμώνας 99  | 8,3<br>6,6-10,1    | 7,4<br>6,5-8,4   | 8,225<br>7,8-8,8  | 8,25<br>8,3-8,2  | 8,043         |
| Άνοιξη 99    | 8,95<br>8,2-9,8    | 8,233<br>7,6-9,9 | 9,216<br>7,9-10,4 | 9,63<br>9,2-10,4 | 9,007         |
| Καλοκαίρι 99 | 8,67<br>8,1-10     | 8,45<br>6,9-10,9 | 9<br>7,7-11,2     | 7,75<br>6,4-9,1  | 8,467         |

Πίνακας 45. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων DO (mg/l) στον εξωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα | Μεσαίο στρώμα     | Βαθύ στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|--------------------|-------------------|-----------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 7,86<br>7,6-8      | 7,42<br>7-7,8     | 7,06<br>6,6-7,7 | 7,446         |
| Καλοκαίρι 98 | 8,45<br>8,2-8,7    | 8<br>7,8-8,2      | 7,4<br>6,8-8    | 7,95          |
| Φθινόπωρο 98 | 7,05<br>4,8-8,7    | 6,65<br>3,3-8,5   | 6,9<br>5,4-7,8  | 6,866         |
| Χειμώνας 99  | 8,27<br>7,8-8,9    | 8,575<br>7,4-9,5  | 8,275<br>7,3-9  | 8,373         |
| Άνοιξη 99    | 9,35<br>8,4-10,1   | 9,683<br>8,2-10,8 | 9,1<br>7,8-10,2 | 9,377         |
| Καλοκαίρι 99 | 8,275<br>7,8-8,8   | 9,575<br>8,2-11,4 | 8,725<br>8-9,6  | 8,858         |

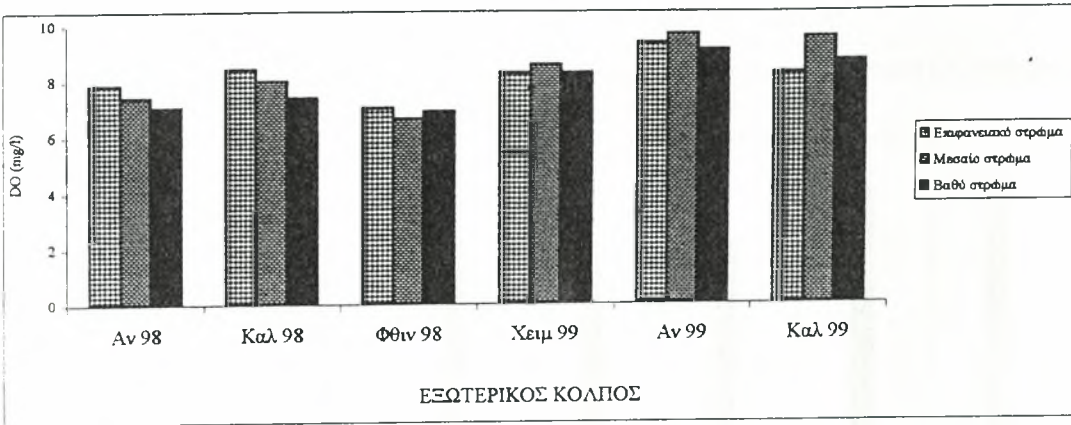
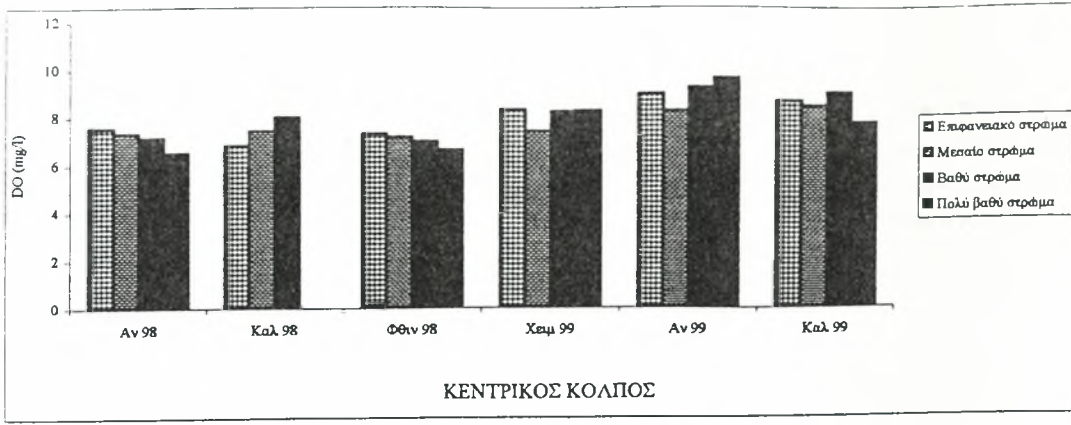
Πίνακας 46. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων DO (mg/l) στον εσωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα | Πυθμενικό στρώμα | Υδάτινη στήλη |
|--------------|--------------------|------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 7,55<br>6,9-8,1    | 7,512<br>6,8-8   | 7,531         |
| Καλοκαίρι 98 | 7,6                | 8                | 7,8           |
| Φθινόπωρο 98 | 7,166<br>6,7-8     | 7,45<br>7-8      | 7,308         |
| Χειμώνας 99  | 7,37<br>5,3-9,3    | 7,425<br>5,4-9,2 | 7,397         |
| Άνοιξη 99    | 8,5<br>7,9-9,2     | 8,633<br>7,5-9,4 | 8,566         |
| Καλοκαίρι 99 | 9,55<br>7-11,3     | 9,125<br>8,1-9,7 | 9,337         |

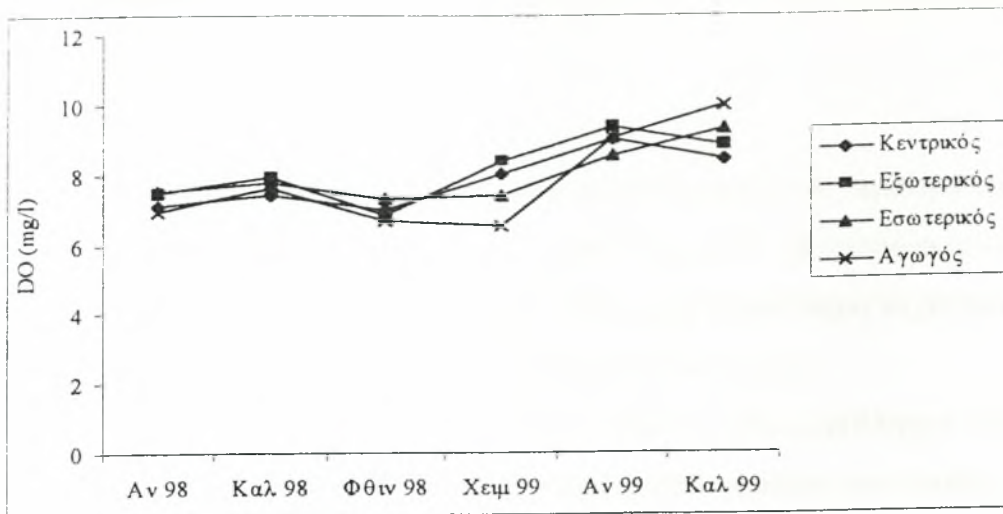
Πίνακας 47. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων DO (mg/l) στην περιοχή του αγωγού

|              | Επιφανειακό στρώμα | Μεσαίο στρώμα    | Βαθύ στρώμα      | Υδάτινη στήλη |
|--------------|--------------------|------------------|------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 7,125<br>6,4-7,7   | 6,8<br>6,4-7,2   | 7<br>6,6-7,5     | 6,975         |
| Καλοκαίρι 98 | 7,8                | 7,2              | 7,8              | 7,6           |
| Φθινόπωρο 98 | 6,133<br>4-8,1     | 6,8<br>5,7-7,4   | 7,16<br>6,4-7,7  | 6,697         |
| Χειμώνας 99  | 7,15<br>4,8-9,5    | 6,05<br>4,6-7,5  | 6,4<br>4,3-8,5   | 6,533         |
| Άνοιξη 99    | 9,3<br>8,2-10,4    | 8,55<br>7,7-9,4  | 9,35<br>8,2-10,5 | 9,066         |
| Καλοκαίρι 99 | 9,65<br>9,2-10,1   | 10,2<br>9,5-10,9 | 10,1<br>9,5-10,7 | 9,983         |

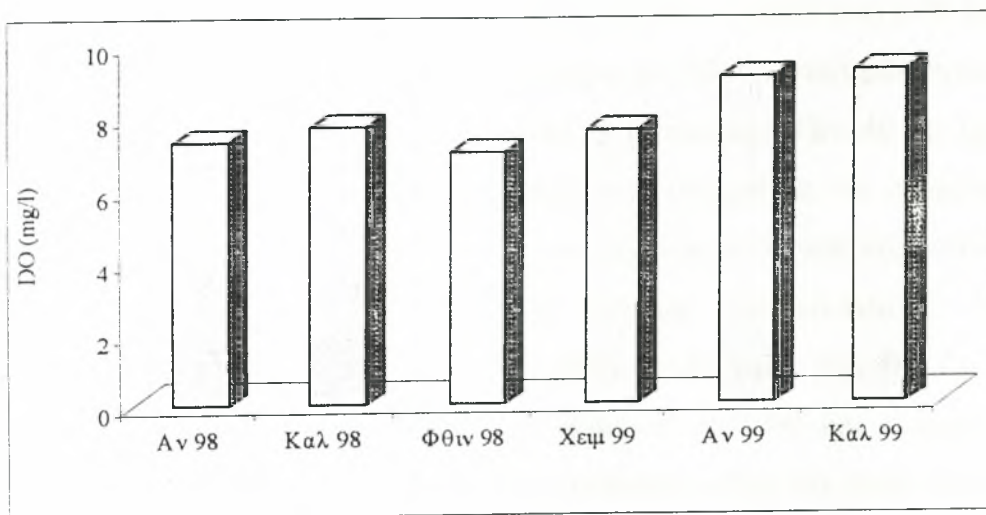




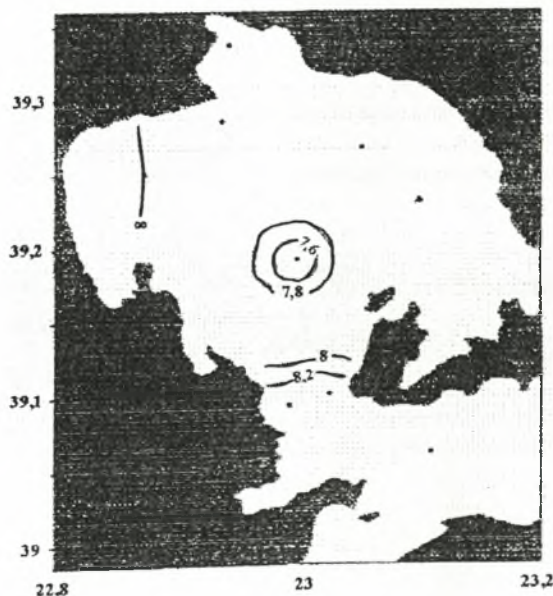
Σχήμα 43. Εποχιακή μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου DO στα επιμέρους βάθη των περιοχών του Παγασητικού



Σχήμα 44. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων διαλυμένου οξυγόνου DO στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



Σχήμα 45. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων DO στον Παγασητικό



Σχήμα 46. Επιφανειακή κατανομή των συγκεντρώσεων διαλυμένου οξυγόνου DO (mg/l)

## ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ-Α

Η χλωροφύλλη-α μετρά τη βιομάζα του φυτοπλαγκτού και προτιμάται γι' αυτό το σκοπό από τις υπόλοιπες χρωστικές των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών καθώς συντίθεται και αποσυντίθεται με μεγαλύτερη ταχύτητα, με αποτέλεσμα ν' ανταποκρίνεται ταχύτερα στις αλλαγές τους.

Στον Παγασητικό η μέγιστη μέση συγκέντρωση χλωροφύλλης-α (chl-a) παρατηρείται τον χειμώνα του '99 στο επιφανειακό στρώμα του εσωτερικού κόλπου ( $0,66 \text{ mg/m}^3$ ) και η ελάχιστη το καλοκαίρι του '98 στο ίδιο στρώμα του εξωτερικού κόλπου και της περιοχής του αγωγού ( $0,02 \text{ mg/m}^3$ ). Επίσης υψηλές τιμές chl-a παρατηρούνται την άνοιξη του '98 και ακολουθούνται από την εμφάνιση μειωμένων τιμών θρεπτικών το καλοκαίρι (Πιν. 48-51, Σχ. 47). Οι συγκεντρώσεις χλωροφύλλης-α εμφανίζονται αυξημένες στο επιφανειακό στρώμα του κόλπου -ακριβώς πάνω από το πυκνοκλινές- και παρουσιάζουν στις επιμέρους περιοχές του απουσία ετήσιας περιοδικότητας, ενώ ο εσωτερικός κόλπος χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερες τιμές (Σχ. 48). Οι μέσες εποχιακές τιμές τους είναι μέγιστες το χειμώνα του '99 και ελάχιστες το καλοκαίρι του '98,  $0,425$  και  $0,049 \text{ mg/m}^3$  αντίστοιχα (Σχ. 49). Στην επιφάνεια του κόλπου οι μεγαλύτερες μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις chl-a παρατηρούνται στο εσωτερικό τμήμα του και στην περιοχή του αγωγού (Σχ. 50), επιβεβαιώνοντας τον ιδιαίτερο χαρακτήρα της περιοχής του όρμου του Βόλου όπως διαμορφώνεται από τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών. Στον πίνακα 52 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις chl-a για διάφορους ελληνικούς κόλπους.

Πίνακας 52. Εύρη συγκεντρώσεων χλωροφύλλης-α για διάφορους ελληνικούς κόλπους  
N: αριθμός σταθμών F: δειγματοληψίες D: βάθος δειγματοληψιών

|               |         | N  | F  | D<br>(m) | chl-a<br>( $\text{mg/m}^3$ ) |
|---------------|---------|----|----|----------|------------------------------|
| Παγασητικός   | 1998-99 | 6  | 3  | 1-90     | 0,02-3,51                    |
| Όρ. Ελευσίνας | 1987-90 | 3  | 16 | 1-30     | 0,08-21,7                    |
| Σαρωνικός     | 1987-90 | 10 | 16 | 1-200    | 0,001-9,3                    |
| Β. Ευβοϊκός   | 1991    | 25 | 25 | 1-50     | 0,1-2,2                      |
| Θερμαϊκός     | 1984-85 | 10 | 3  | -        | 0,11-14,9                    |
| Αμβρακικός    | 1987-88 | 11 | 4  | 1        | 0,11-44,8                    |

Πηγή: Stergiou *et al.* (1997)

Πίνακας 48. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων chl-a (mg/m<sup>3</sup>) στον κεντρικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Πολύ βαθύ στρώμα    | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,161<br>0,026-0,28  | 0,196<br>0,06-0,54   | 0,162<br>0,06-0,28   | 0,103<br>0,05-0,14  | 0,155         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,05                 | 0,08                 | 0,07                 |                     | 0,066         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,11<br>0,04-0,19    | 0,111<br>0,05-0,15   | 0,083<br>0,02-0,17   | 0,036<br>0,01-0,05  | 0,085         |
| Χειμώνας 99  | 0,335<br>0,03-0,48   | 0,292<br>0,1-0,51    | 0,165<br>0,04-0,46   | 0,035<br>0,02-0,05  | 0,206         |
| Άνοιξη 99    | 0,12<br>0,012-0,35   | 0,16<br>0,01-0,609   | 0,083<br>0,02-0,177  | 0,075<br>0,022-0,18 | 0,109         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,075<br>0,053-0,105 | 0,083<br>0,004-0,188 | 0,117<br>0,065-0,235 | 0,126<br>0,081-0,2  | 0,1           |

Πίνακας 49. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων chl-a (mg/m<sup>3</sup>) στον εξωτερικό Παγασητικό

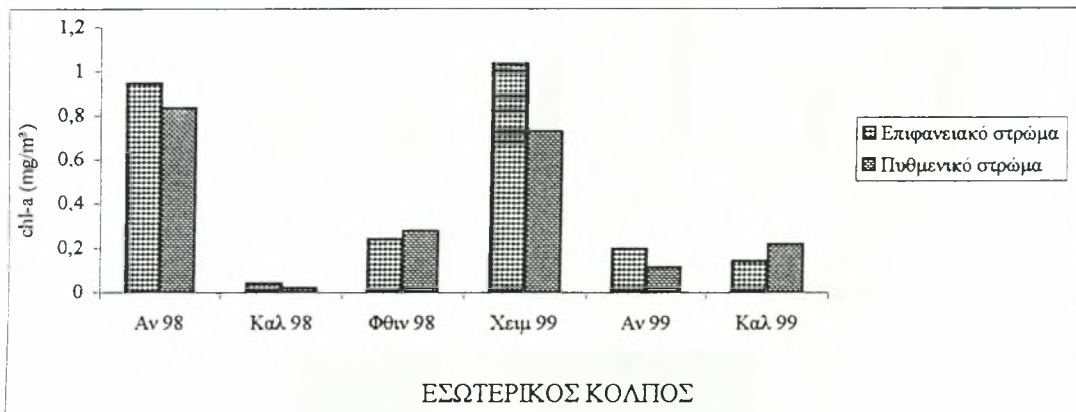
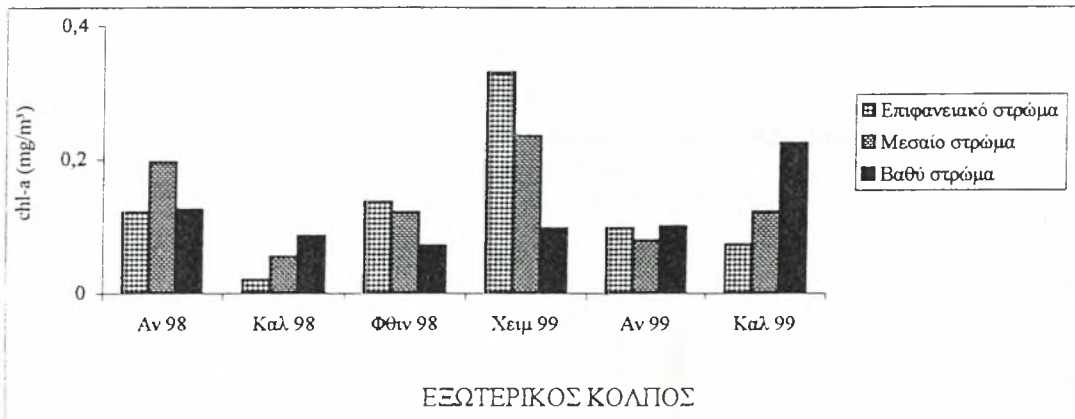
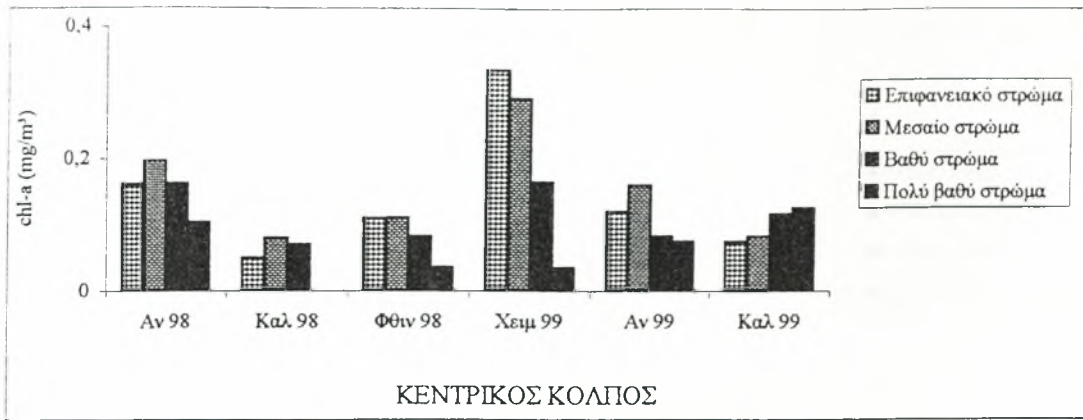
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,121<br>0,04-0,24   | 0,196<br>0,1-0,27    | 0,125<br>0,1-0,16    | 0,147         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,02                 | 0,055                | 0,085<br>0,07-0,1    | 0,053         |
| Φθινόπωρο 98 | 0,136<br>0,07-0,27   | 0,121<br>0,04-0,23   | 0,071<br>0,02-0,13   | 0,109         |
| Χειμώνας 99  | 0,33<br>0,08-0,46    | 0,235<br>0,07-0,49   | 0,097<br>0,06-0,17   | 0,22          |
| Άνοιξη 99    | 0,097<br>0,036-0,19  | 0,079<br>0,029-0,11  | 0,1<br>0,036-0,202   | 0,092         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,073<br>0,031-0,149 | 0,122<br>0,055-0,214 | 0,224<br>0,194-0,287 | 0,139         |

Πίνακας 50. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων chl-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) στον εσωτερικό Παγασητικό

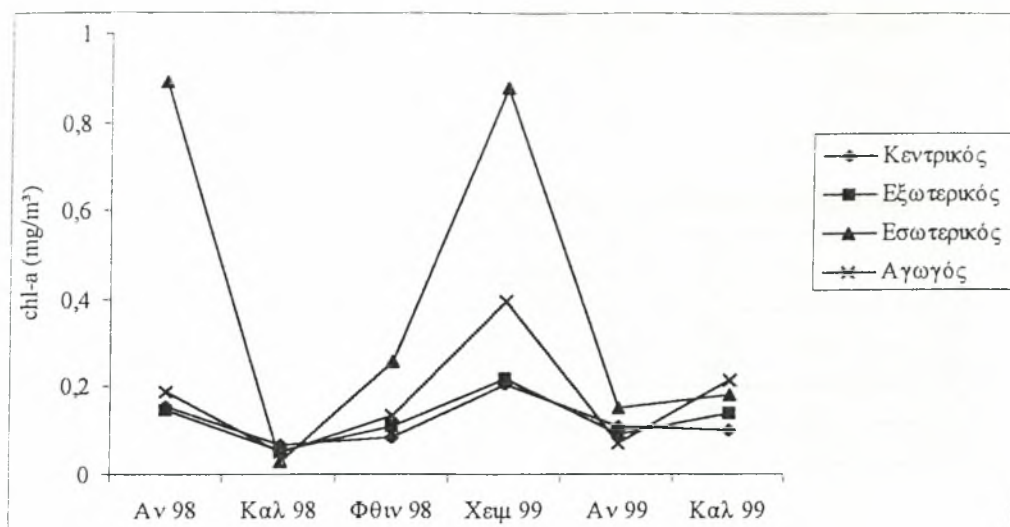
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Πυθμενικό στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,945<br>0,14-2,95   | 0,834<br>0,06-3,51   | 0,889         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,04                 | 0,02                 | 0,03          |
| Φθινόπωρο 98 | 0,24<br>0,13-0,39    | 0,276<br>0,11-0,47   | 0,258         |
| Χειμώνας 99  | 1,032<br>0,46-2,38   | 0,727<br>0,51-1,17   | 0,879         |
| Άνοιξη 99    | 0,195<br>0,06-0,4    | 0,112<br>0,07-0,17   | 0,153         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,142<br>0,049-0,368 | 0,217<br>0,138-0,316 | 0,179         |

Πίνακας 51. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων chl-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) στην περιοχή του αγωγού

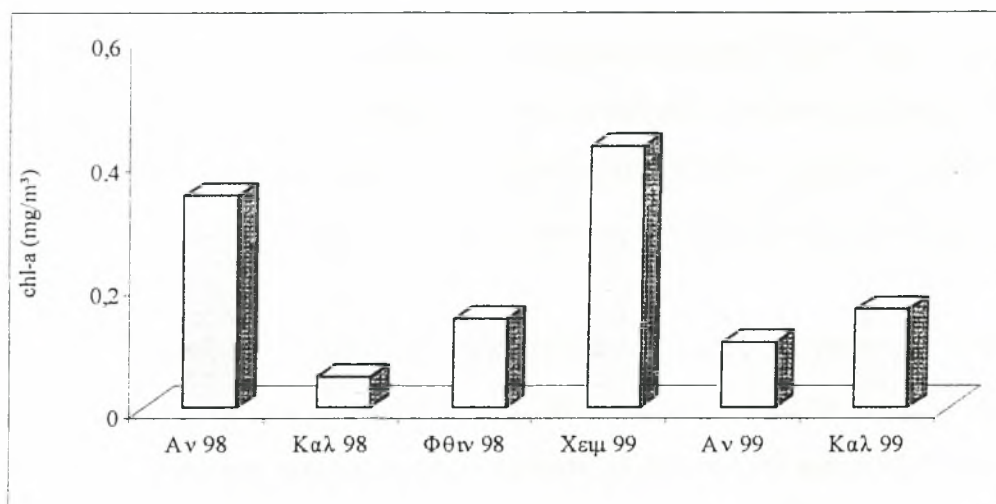
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθό στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    | 0,367<br>0,04-1,02   | 0,08<br>0,05-0,11    | 0,115<br>0,1-0,13    | 0,187         |
| Καλοκαίρι 98 | 0,02                 |                      | 0,08                 | 0,05          |
| Φθινόπωρο 98 | 0,106<br>0,03-0,18   | 0,143<br>0,12-0,16   | 0,153<br>0,12-0,21   | 0,134         |
| Χειμώνας 99  | 0,66<br>0,43-0,89    | 0,245<br>0,1-0,39    | 0,285<br>0,12-0,45   | 0,396         |
| Άνοιξη 99    | 0,1                  | 0,061<br>0,024-0,11  | 0,06<br>0,01-0,106   | 0,073         |
| Καλοκαίρι 99 | 0,068<br>0,054-0,082 | 0,133<br>0,097-0,174 | 0,449<br>0,146-0,799 | 0,216         |



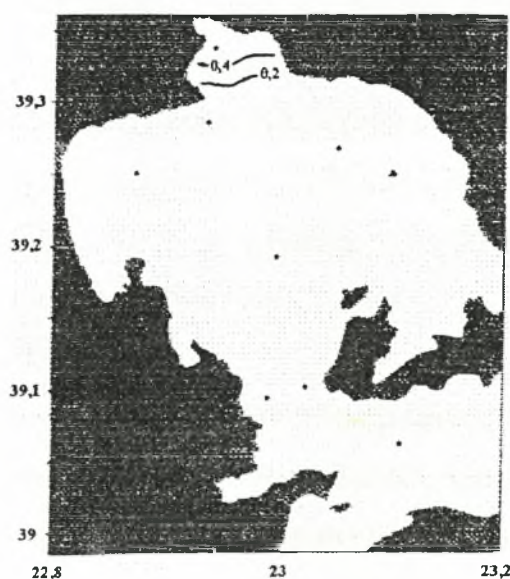
Σχήμα 47. Εποχιακή μεταβολή των μέσων συγκεντρώσεων χλωροφύλλης-α (chl-a) στα επιμέρους βάθη των περιοχών του Παγασητικού



Σχήμα 48. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων χλωροφύλλης-α (chl-a) στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



Σχήμα 49. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων χλωροφύλλης-α (chl-a) στον Παγασητικό



Σχήμα 50. Επιφανειακή κατανομή των συγκεντρώσεων χλωροφύλλης-α (chl-a, mg/m³)

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι συσχετίσεις των συγκεντρώσεων chl-a και θρεπτικών για τον Παγασητικό.

Πίνακας 53. Συσχέτιση συγκεντρώσεων χλωροφύλλης-α και θρεπτικών

| Εξίσωση                             | r    | N  | P<    |
|-------------------------------------|------|----|-------|
| [chl a]=0,5[NO <sub>3</sub> ]-0,8   | 0,37 | 36 | 0,05  |
| [chl a]=0,4[NO <sub>2</sub> ]-0,5   | 0,44 | 36 | 0,01  |
| [chl a]=0,6[NH <sub>4</sub> ]-0,6   | 0,55 | 36 | 0,001 |
| [chl a]=0,55[PO <sub>4</sub> ]-0,3  | 0,35 | 36 | 0,05  |
| [chl a]=1,06[SiO <sub>4</sub> ]-1,5 | 0,5  | 36 | 0,01  |

## ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ

Η παρουσία οργανικού άνθρακα στο θαλάσσιο περιβάλλον αποτελεί μέτρο του περιεχομένου ενός συστήματος σε οργανικές ενώσεις φυσικής ή/και ανθρωπογενούς προέλευσης. Ο προσδιορισμός του ολικού οργανικού άνθρακα δίνει πληροφορίες για την παραγωγικότητα και την ποιότητα ενός συστήματος.

Στον Παγασητικό η μέγιστη συγκέντρωση ολικού οργανικού άνθρακα (TOC) παρατηρείται το φθινόπωρο του '98 - συγκεκριμένα το μήνα Νοέμβριο - στο μεσαίο στρώμα του κεντρικού κόλπου (3,941 mg/l) και η ελάχιστη την άνοιξη του '99 στο πυθμενικό στρώμα του εσωτερικού (1,377 mg/l). (Πιν. 54-57, Σχ. 51). Οι συγκεντρώσεις ολικού οργανικού άνθρακα είναι χαμηλές και παρουσιάζουν στις επιμέρους περιοχές του κόλπου ίδια συμπεριφορά (Σχ. 52). Οι μέσες εποχιακές συγκεντρώσεις TOC έχουν μέγιστη τιμή το φθινόπωρο του '98 και ελάχιστη την άνοιξη του '99, 2,79 και 1,58 mg/l αντίστοιχα (Σχ. 53). Στην επιφάνεια του κόλπου η μέγιστη μέση ετήσια συγκέντρωση TOC παρατηρείται στο κεντρικό τμήμα του (Σχ. 54).

Γενικά, ο Παγασητικός εμφανίζεται ολιγοτροφικός και καλά οξυγονωμένος, χωρίς ενδείξεις επιβάρυνσης από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Οι τιμές των συγκεντρώσεων των θρεπτικών του κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα με



Πίνακας 54. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων TOC (mg/l) στον κεντρικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Πολύ βαθύ στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    |                      |                      |                      |                      |               |
| Καλοκαίρι 98 | 2,183                | 1,776                | 1,66                 |                      | 1,873         |
| Φθινόπωρο 98 | 2,601<br>0,917-6,318 | 3,941<br>1,897-6,565 | 3,173<br>1,256-6,882 | 3,844<br>4,425-6,057 | 3,389         |
| Χειμώνας 99  | 2,4<br>2,257-2,544   | 2,196<br>1,91-2,483  | 2,818<br>2,267-3,369 | 2,157                | 2,392         |
| Άνοιξη 99    | 1,697<br>1,56-1,835  | 1,814<br>1,805-1,824 | 1,427                | 1,576                | 1,628         |
| Καλοκαίρι 99 | 1,877<br>1,775-1,946 | 1,891<br>1,749-2,132 | 1,779<br>1,345-2,102 | 1,78<br>1,757-1,804  | 1,831         |

Πίνακας 55. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων TOC (mg/l) στον εξωτερικό Παγασητικό

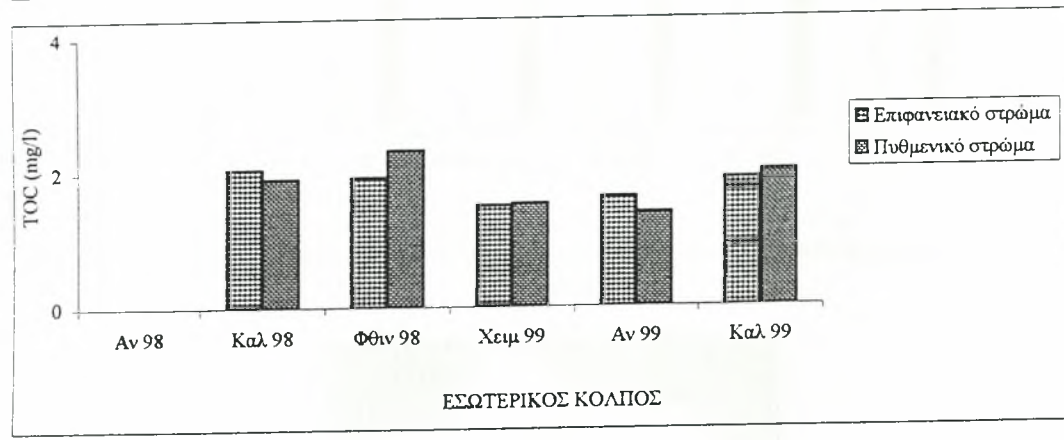
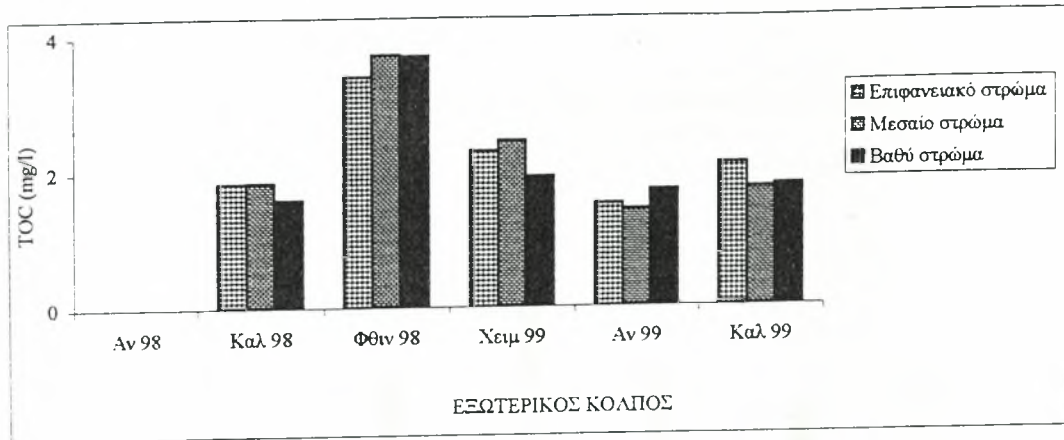
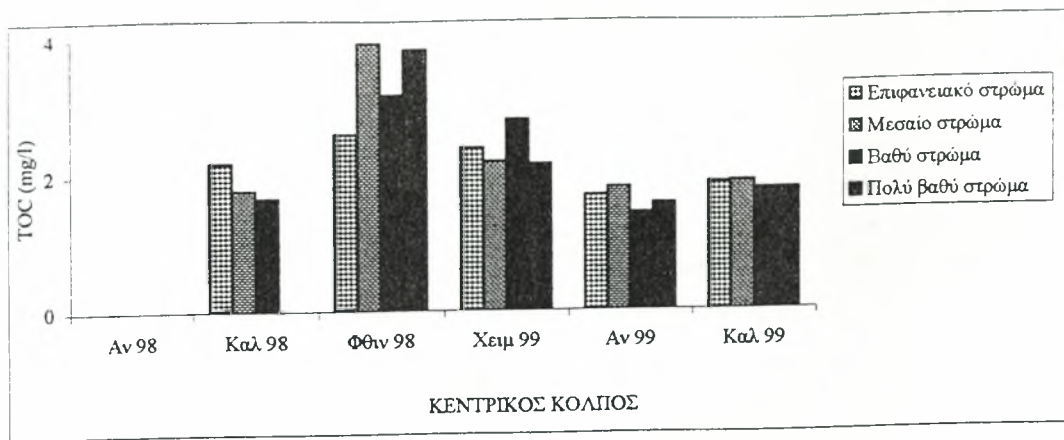
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    |                      |                      |                      |               |
| Καλοκαίρι 98 | 1,833<br>1,716-1,95  | 1,845<br>1,557-2,134 | 1,593<br>1,55-1,637  | 1,757         |
| Φθινόπωρο 98 | 3,403<br>1,847-6,48  | 3,728<br>1,69-6,657  | 3,706<br>1,468-6,095 | 3,612         |
| Χειμώνας 99  | 2,297<br>2,209-2,385 | 2,45<br>1,917-2,983  | 1,923<br>1,881-1,966 | 2,223         |
| Άνοιξη 99    | 1,512<br>1,48-1,545  | 1,431<br>1,316-1,547 | 1,707<br>1,454-1,961 | 1,55          |
| Καλοκαίρι 99 | 2,104<br>1,781-2,565 | 1,739<br>1,527-2,144 | 1,78<br>1,619-1,901  | 1,874         |

Πίνακας 56. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων ΤΟC (mg/l) στον εσωτερικό Παγασητικό

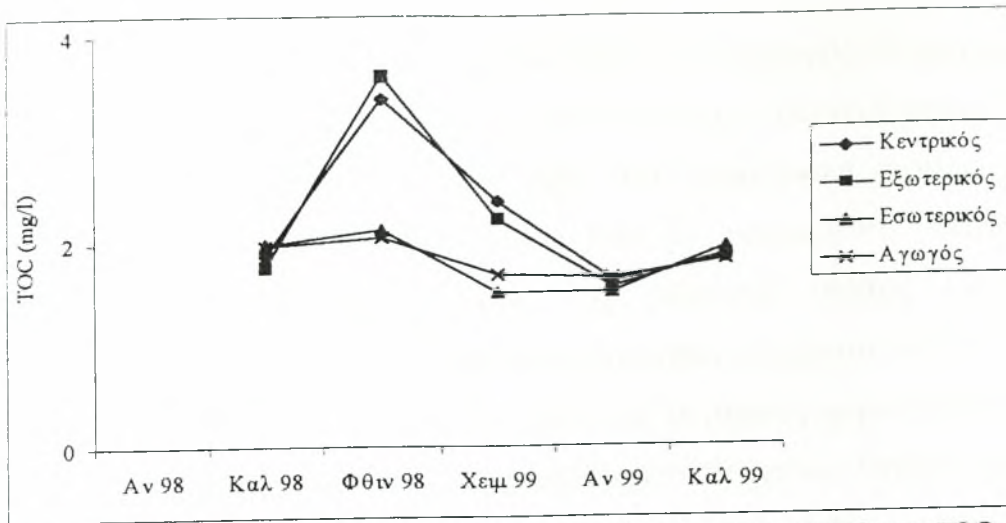
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Πυθμενικό στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    |                      |                      |               |
| Καλοκαίρι 98 | 2,04                 | 1,898                | 1,969         |
| Φθινόπωρο 98 | 1,916<br>1,679-2,244 | 2,313<br>1,884-2,621 | 2,114         |
| Χειμώνας 99  | 1,496<br>1,438-1,555 | 1,523<br>1,487-1,56  | 1,509         |
| Άνοιξη 99    | 1,618                | 1,377                | 1,497         |
| Καλοκαίρι 99 | 1,884<br>1,723-2,229 | 1,997<br>1,759-2,252 | 1,94          |

Πίνακας 57. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων ΤΟC (mg/l) στην περιοχή του αγωγού

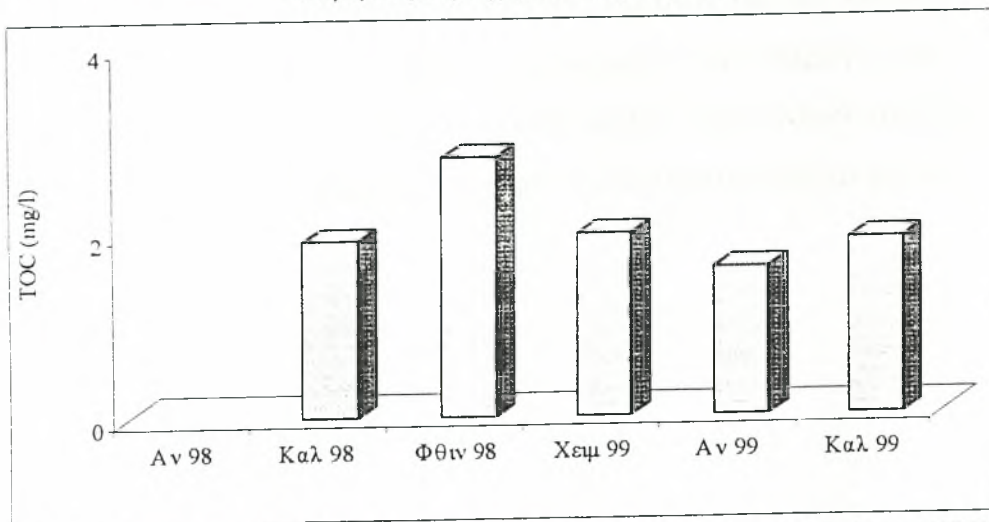
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 98    |                      |                      |                      |               |
| Καλοκαίρι 98 | 2,251                | 2,004                | 1,596                | 1,95          |
| Φθινόπωρο 98 | 2,032<br>1,847-2,217 | 2,299<br>1,975-2,623 | 1,806<br>1,59-2,022  | 2,045         |
| Χειμώνας 99  | 1,596                | 1,936                | 1,495                | 1,675         |
| Άνοιξη 99    | 1,735                | 1,703                | 1,505                | 1,647         |
| Καλοκαίρι 99 | 2,024<br>1,919-2,13  | 1,831<br>1,691-1,972 | 1,599<br>1,481-1,718 | 1,818         |



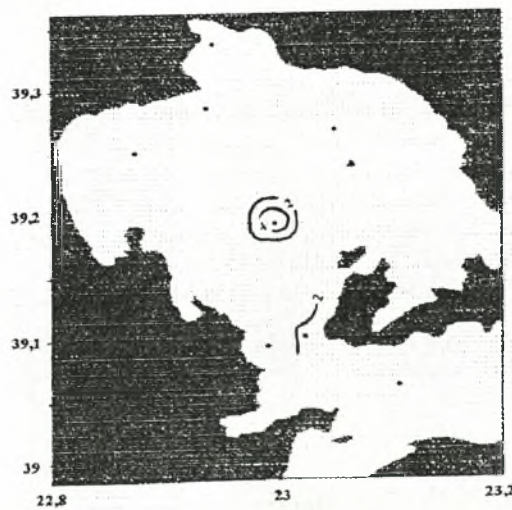
Σχήμα 51. Εποχιακή μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης ολικού οργανικού άνθρακα TOC στα επιμέρους βάθη των περιοχών του Παγασητικού



Σχήμα 52. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων ολικού οργανικού άνθρακα TOC στις επιμέρους περιοχές του Παρασητικού



Σχήμα 53. Εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων ολικού οργανικού άνθρακα TOC στον Παρασητικό



Σχήμα 54. Επιφανειακή κατανομή των συγκεντρώσεων ολικού οργανικού άνθρακα TOC (mgr/l)

εξαιρέση τον εσωτερικό κόλπο, που χαρακτηρίζεται μεσότροφος έως εύτροφος. Την παραπάνω εικόνα επιβεβαιώνει και η κατανομή των συγκεντρώσεων  $\text{chl-a}$ , η οποία παρουσιάζει υψηλότερες τιμές στο επιφανειακό στρώμα των επιμέρους περιοχών του κόλπου –πάνω από το πυκνοκλινές. Αντίθετα, εξαιτίας της μακράς στρωμάτωσης της υδάτινης στήλης, υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών παρατηρούνται στα βαθιά στρώματα κοντά στον πυθμένα του –όπου απελευθερώνονται από τους βενθικούς οργανισμούς και ανακυκλώνονται στα πλαίσια ενός μικροβιακού βρόγχου. Συγκεκριμένα, υψηλή συγκέντρωση θρεπτικών παρατηρείται στο πολύ βαθύ στρώμα που αντιστοιχεί στο βαθύτερο σημείο του κόλπου, εξαιτίας της εκεί κυριαρχίας του αντικυκλώνα (Petihakis *et al.*, 2002). Ως περιοριστικός παράγοντας για την αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής στον κόλπο δρα άλλοτε το άζωτο και άλλοτε ο φώσφορος, ενώ κυρίαρχη μορφή αζώτου αποτελούν τα νιτρικά.

## ΠΥΘΜΕΝΑΣ

### ΤΥΠΟΣ ΙΖΗΜΑΤΟΣ

Ο τύπος του ιζήματος στους επιμέρους σταθμούς δειγματοληψίας παρουσιάζεται στον πίνακα 58.

Πίνακας 58. Τύποι ιζήματος στον Παγασητικό

| Περιοχή        | Σταθμός | Τύπος ιζήματος |
|----------------|---------|----------------|
| Εσωτερικός     | D       | Αμμώδης ιλύς   |
| Περιοχή αγωγού | U       | Ιλύς           |
|                | EA      | Ιλυώδης άμμος  |
| Κεντρικός      | HA      | Ιλύς           |
|                | KA      | Ιλύς           |
| Εξωτερικός     | OA      | Ιλυώδης άμμος  |
|                | QA      | Ιλύς           |

Στον ανατολικό Παγασητικό η πλειοψηφία των ιζημάτων είναι λεπτόκοκκα, ενώ στο δυτικό τμήμα του και τον εσωτερικό κόλπο περιέχουν μεγαλύτερο ποσοστό άμμου. Παρά το αυξημένο βάθος στον εξωτερικό κόλπο το ιζημα

γίνεται αμμώδες λόγω της ανταλλαγής υδάτων με το Αιγαίο Πέλαγος ενώ στο ίδιο βάθος στην περιοχή του διαύλου των Ωρεών είναι ιλυώδες. Επίσης ιλυώδη εμφανίζονται τα ιζήματα του κεντρικού κόλπου.

## ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ

Η περιεκτικότητα των ιζημάτων σε οργανικό άνθρακα στο θαλάσσιο περιβάλλον επδρά στους υδρόβιους οργανισμούς άμεσα -αποτελεί την κυριότερη πηγή τροφής της βενθικής πανίδας και έμμεσα -η οξειδωση του πραγματοποιείται με ταυτόχρονη κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου. Σε περιπτώσεις υποβαθμισμένης ποιότητας ενός συστήματος η περιεκτικότητα του ιζήματος σε οργανικό άνθρακα αυξάνεται υπέρμετρα και οι συνθήκες καθίστανται ανοξικές. Στις παράκτιες περιοχές η παρουσία οργανικού άνθρακα στα ιζήματα οφείλεται στις διαδικασίες ιζηματοποίησης στην υδάτινη στήλη καθώς και στην εισροή φερτών υλικών.

Στον Παγασητικό ο οργανικός άνθρακας (OC) χαρακτηρίζεται από χαμηλές συγκεντρώσεις και εμφανίζει μέγιστη τιμή στα λεπτόκοκκα ιζήματα του κεντρικού κόλπου και ιδιαίτερα στον σταθμό που αντιστοιχεί στο βαθύτερο σημείο του (0,78%), ενώ δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένος στον εσωτερικό κόλπο όπως θα αναμένονταν λόγω του ιδιαίτερου χαρακτήρα του (Πιν. 59, Σχ. 55). Η αυξημένη συγκέντρωση οργανικού άνθρακα στο τμήμα του πυθμένα που αντιστοιχεί στο μέγιστο βάθος του κόλπου ενισχύει την εικόνα της ανακύκλωσης του οργανικού υλικού που λαμβάνει χώρα στο βαθύ στρώμα, όπου βρίσκεται εγκλωβισμένο μεγάλο μέρος των θρεπτικών, λόγω της διαρκούς στρωμάτωσης της υδάτινης στήλης.

## ΟΛΙΚΟΣ, ΑΝΟΡΓΑΝΟΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ

Στο θαλάσσιο περιβάλλον ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των ιζημάτων σε ανόργανο και οργανικό φώσφορο αποτελεί μέτρο για την παραγωγικότητα και την ποιότητα ενός συστήματος.

Πίνακας 59. Περιεκτικότητα οργανικού άνθρακα (%) στα ιζήματα των επιμέρους περιοχών του Παγασητικού

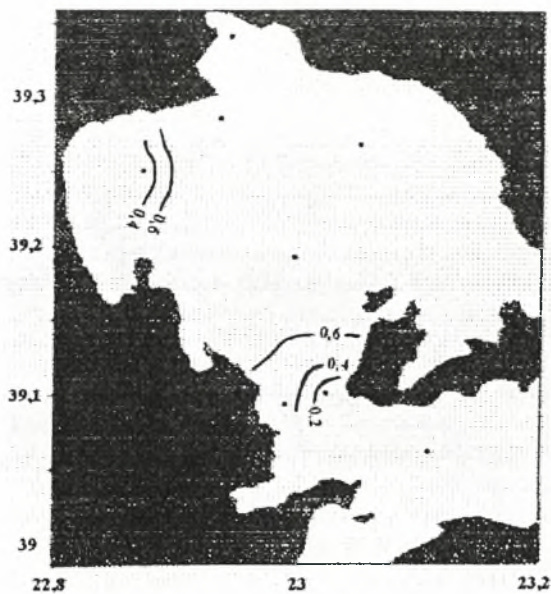
| Περιοχή           | Οργανικός άνθρακας |
|-------------------|--------------------|
| Κεντρικός κόλπος  | 0,585              |
| Εξωτερικός κόλπος | 0,315              |
| Εσωτερικός κόλπος | 0,765              |
| Περιοχή αγωγού    | 0,615              |

Πίνακας 60. Συγκεντρώσεις ολικού, ανόργανου και οργανικού φωσφόρου (μg/g) στα ιζήματα των επιμέρους περιοχών του Παγασητικού

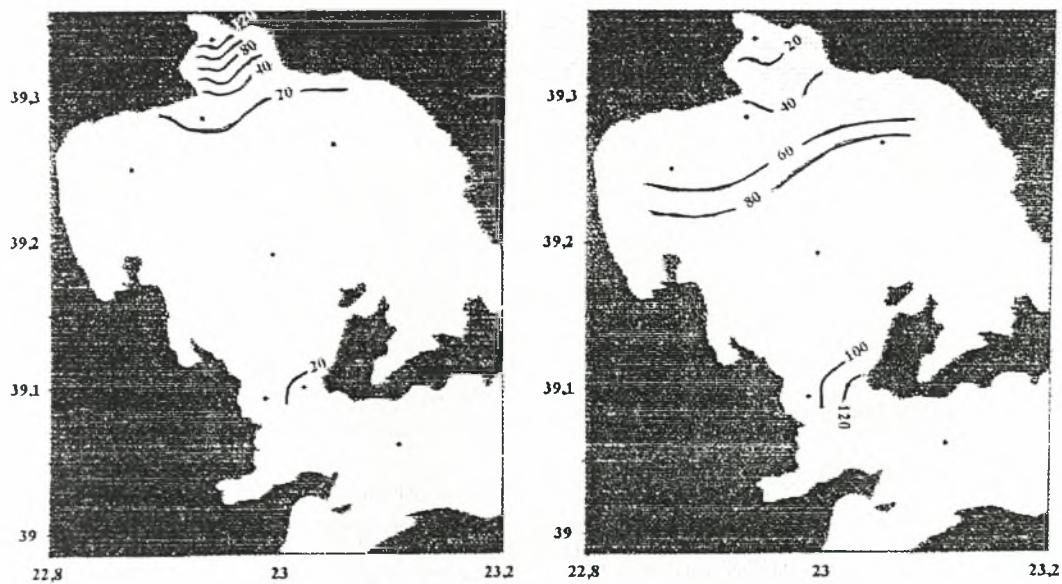
| Περιοχή           | Ολικός P | Ανόργανος P | Οργανικός P |
|-------------------|----------|-------------|-------------|
| Κεντρικός κόλπος  | 82,466   | 9,766       | 72,7        |
| Εξωτερικός κόλπος | 125,2    | 23,55       | 101,65      |
| Εσωτερικός κόλπος | 133,1    | 123,1       | 10          |
| Περιοχή αγωγού    | 67       | 24,7        | 42,3        |

Πίνακας 61. Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα ιζήματα των επιμέρους περιοχών του Παγασητικού

| Περιοχή           | Al (%) | Fe (ppm) | Mn (ppm) | Ni (ppm) | Cu (ppm) | Cr (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) |
|-------------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Κεντρικός κόλπος  | 6,94   | 608      | 1616     | 81       | 30       | 199      | 53       | 101      |
| Εξωτερικός κόλπος | 3,58   | 444      | 1509     | 51       | 18       | 92       | 56       | 55       |
| Εσωτερικός κόλπος | 6,29   | 488      | 769,1    | 39       | 13       | 151      | 41       | 248      |
| Περιοχή αγωγού    | 8,57   | 611      | 1066     | 74       | 34       | 237      | 50       | 124      |



Σχήμα 55. Οριζόντια κατανομή των συγκεντρώσεων οργανικού άνθρακα OC (%)



Σχήμα 56. Οριζόντια κατανομή των συγκεντρώσεων ανόργανου AP και οργανικού φωσφόρου OP (μg/g)

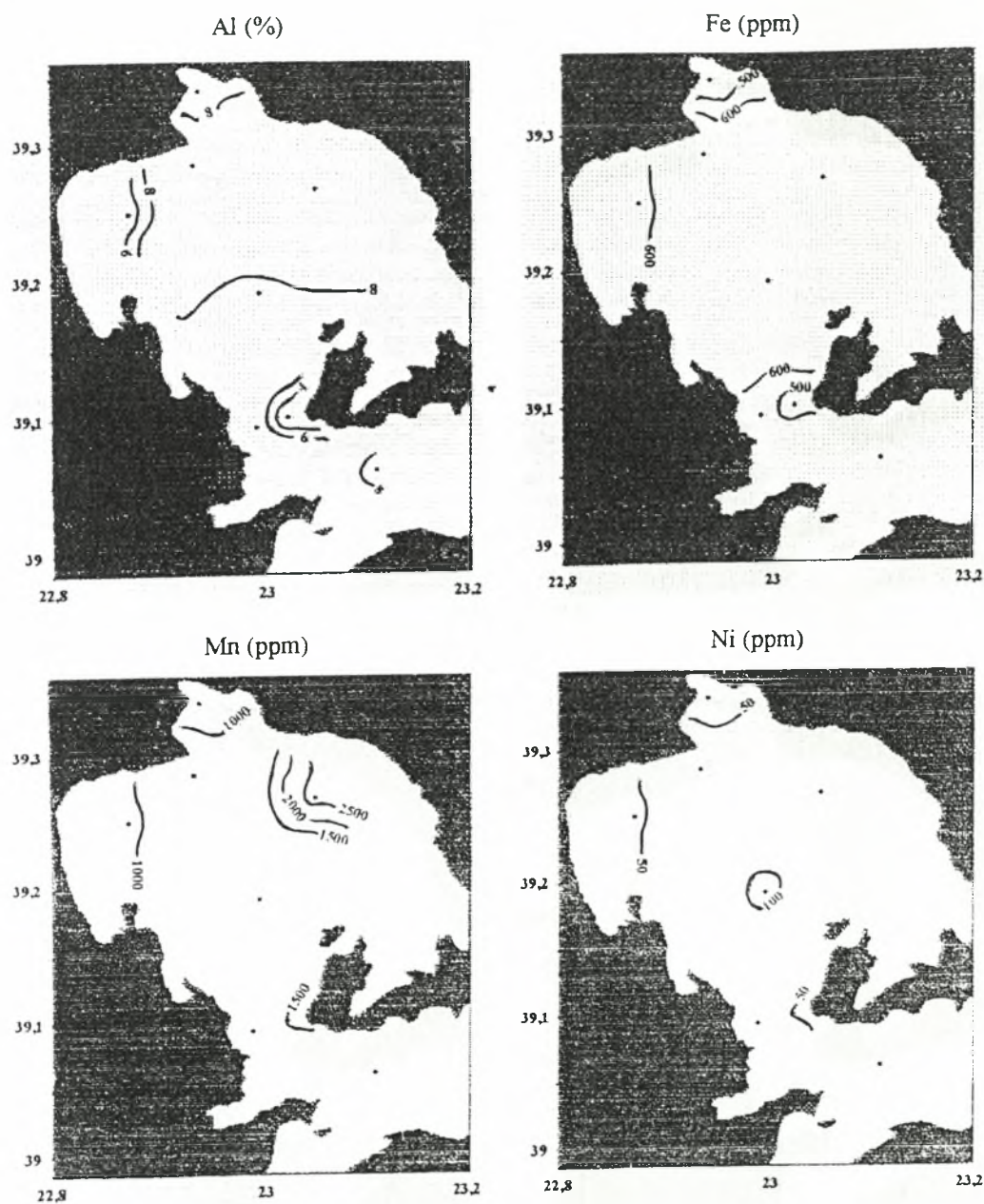


Στον Παγασητικό ο ανόργανος φώσφορος (AP) παρουσιάζει μέγιστες τιμές στον εσωτερικό κόλπο, ενώ ο οργανικός (OP) στον εξωτερικό (123,1 και 120,6 µg/g αντίστοιχα) (Πιν. 60, Σχ. 56).

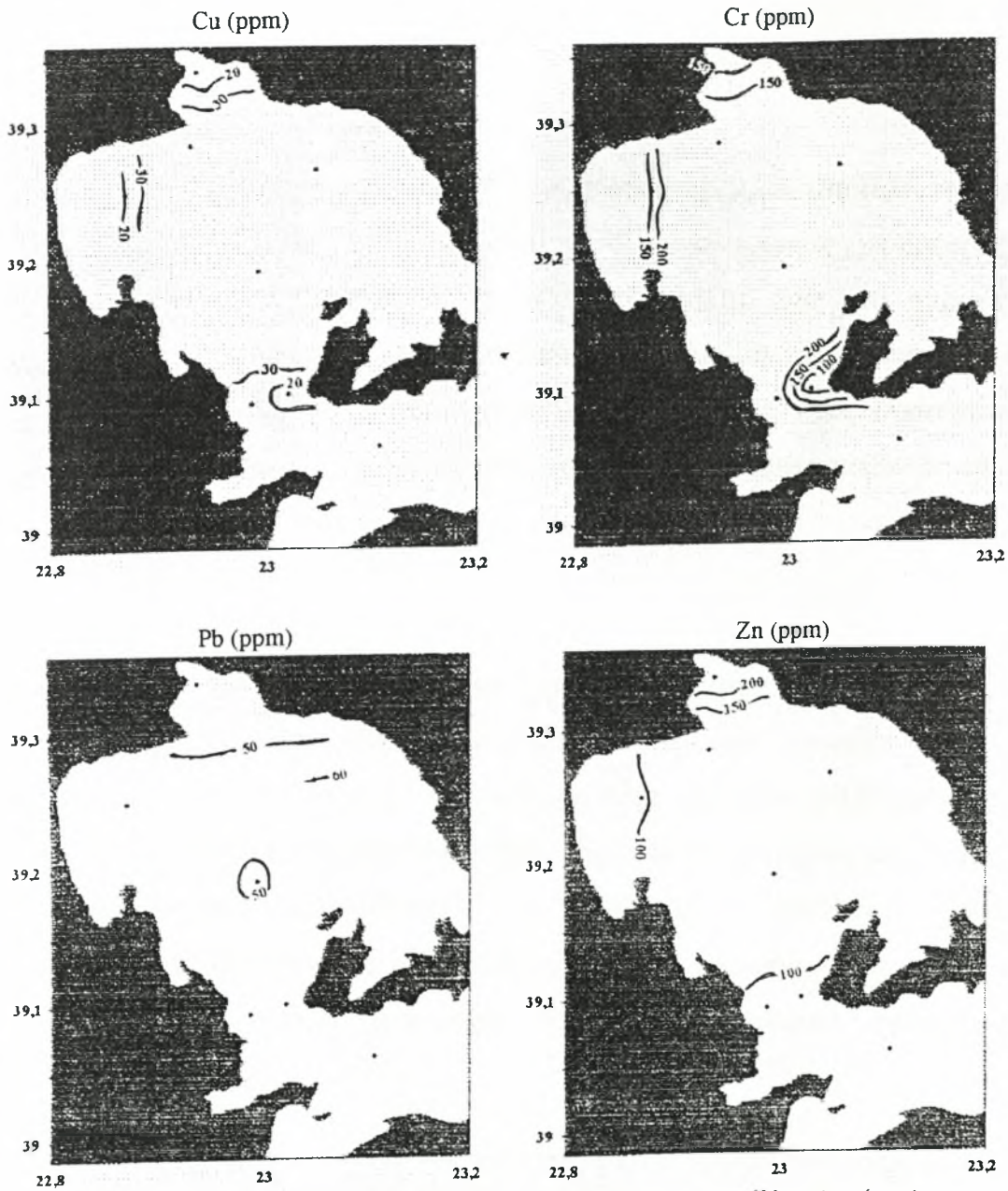
## ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Η παρουσία βαρέων μετάλλων στα ιζήματα ενός συστήματος στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ποιότητα του και συχνά σε παράκτιες περιοχές εμφανίζεται αυξημένη λόγω διαφόρων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, ενώ επηρεάζεται από την προέλευση και τη σύσταση των πετρωμάτων του πυθμένα.

Στον Παγασητικό ο σταθμός που αντιστοιχεί στο βαθύτερο σημείο του παρουσιάζει τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Al, Fe, Mn, Cu, Cr και Pb, 8,7% και 666,57, 2546,77, 36,46, 242,55, 60,42 ppm αντίστοιχα. Η μέγιστη συγκέντρωση Ni εμφανίζεται στον κεντρικό κόλπο (118,19 ppm), ενώ του Zn στον εσωτερικό (248,47 ppm). Γενικά η περιοχή του αποχετευτικού αγωγού χαρακτηρίζεται από αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων σε σύγκριση με τα υπόλοιπα επιμέρους τμήματα του κόλπου (Πιν. 61, Σχ. 57), χωρίς όμως να παρουσιάζει τιμές μεγαλύτερες από άλλους -δεχόμενους ως ρυπασμένους- ελληνικούς κόλπους όπως ο Αμβρακικός (Voutsinou-Taliadouri & Balopoulos, 1991). Η σχετικά αυξημένη παρουσία βαρέων μετάλλων στον πυθμένα του Παγασητικού είναι δυνατό να οφείλεται στην τροφοδοσία του με μεταμορφωμένα και υπερβασικά πετρώματα (Αναγνώστου και συν., 1997) και όχι σε διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες.



Σχήμα 57. Οριζόντια κατανομή των συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων



Σχήμα 57. Οριζόντια κατανομή των συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων (συνέχεια)

## ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

## ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ

## ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΝ

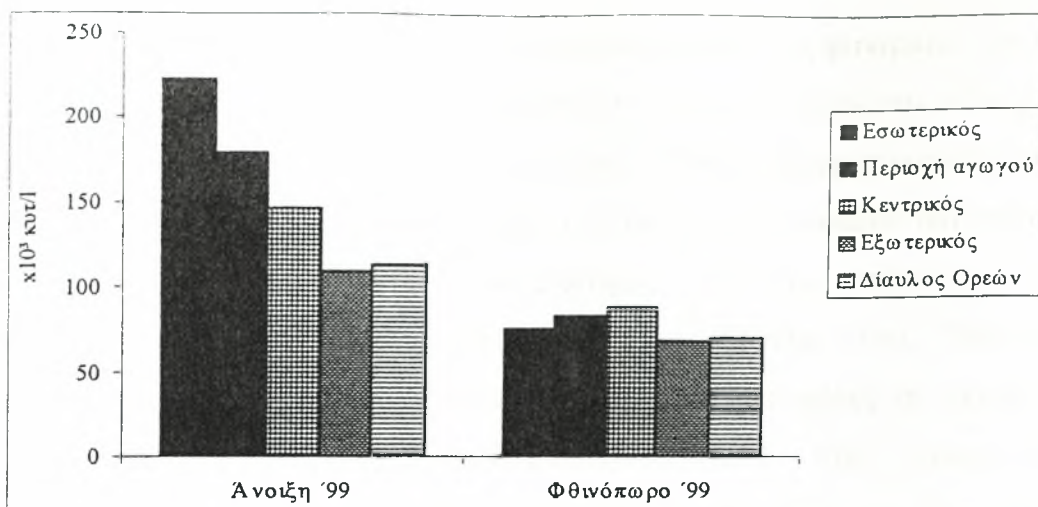
Η φυτοπλαγκτονική παραγωγή στο θαλάσσιο περιβάλλον αποτελεί τη βάση της τροφικής αλυσίδας. Συνδέεται άμεσα με τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών και τα φυσικά χαρακτηριστικά της υδάτινης στήλης, ενώ στα παράκτια συστήματα παρουσιάζει έντονες μεταβολές. Η εκτίμηση της ποσοτικής και ποιοτικής σύνθεσης των φυτοπλαγκτονικών κοινοτήτων ενός συστήματος συμβάλει στην εκτίμηση της λειτουργίας του και των πληθυσμιακών μεγεθών που μπορεί να συντηρήσει.

## Αφθονία

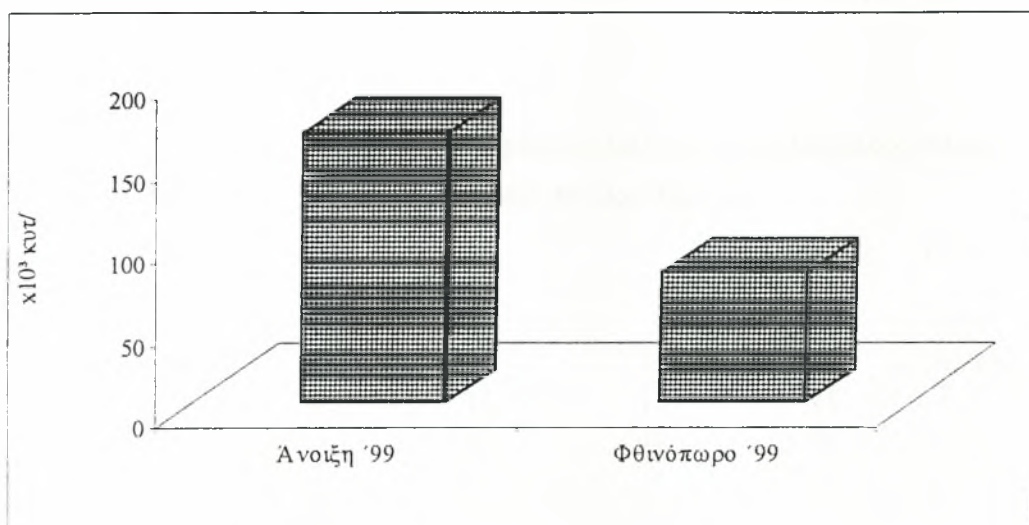
Η φυτοπλαγκτονική αφθονία στην επιφάνεια (2m) του Παγασητικού αποκτά μέγιστη τιμή στον εσωτερικό κόλπο την άνοιξη του '99 ( $222,29 \times 10^3$  κυτ/ι) και ελάχιστη το φθινόπωρο στον εξωτερικό ( $68,05 \times 10^3$  κυτ/ι) (Πιν. 62, Σχ. 58). Οι μέσες εποχιακές τιμές της στον κόλπο έχουν μεγαλύτερη τιμή την άνοιξη ( $164,45 \times 10^3$  κυτ/ι) και μικρότερη το φθινόπωρο ( $79,05 \times 10^3$  κυτ/ι) (Σχ. 59), εξαιτίας της παρατηρούμενης εαρινής «άνθισης» που λαμβάνει χώρα στους περισσότερα παράκτια μεσογειακά συστήματα (Stergiou *et al.*, 1997)

Πίνακας 62. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της αφθονίας ολικού φυτοπλαγκτού ( $\times 10^3$  κυτ/ι) στην επιφάνεια (2m) του Παγασητικού

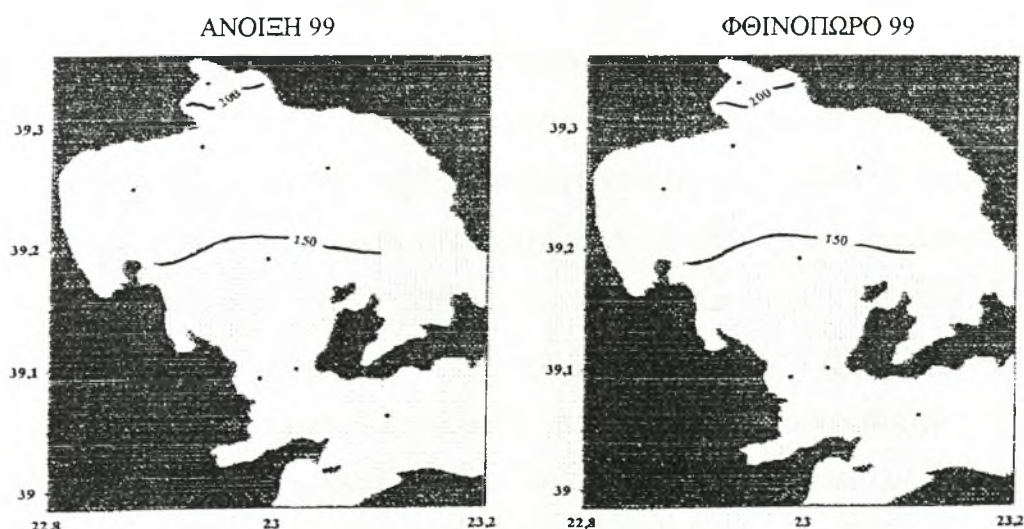
|              | Εσωτερικός            | Περιοχή αγωγού        | Κεντρικός              | Εξωτερικός          | Διάυλος Ωρεών      |
|--------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| Άνοιξη 99    | 222,29<br>122,3-322,3 | 179,25<br>172,4-186,1 | 146,193<br>91,88-217,8 | 110,06<br>93-127,12 | 114,18<br>87,4-141 |
| Φθινόπωρο 99 | 75,9                  | 83,6                  | 88,656<br>68,12-109,3  | 68,05               | 70,84              |



Σχήμα 58. Εποχιακή μεταβολή της μέσης αφθονίας ολικού φυτοπλαγκτού στην επιφάνεια (2m) των επιμέρους περιοχών του Παγασητικού



Σχήμα 59. Εποχιακή μεταβολή της αφθονίας ολικού φυτοπλαγκτού στην επιφάνεια (2m) του Παγασητικού



Σχήμα 60. Επιφανειακή κατανομή της αφθονίας ολικού φυτοπλαγκτού (x10<sup>3</sup>/l)

Η επιφανειακή κατανομή της φυτοπλαγκτονικής αφθονίας φανερώνει ότι την άνοιξη μειώνεται καθώς κινούμαστε από τον εσωτερικό προς τον εξωτερικό κόλπο, ενώ το φθινόπωρο έχει σ' όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας τιμές  $<110 \times 10^3$ κυτ/Ι (Σχ. 60). Γενικά οι τιμές των φυτοπλαγκτονικών κυτταρικών συγκεντρώσεων είναι ελάχιστα μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του ολιγοτροφικού Νοτίου Αιγαίου Πελάγους (Gotsis-Skretas *et al.*, 1999) και τουλάχιστον στον εσωτερικό κόλπο εμφανίζονται μειωμένες σε σχέση με προηγούμενες μελέτες (Θεοδώρου και συν., 1997). Στον πίνακα 63 παρουσιάζονται οι τιμές φυτοπλαγκτονικής αφθονίας για διάφορους ελληνικούς κόλπους και επιβεβαιώνουν τον ολιγοτροφικό χαρακτήρα του Παγασητικού.

Πίνακας 63. Εύρη φυτοπλαγκτονικής αφθονίας για διάφορους ελληνικούς κόλπους

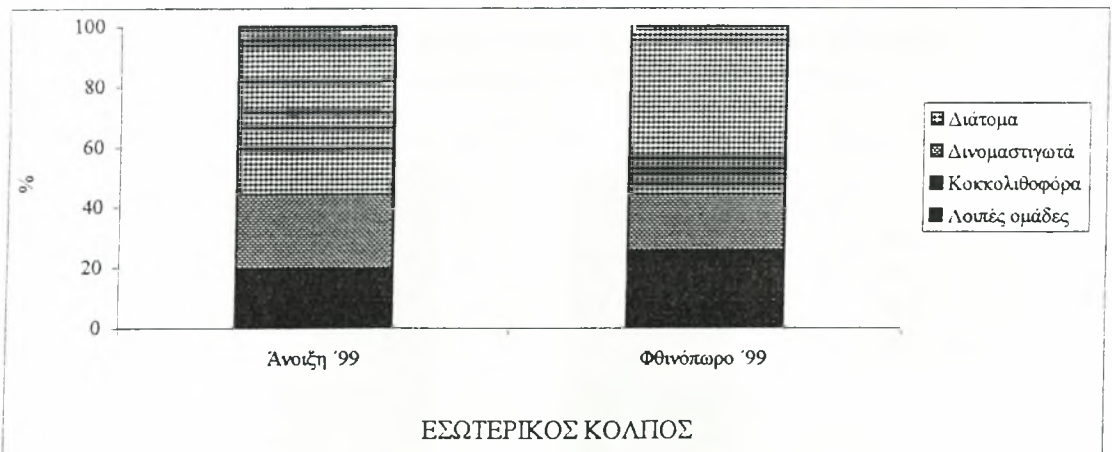
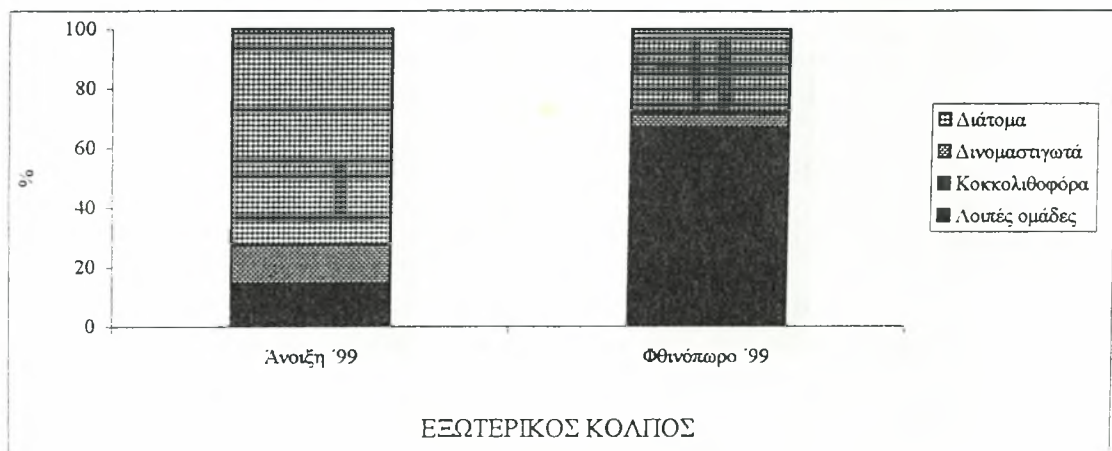
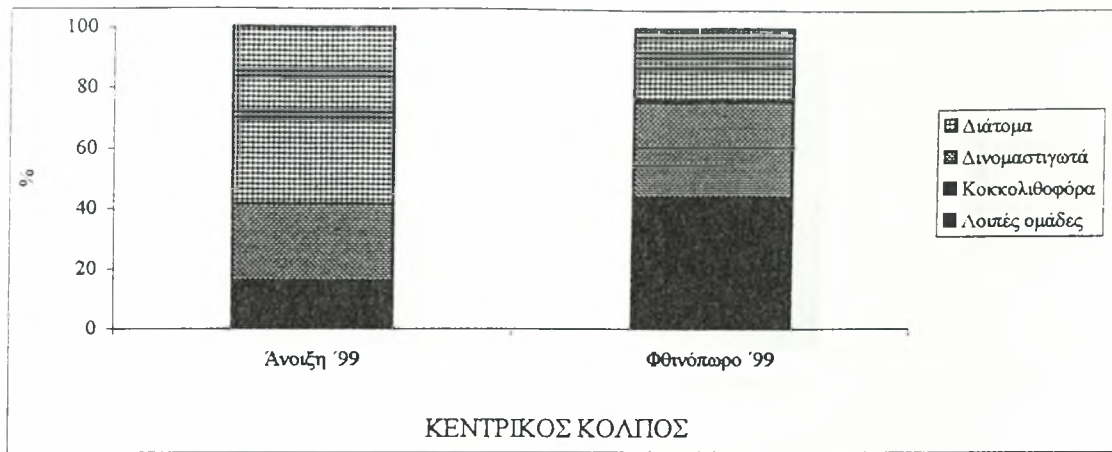
N: αριθμός σταθμών F: δειγματοληψίες D: βάθος δειγματοληψιών

|               |         | N  | F  | D(m)  | $\times 10^3$ κυτ/Ι |
|---------------|---------|----|----|-------|---------------------|
| Παγασητικός   | 1998-99 | 6  | 3  | 1-90  | 68-322              |
| Όρ. Ελευσίνας | 1987-90 | 3  | 16 | 1-30  | 60-3950             |
| Σαρωνικός     | 1987-90 | 10 | 16 | 1-200 | 3-1050              |
| Β. Ευβοϊκός   | 1991    | 25 | 25 | 1-50  | 20-2917             |
| Μαλιακός      | 1991-92 | 15 | 5  | 1-50  | 80-6620             |
| Αμβρακικός    | 1987-88 | 11 | 4  | 1     | 70-19830            |

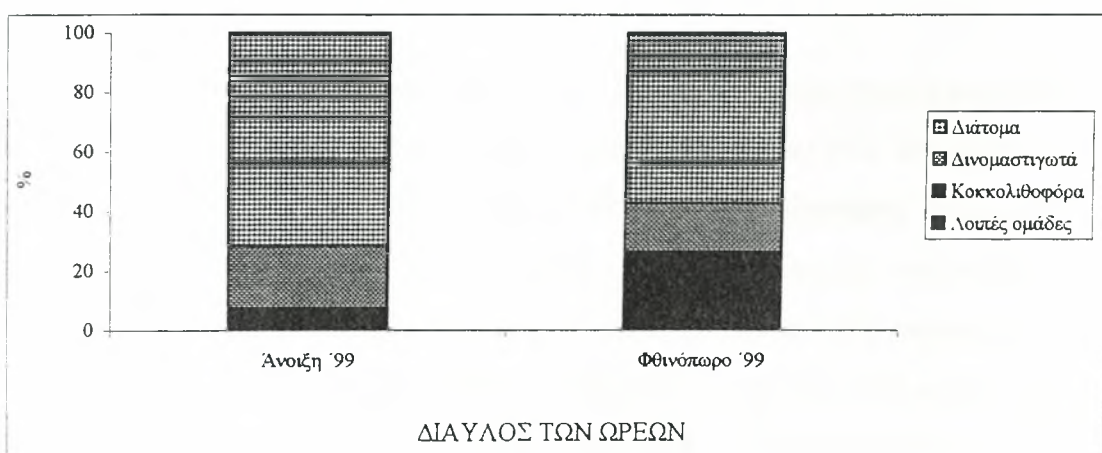
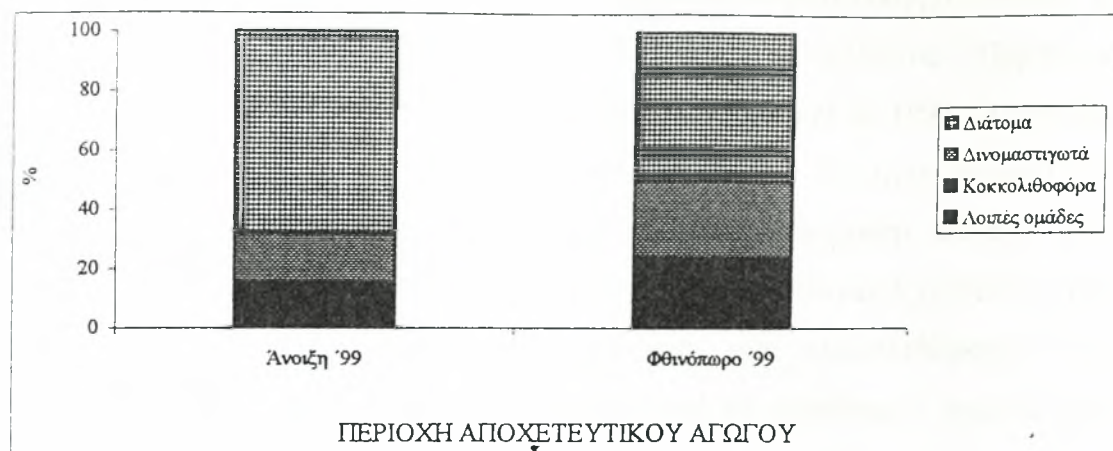
Πηγή: Stergiou *et al.* (1997)

#### Σχετική αφθονία ομάδων και ειδών

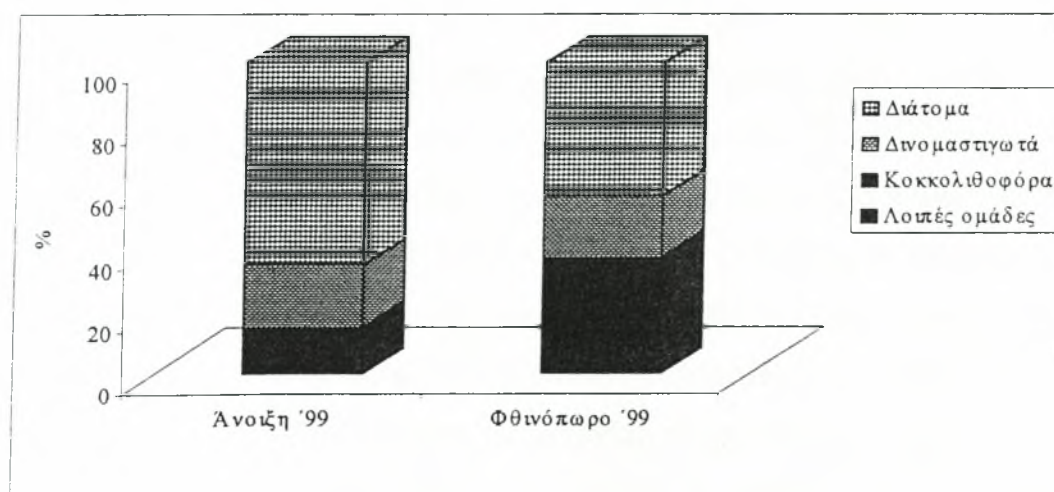
Στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού κυρίαρχη φυτοπλαγκτονική ομάδα αποτελούν τα διάτομα με εξαίρεση το κεντρικό και το εξωτερικό τμήμα του το φθινόπωρο του '99, που ως σημαντικότερη ομάδα φυτοπλαγκτονικών οργανισμών εμφανίζονται τα δινομαστιγωτά (32,3%) και τα κοκκολιθοφόρα (33,35%) αντίστοιχα (Σχ. 61-62). Η κυριαρχία των διατόμων είναι εμφανέστερη την άνοιξη, ιδιαίτερα το μήνα Απρίλιο -που παρατηρείται μέγιστη φυτοπλαγκτονική αφθονία λόγω της αναμενόμενης εαρινής «άνθισης»-οπότε τα κοκκολιθοφόρα απουσιάζουν απ' όλες τις επιμέρους περιοχές του κόλπου. Γενικά την άνοιξη η σημαντική παρουσία των μεγάλου μεγέθους φυτοπλαγκτονικών οργανισμών -όπως τα διάτομα- που



Σχήμα 61. Εποχιακή μεταβολή του ποσοστού συμμετοχής των φυτοπλαγκτονικών ομάδων στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



Σχήμα 61. Εποχιακή μεταβολή του ποσοστού συμμετοχής των φυτοπλαγκτονικών ομάδων στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού (συνέχεια)



Σχήμα 62. Εποχιακή μεταβολή του ποσοστού συμμετοχής των φυτοπλαγκτονικών ομάδων στον Παγασητικό

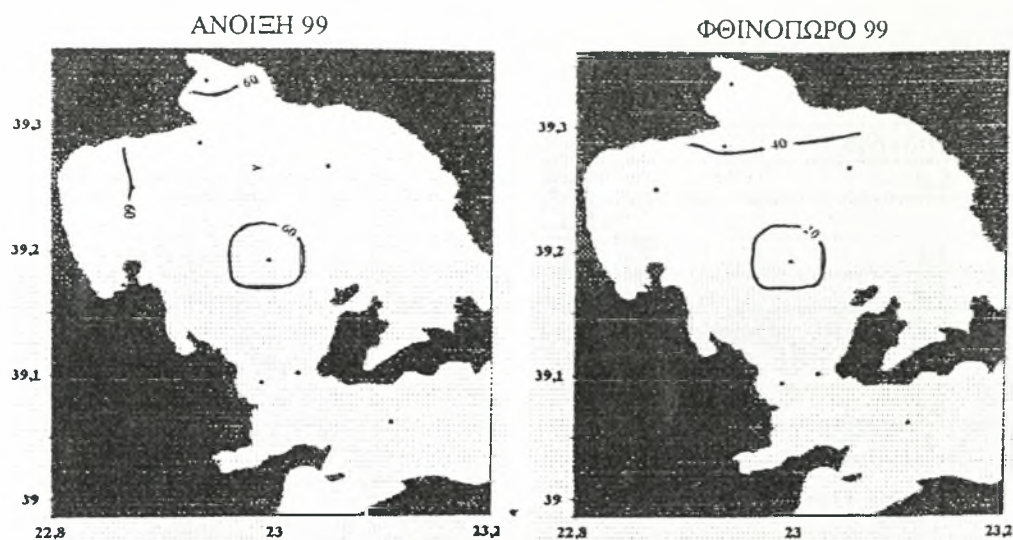


χρησιμοποιούν τα διαθέσιμα θρεπτικά της ευφωτικής ζώνης, προάγει την αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής και της φυτοπλαγκτονικής αφθονίας. Η επικράτηση των διατόμων παρατηρείται επίσης σε πολλούς ελληνικούς κόλπους, όπως ο Αμβρακικός και ο Θερμαϊκός (Stergiou *et al.*, 1997; Γκότση και συν., 2000; Mihalatou & Moustaka-Gouni, 2002). Τα διάτομα εμφανίζουν μικρά ποσοστά συμμετοχής στην επιφάνεια του κεντρικού κόλπου που αντιστοιχεί στο βαθύτερο σημείο του, όπου τα δινομαστιγωτά εμφανίζονται αυξημένα (Σχ. 63-64). Το ποσοστό συμμετοχής των κοκκολιθοφόρων την άνοιξη παραμένει σε πολύ χαμηλά επίπεδα, ενώ το φθινόπωρο μηδενίζεται στην περιοχή του αγωγού και αποκτά μέγιστη τιμή στον εξωτερικό κόλπο (Σχ. 65).

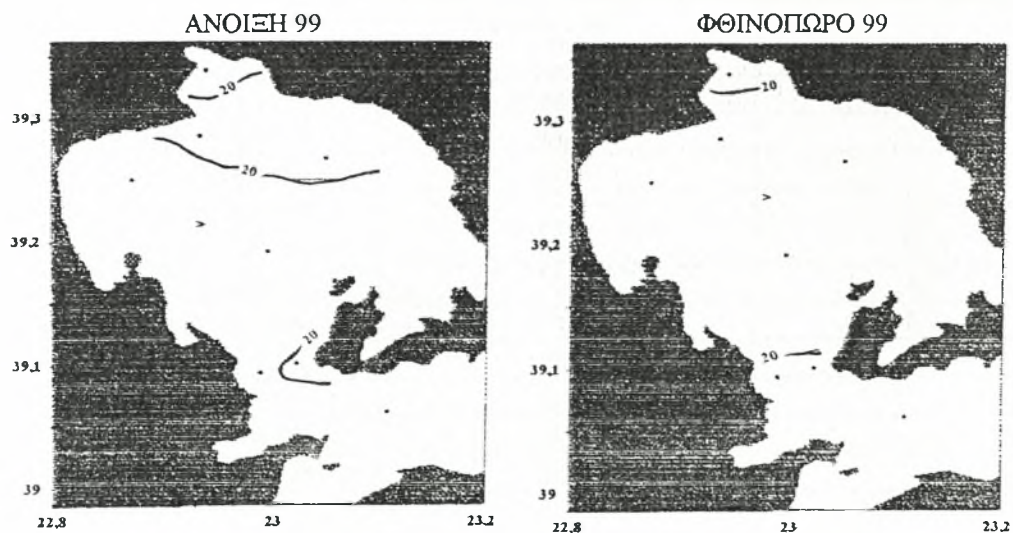
Κυριότερα φυτοπλαγκτονικά είδη στον Παγασητικό την άνοιξη αποτελούν τα διάτομα *Rhizosolenia setigera* και *Nitzschia closterium*, ενώ το φθινόπωρο σημαντική παρουσία έχει και το κοκκολιθοφόρο *Rhabdosphaera hispida* (Πιν. 64-68). Το διάτομο *R. setigera* παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις στον εσωτερικό κόλπο και την περιοχή του αγωγού την άνοιξη –συγκεκριμένα το μήνα Απρίλιο, ενώ το φθινόπωρο εμφανίζεται σχεδόν στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας σε σημαντικά μικρότερες όμως συγκεντρώσεις.

#### Οικολογικοί δείκτες

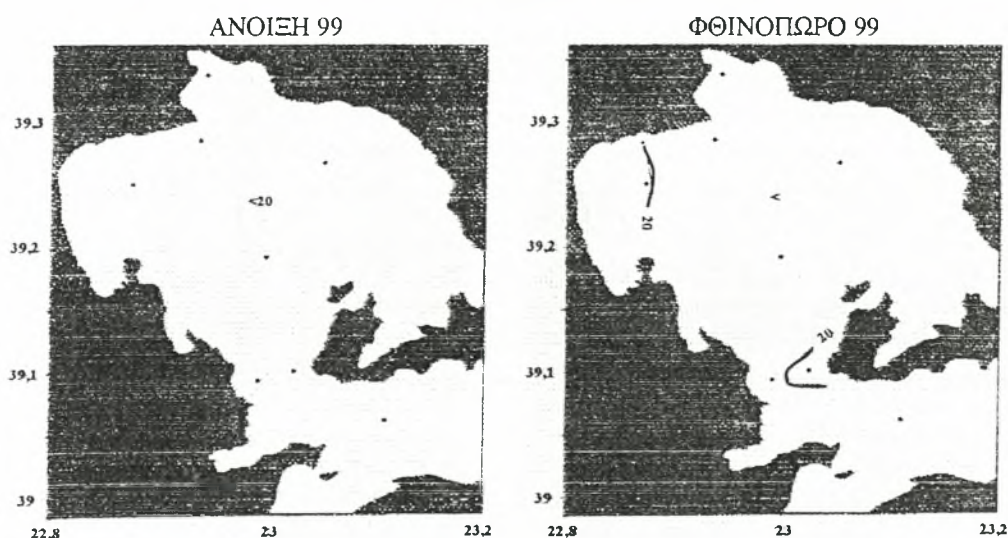
Ο δείκτης ποικιλότητας  $H'$  την άνοιξη του '99 εμφανίζει μικρότερες τιμές στον εσωτερικό Παγασητικό και στην περιοχή του αγωγού, ενώ το φθινόπωρο έχει σ' όλη την επιφάνεια του κόλπου τιμές  $>1$  (Πιν. 69, Σχ. 66). Οι τιμές του δείκτη αφθονίας των ειδών  $d$  κυμαίνονται την άνοιξη από 0,25 μέχρι 0,35 και το φθινόπωρο από 0,17 μέχρι 0,36 (Πιν. 70, Σχ. 67). Ο δείκτης ομοιομορφίας  $J$  την άνοιξη στην επιφάνεια του κόλπου έχει τιμές 0,48-0,62, ενώ το φθινόπωρο 0,72-0,86 με μεγαλύτερες τιμές στην περιοχή δειγματοληψίας στο διάυλο των Ωρεών (Πιν. 71, Σχ. 68). Ο δείκτης κυριαρχίας το φθινόπωρο δε ξεπερνά το 40% καθώς τα κυρίαρχα είδη είναι πολλά με σχεδόν ίδια ποσοστά συμμετοχής, ενώ υψηλές τιμές εμφανίζει την άνοιξη και συγκεκριμένα το μήνα Απρίλιο (Πιν. 72, Σχ. 69).



Σχήμα 63. Επιφανειακή κατανομή του ποσοστού συμμετοχής διατόμων (%)



Σχήμα 64. Επιφανειακή κατανομή του ποσοστού συμμετοχής δινομαστιγωτών (%)



Σχήμα 65. Επιφανειακή κατανομή του ποσοστού συμμετοχής κοκκολιθοφόρων (%)

Πίνακας 64. Αφθονία ( $\times 10^3$ κυτ/1) κυριότερων φυτοπλαγκτονικών ειδών στον κεντρικό Παγασητικό

|   | Άνοιξη 99 | Φθινόπωρο 99 |
|---|-----------|--------------|
| <i>Rhizosolenia setigera</i>                    | 65,3      | 5,2          |
| <i>Nitzschia closterium</i>                     | 24,55     |              |
| <i>Dinocystis sp.</i>                           | 10,5      | 4,2          |
| <i>Gymnodinium sp. (10-20<math>\mu</math>m)</i> | 7,3       | 6,4          |
| <i>Rhabdosphaera hispida</i>                    |           | 8,6          |
| <i>Cryptomonas acuta</i>                        |           | 8,1          |
| <i>Nitzschia longissima</i>                     |           | 5,6          |
| <i>Cryptomonas sp.</i>                          | 1,4       | 4            |
| <i>Pavlova sp.</i>                              | 3,9       |              |
| <i>Prorocentrum micans</i>                      | 3,4       |              |

Πίνακας 65. Αφθονία ( $\times 10^3$ κυτ/1) κυριότερων φυτοπλαγκτονικών ειδών στον εξωτερικό Παγασητικό

|                                  | Άνοιξη 99 | Φθινόπωρο 99 |
|----------------------------------|-----------|--------------|
| <i>Rhizosolenia setigera</i>     | 51,85     | 7            |
| <i>Nitzschia closterium</i>      | 23,8      |              |
| <i>Rhabdosphaera hispida</i>     |           | 12,2         |
| <i>Cryptomonas sp.</i>           |           | 10,5         |
| <i>Nitzschia longissima</i>      |           | 8,7          |
| <i>Pontosphaera haeckeli</i>     |           | 8,7          |
| <i>Pavlova sp.</i>               | 5,2       |              |
| <i>Rhizosolenia fragilissima</i> | 4,45      |              |
| <i>Chlrysochromulina sp.</i>     | 3,7       |              |
| <i>Amphidinium sp. (latum)</i>   | 3,55      |              |

Πίνακας 66. Αφθονία ( $\times 10^3$ κυτ/1) κυριότερων φυτοπλαγκτονικών ειδών στον εσωτερικό Παγασητικό

|   | Άνοιξη 99 | Φθινόπωρο 99 |
|---|-----------|--------------|
| <i>Rhizosolenia setigera</i>                    | 143       | 14,1         |
| <i>Nitzschia closterium</i>                     | 15        | 11,2         |
| <i>Cryptomonas sp.</i>                          | 2,75      | 8,4          |
| <i>Prorocentrum micans</i>                      | 7,35      |              |
| <i>Gymnodinium sp. (10-20<math>\mu</math>m)</i> | 6,3       |              |
| <i>Pavlova sp.</i>                              | 6,3       |              |
| <i>Dinocystis sp.</i>                           | 1,65      |              |
| <i>Amphidinium sp. (latum)</i>                  | 1,65      |              |

Πίνακας 67. Αφθονία ( $\times 10^3$ κυτ/1) κυριότερων φυτοπλαγκτονικών ειδών στην περιοχή του αγωγού

|   | Άνοιξη 99 | Φθινόπωρο 99 |
|---|-----------|--------------|
| <i>Rhizosolenia setigera</i>                    | 84,95     | 11           |
| <i>Nitzschia closterium</i>                     | 35,55     |              |
| <i>Hemiaulus haucki</i>                         |           | 19,8         |
| <i>Cryptomonas acuta</i>                        |           | 13,2         |
| <i>Gymnodinium sp. (10-20<math>\mu</math>m)</i> |           | 11           |
| <i>Cryptomonas sp.</i>                          | 10,3      |              |
| <i>Gymnodinium simplex</i>                      | 7,1       |              |
| <i>Leptocylindrus danicus</i>                   |           | 6,6          |
| <i>Amphidinium sp. (latum)</i>                  | 5,55      |              |
| <i>Peridinium sp.</i>                           | 2,25      |              |

Πίνακας 68. Αφθονία ( $\times 10^3$ κυτ/1) κυριότερων φυτοπλαγκτονικών ειδών στην περιοχή του διαύλου των Ωρεών

|                                | Άνοιξη 99 | Φθινόπωρο 99 |
|--------------------------------|-----------|--------------|
| <i>Rhizosolenia setigera</i>   | 29,15     | 20,2         |
| <i>Nitzschia closterium</i>    | 39        |              |
| <i>Nitzschia longissima</i>    |           | 14,5         |
| <i>Gymnodinium simplex</i>     | 11,05     |              |
| <i>Rhabdosphaera hispida</i>   |           | 10,1         |
| <i>Cryptomonas acuta</i>       |           | 7,2          |
| <i>Leptocylindrus danicus</i>  |           | 5,8          |
| <i>Prorocentrum micans</i>     | 3,6       |              |
| <i>Dinocystis sp.</i>          | 2,3       |              |
| <i>Amphidinium sp. (latum)</i> | 0,75      |              |

Πίνακας 69. Δείκτης ποικιλότητας  $H'$  των Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963) για το φυτοπλαγκτόν του Παγασητικού

|              |          | D     | U     | HA    | EA    | KA    | OA    | QA    |
|--------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Άνοιξη<br>99 | Απρίλιος | 0,554 | 0,526 | 0,834 | 1,189 | 1,071 | 0,718 | 1,365 |
|              | Μάιος    | 1,462 | 1,448 | 1,699 | 1,353 | 1,762 | 1,746 | 1,062 |
| Φθινόπωρο 99 |          | 1,21  | 1,971 | 1,856 | 1,531 | 1,152 | 1,956 | 2,016 |

Πίνακας 70. Δείκτης αφθονίας των ειδών  $d$  του Margalef (Margalef, 1968) για το φυτοπλαγκτόν του Παγασητικού

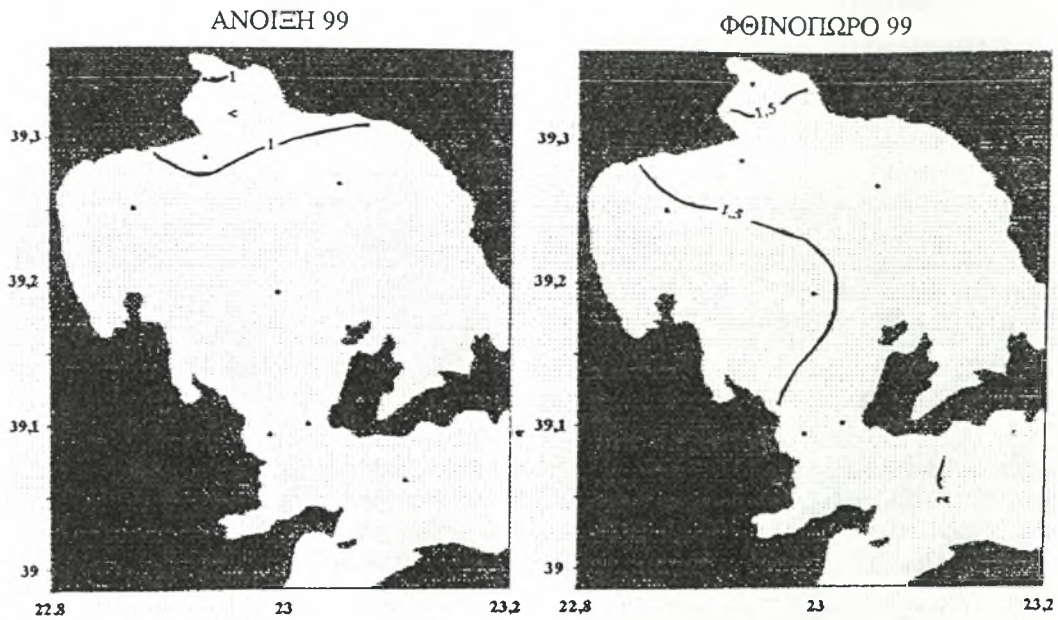
|              |          | D     | U     | HA    | EA    | KA    | OA    | QA    |
|--------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Άνοιξη<br>99 | Απρίλιος | 0,315 | 0,247 | 0,325 | 0,327 | 0,35  | 0,34  | 0,351 |
|              | Μάιος    | 0,256 | 0,248 | 0,344 | 0,254 | 0,342 | 0,349 | 0,168 |
| Φθινόπωρο 99 |          | 0,177 | 0,352 | 0,359 | 0,263 | 0,172 | 0,359 | 0,358 |

Πίνακας 71. Δείκτης ομοιομορφίας  $J$  του Pielou (Pielou, 1969) για το φυτοπλαγκτόν του Παγασητικού

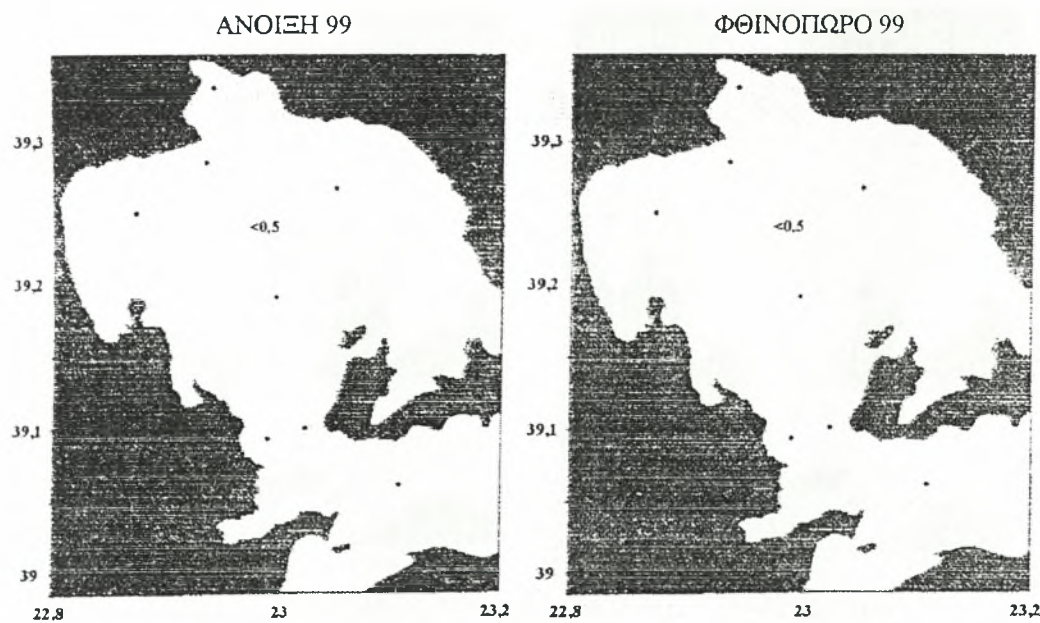
|              |          | D     | U     | HA    | EA    | KA    | OA    | QA    |
|--------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Άνοιξη<br>99 | Απρίλιος | 0,238 | 0,263 | 0,359 | 0,512 | 0,461 | 0,309 | 0,587 |
|              | Μάιος    | 0,731 | 0,724 | 0,731 | 0,676 | 0,758 | 0,751 | 0,67  |
| Φθινόπωρο 99 |          | 0,763 | 0,848 | 0,799 | 0,765 | 0,726 | 0,842 | 0,868 |

Πίνακας 72. Δείκτης κυριαρχίας  $\delta$  (%) για το φυτοπλαγκτόν του Παγασητικού

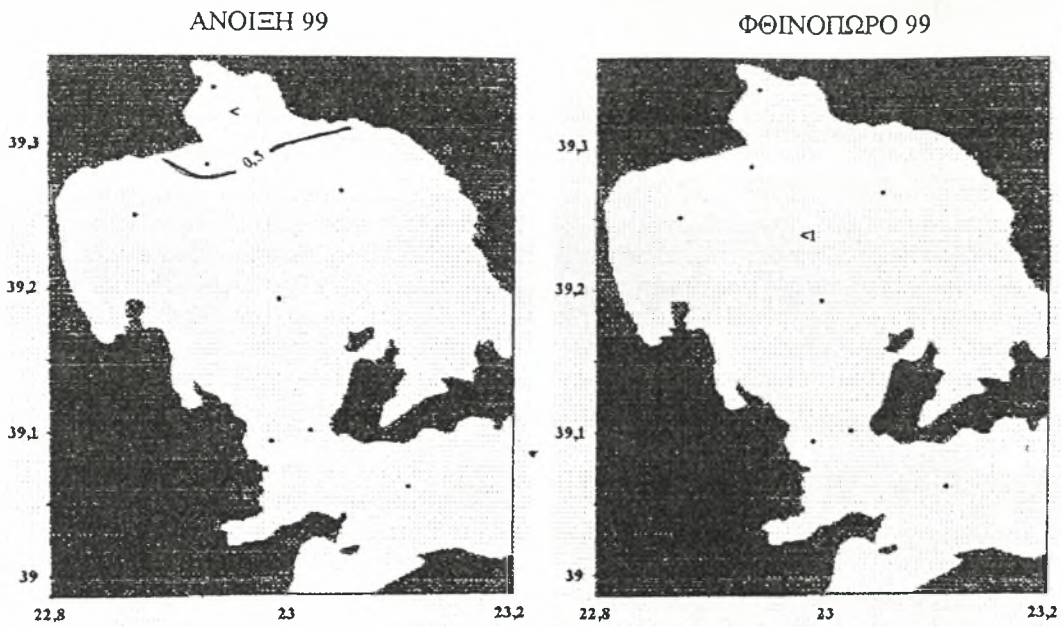
|              |          | D    | U    | HA   | EA   | KA   | OA   | QA   |
|--------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| Άνοιξη<br>99 | Απρίλιος | 92,1 | 94,6 | 87,8 | 90,5 | 76,7 | 87,3 | 77,1 |
|              | Μάιος    | 27,5 | 49,5 | 64,6 | 57,7 | 26,3 | 54,4 | 58,9 |
| Φθινόπωρο 99 |          | 33,3 | 39,3 | 31,3 | 32   | 33,3 | 33,2 | 48,9 |



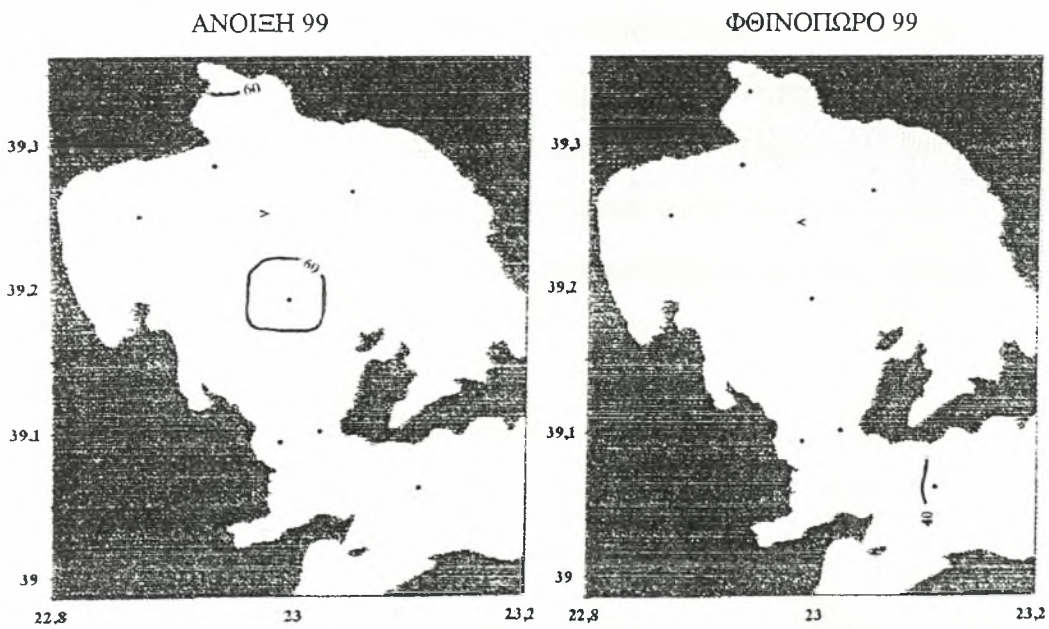
Σχήμα 66. Επιφανειακή κατανομή του δείκτη ποικιλότητας  $H'$  του Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963)



Σχήμα 67. Επιφανειακή κατανομή του δείκτη αφθονίας των ειδών  $d$  του Margalef (Margalef, 1968)



Σχήμα 68. Επιφανειακή κατανομή του δείκτη ομοιομορφίας J του Pielou (Pielou, 1969)



Σχήμα 69. Επιφανειακή κατανομή του δείκτη κυριαρχίας δ (%)

Από τις επιφανειακές κατανομές των οικολογικών δεικτών στον Παγασητικό ο εσωτερικός κόλπος και η περιοχή του αγωγού –όπου το διάτομο *Rhizosolenia setigera* εμφανίζει ιδιαίτερα υψηλές τιμές αφθονίας- φαίνεται ότι χαρακτηρίζονται από μικρότερες τιμές ποικιλότητας σε σχέση με τις υπόλοιπες επιμέρους περιοχές. Γενικά οι οικολογικοί δείκτες που περιγράφουν το φυτοπλαγκτονικό σύστημα του κόλπου έχουν ενδιάμεσες τιμές και δεν δηλώνουν κάποια σημαντική διατάραξη του.

#### Πρωτογενής παραγωγή ολικού φυτοπλαγκτού και αυτότροφου πικοπλαγκτού

Στον Παγασητικό η πρωτογενής παραγωγή ολικού φυτοπλαγκτού κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, επιβεβαιώνοντας τον oligοτροφικό χαρακτήρα του. Αποκτά μέγιστη τιμή την άνοιξη του '99 στο επιφανειακό στρώμα του εξωτερικού κόλπου (0,983 mgC/m<sup>3</sup>·h) –ιδιαίτερα το μήνα Απρίλιο και ελάχιστη το φθινόπωρο στο βαθύ στρώμα του κεντρικού (0,004 mgC/m<sup>3</sup>·h). Από τις επιμέρους περιοχές του κόλπου μεγαλύτερη τιμή πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού εμφανίζει το εσωτερικό τμήμα την άνοιξη και μικρότερη το κεντρικό το φθινόπωρο (Πιν. 73-75, Σχ. 70, 72). Στον πίνακα 76 παρουσιάζεται η πρωτογενής παραγωγή για διάφορες περιοχές της Μεσογείου.

Πίνακας 76. Ετήσια πρωτογενής παραγωγή για διάφορες μεσογειακές περιοχές

|                       | gC/m <sup>2</sup> |
|-----------------------|-------------------|
| Κόλπος Βαρκελώνης     | 44-71             |
| Λεβαντική Θάλασσα     | 10-45             |
| Κόλπος Μασσαλίας      | 60-80             |
| Αδριατική Θάλασσα     | 100-235           |
| Λιμνοθάλασσα Βενετίας | 80-150            |
| Ν. Αιγαίο Πέλαγος     | 0,438-1,971*      |

\* mgC/m<sup>3</sup>·h

Πηγή: Stergiou *et al.* (1997)

Η πρωτογενής παραγωγή αυτότροφου πικοπλαγκτού (κύτταρα με διάμετρο <2μm) ενισχύεται στην περίπτωση oligοτροφικών συστημάτων, με μακρά στρωμάτωση και μειωμένες συγκεντρώσεις θρεπτικών (Petihakis *et al.*, 2002).



Πίνακας 73. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού ( $\text{mgC}/\text{m}^3\text{h}$ ) στον κεντρικό Παγασητικό

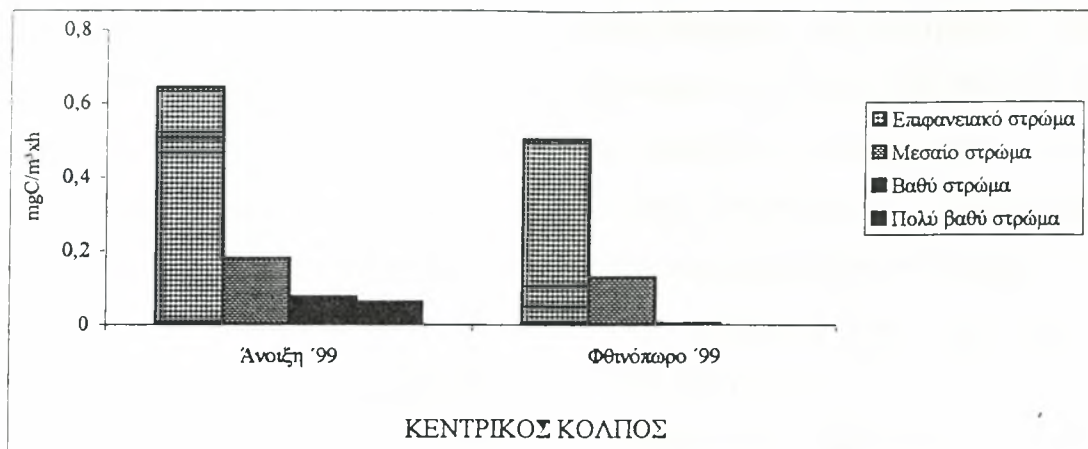
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα          | Πολύ βαθύ στρώμα    | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| Άνοιξη 99    | 0,643<br>0,178-1,341 | 0,178<br>0,006-0,478 | 0,075<br>0,055-0,096 | 0,061<br>0,05-0,072 | 0,239         |
| Φθινόπωρο 99 | 0,504<br>0,141-0,817 | 0,129<br>0,032-0,32  | 0,004                |                     | 0,212         |

Πίνακας 74. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού ( $\text{mgC}/\text{m}^3\text{h}$ ) στον εξωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|-------------|---------------|
| Άνοιξη 99    | 0,983<br>0,405-1,861 | 0,213<br>0,06-0,465  | 0,034       | 0,41          |
| Φθινόπωρο 99 | 0,863<br>0,803-0,952 | 0,689<br>0,091-1,113 | 0,022       | 0,524         |

Πίνακας 75. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού ( $\text{mgC}/\text{m}^3\text{h}$ ) στον εσωτερικό Παγασητικό

|              | Επιφανειακό στρώμα   | Πυθμενικό στρώμα     | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Άνοιξη 99    | 0,831<br>0,403-1,89  | 0,617<br>0,482-0,753 | 0,724         |
| Φθινόπωρο 99 | 0,355<br>0,173-0,556 | 0,079                | 0,217         |



Σχήμα 70. Εποχιακή μεταβολή της μέσης πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού στα επιμέρους βάθη των περιοχών του Παγασητικού

Στον Παγασητικό έχει μέγιστη τιμή στο επιφανειακό στρώμα του εσωτερικού κόλπου την άνοιξη ( $0,589 \text{ mgC/m}^3\cdot\text{h}$ ) και ελάχιστη -όπως και το ολικό φυτοπλαγκτόν- το φθινόπωρο στο βαθύ στρώμα του κεντρικού ( $0,004 \text{ mgC/m}^3\cdot\text{h}$ ) αντιπροσωπεύοντας στο συγκεκριμένο σημείο το σύνολο της φυτοπλαγκτονικής παραγωγής. Από τις επιμέρους περιοχές του κόλπου μεγαλύτερη τιμή πρωτογενούς παραγωγής αυτότροφου πικοπλαγκτού εμφανίζει το εσωτερικό τμήμα την άνοιξη και μικρότερη το κεντρικό το φθινόπωρο ακολουθώντας την εποχιακή κατανομή της πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού (Πιν. 77-79, Σχ. 71-72).

Οι μέσες εποχιακές τιμές πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού και αυτότροφου πικοπλαγκτού στον Παγασητικό παρουσιάζονται μεγαλύτερες την άνοιξη του '99,  $0,457$  και  $0,201 \text{ mgC/m}^3\cdot\text{h}$  αντίστοιχα (Σχ. 34). Γενικά στις επιμέρους περιοχές του κόλπου η πρωτογενής παραγωγή ολικού φυτοπλαγκτού και αυτότροφου πικοπλαγκτού αποκτούν μέγιστη τιμή στο επιφανειακό στρώμα -πάνω από το πυκνοκλινές και μειώνονται με το βάθος. Το ποσοστό συμμετοχής της πρωτογενούς παραγωγής αυτότροφου πικοπλαγκτού στη συνολική φυτοπλαγκτονική παραγωγή των επιμέρους περιοχών του Παγασητικού κυμαίνεται από 29,5 μέχρι 57%, ενώ οι μέσες εποχιακές τιμές του ξεπερνούν το 45%. Στην επιφάνεια του Παγασητικού οι μεγαλύτερες τιμές πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού και αυτότροφου πικοπλαγκτού παρατηρούνται στον εσωτερικό και τον εξωτερικό κόλπο, πιθανόν λόγω χερσαίων απορροών και ανταλλαγής υδάτων με το Αιγαίο Πέλαγος αντίστοιχα (Σχ. 74-75). Αντίθετα, η επιφανειακή κατανομή της πρωτογενούς παραγωγής φανερώνει τον έντονα ολιγοτροφικό χαρακτήρα του κεντρικού κόλπου, στον οποίο εξαιτίας του μεγάλου βάθους του και της διαρκούς στρωμάτωσης της υδάτινης στήλης τα θρεπτικά εγκλωβίζονται στο βαθύτερο στρώμα του -μακριά από την ευφωτική ζώνη. Η μεγάλη συμμετοχή του αυτότροφου πικοπλαγκτού που παρατηρείται στον Παγασητικό, έχει επίσης αναφερθεί στον Μαλιακό κόλπο (Korras *et al.*, 1998).

Στο σχήμα 76 παρουσιάζεται η ομαδοποίηση των επιμέρους περιοχών του κόλπου με βάση τη φυτοπλαγκτονική αφθονία και την πρωτογενή παραγωγή

Πίνακας 77. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της πρωτογενούς παραγωγής αυτότροφου πικοπλαγκτού (<2μm) (mgC/ m<sup>3</sup>·h) στον κεντρικό Παγασητικό

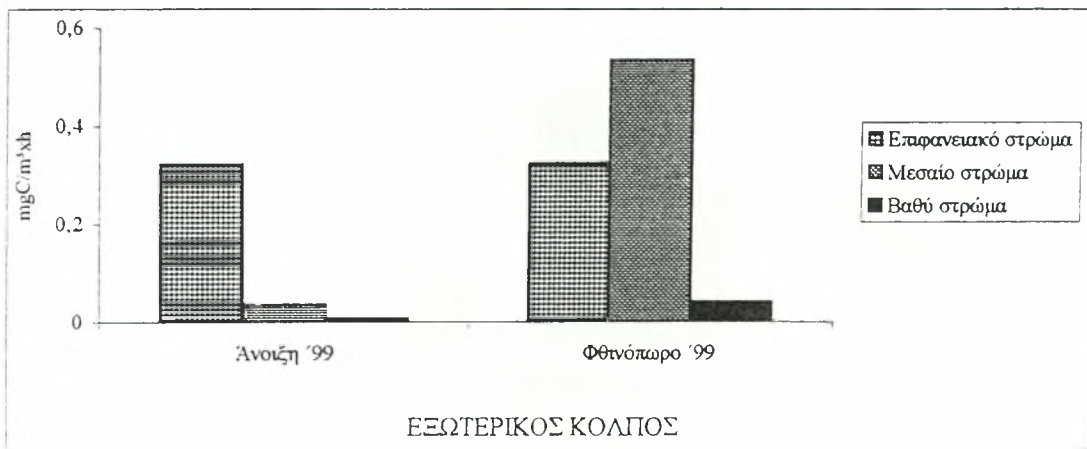
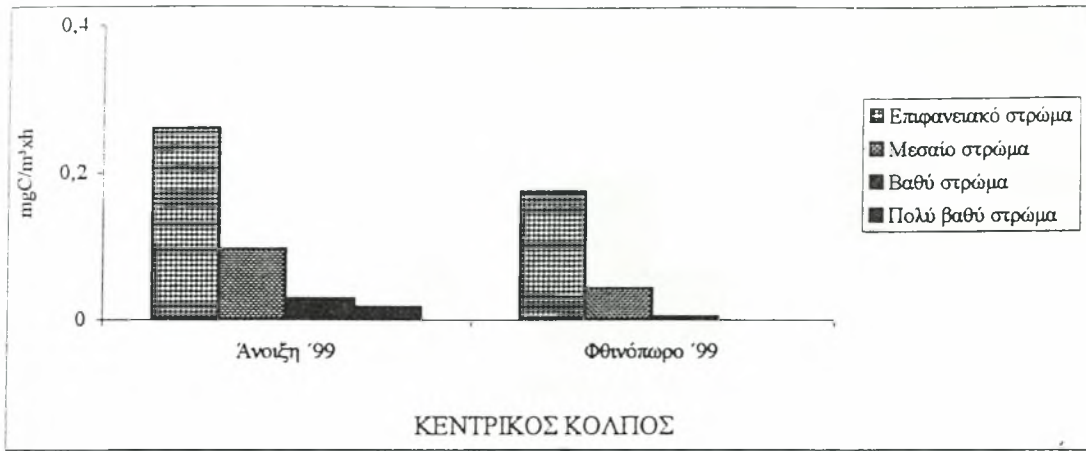
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα       | Βαθύ στρώμα          | Πολύ βαθύ στρώμα    | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| Άνοιξη 99    | 0,261<br>0,1-0,462   | 0,096<br>0,002-0,36 | 0,029<br>0,018-0,041 | 0,017<br>0,015-0,02 | 0,1           |
| Φθινόπωρο 99 | 0,175<br>0,054-0,274 | 0,043<br>0-0,096    | 0,004                |                     | 0,074         |

Πίνακας 78. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της πρωτογενούς παραγωγής αυτότροφου πικοπλαγκτού (<2μm) (mgC/ m<sup>3</sup>·h) στον εξωτερικό Παγασητικό

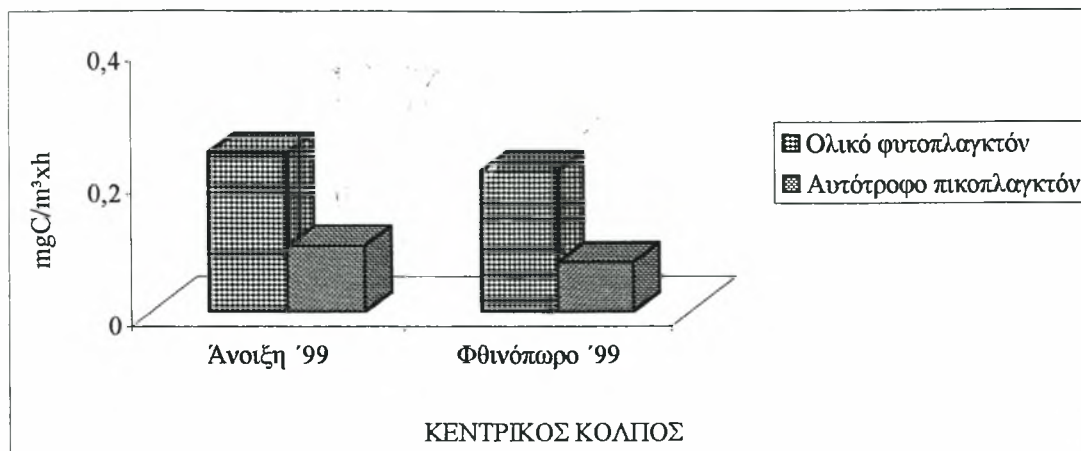
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Μεσαίο στρώμα        | Βαθύ στρώμα | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|----------------------|-------------|---------------|
| Άνοιξη 99    | 0,321<br>0,087-0,75  | 0,035<br>0,008-0,093 | 0,007       | 0,121         |
| Φθινόπωρο 99 | 0,323<br>0,297-0,345 | 0,535<br>0,075-0,778 | 0,04        | 0,299         |

Πίνακας 79. Μέσοι όροι και διακυμάνσεις της πρωτογενούς παραγωγής αυτότροφου πικοπλαγκτού (<2μm) (mgC/ m<sup>3</sup>·h) στον εσωτερικό Παγασητικό

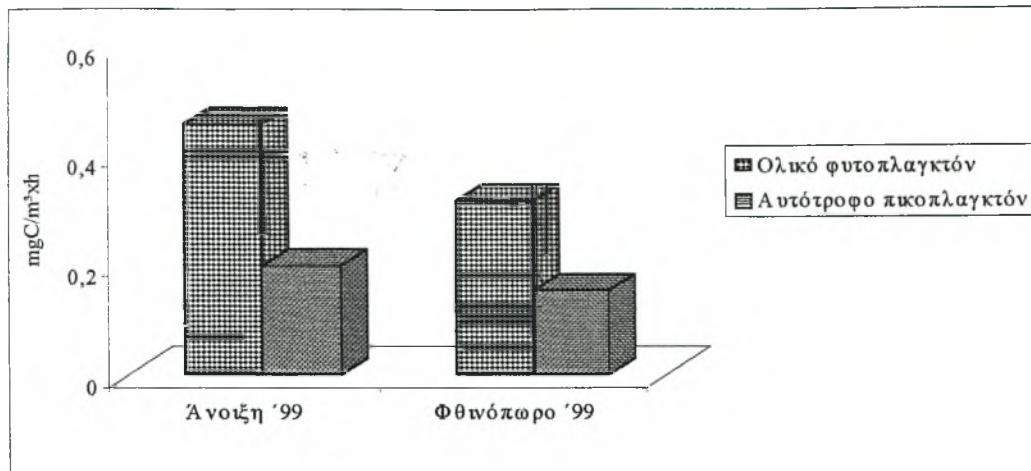
|              | Επιφανειακό στρώμα   | Πυθμενικό στρώμα    | Υδάτινη στήλη |
|--------------|----------------------|---------------------|---------------|
| Άνοιξη 99    | 0,589<br>0,232-1,856 | 0,176<br>0,133-0,22 | 0,382         |
| Φθινόπωρο 99 | 0,147<br>0,087-0,188 | 0,044               | 0,095         |



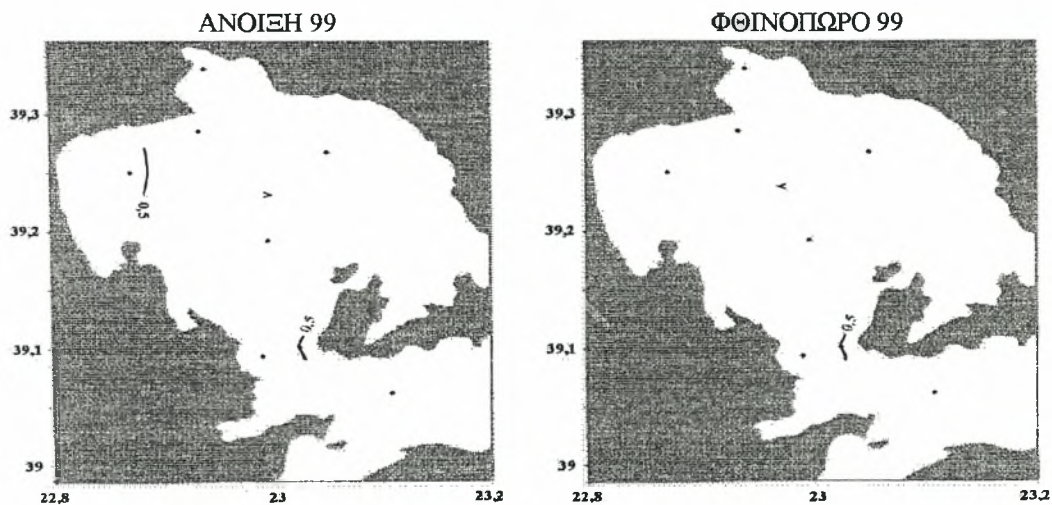
Σχήμα 71. Εποχιακή μεταβολή της μέσης πρωτογενούς παραγωγής αυτότροφου πικοπλαγκτού (<2µm) στα επιμέρους βάθη των περιοχών του Παγασητικού



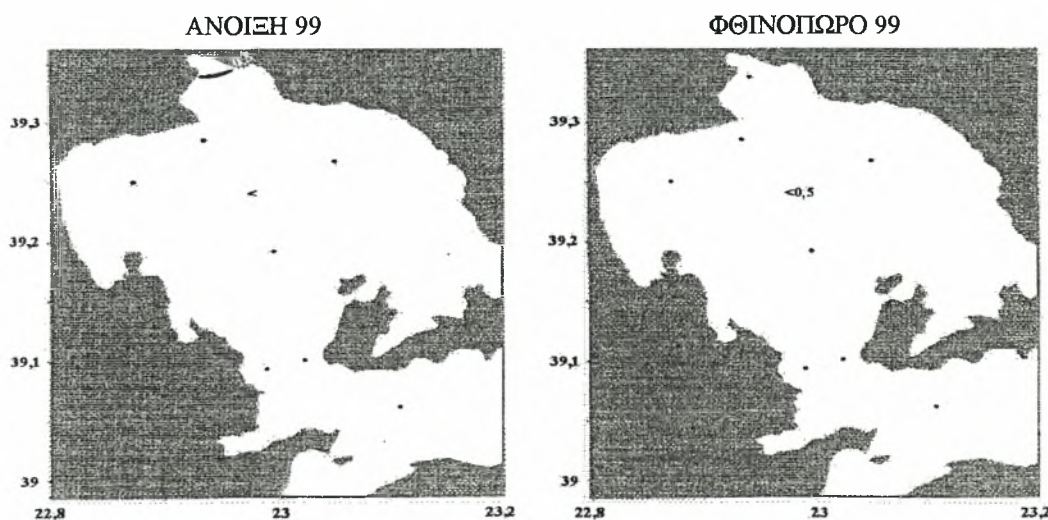
Σχήμα 72. Εποχιακή μεταβολή των μέσων τιμών πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού και αυτότροφου πικοπλαγκτού στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



Σχήμα 73. Εποχιακή μεταβολή της πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού και αυτότροφου πικοπλαγκτού στον Παγασητικό

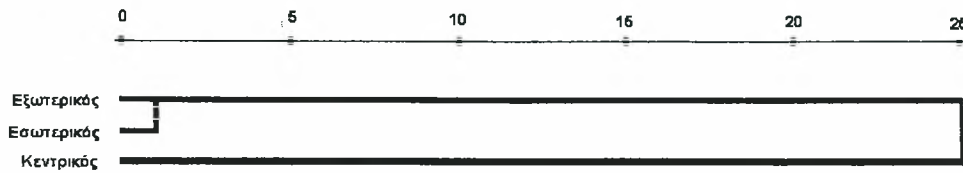


Σχήμα 74. Επιφανειακή κατανομή της πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού (mgC/m³·h)



Σχήμα 75. Επιφανειακή κατανομή της πρωτογενούς παραγωγής αυτότροφου πικοπλαγκτού (mgC/m³·h)

ολικού φυτοπλαγκτού και αυτότροφου πικοπλαγκτού. Είναι φανερή η διαφοροποίηση του ολιγοτροφικού κεντρικού σε σχέση με τον εσωτερικό και τον εξωτερικό κόλπο, που εμφανίζονται στην ίδια ομάδα.



Σχήμα 76. Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των επιμέρους περιοχών του Παγασητικού με βάση τις μέσες τιμές φυτοπλαγκτονικής αφθονίας και πρωτογενούς παραγωγής ολικού φυτοπλαγκτού και αυτότροφου πικοπλαγκτού  
(Hierarchical Cluster Analysis, Average Linkage Between Groups)

Γενικά η φυτοπλαγκτονική αφθονία και η πρωτογενής παραγωγή ολικού φυτοπλαγκτού και αυτότροφου πικοπλαγκτού χαρακτηρίζουν τον Παγασητικό ως ολιγοτροφικό, ιδιαίτερα στο κεντρικό τμήμα του που αντιστοιχεί στο βαθύτερο σημείο του και είναι έντονη η παρουσία στρωμάτωσης της υδάτινης στήλης. Εξαιρεση αποτελεί ο εσωτερικός κόλπος που εμφανίζεται ως μεσότροφος επιβεβαιώνοντας τον ιδιαίτερο χαρακτήρα του. Κυρίαρχη φυτοπλαγκτονική ομάδα κατά τη διάρκεια της εαρινής «άνθισης» αποτελούν τα διάτομα, ενώ καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία του κόλπου έχει το αυτότροφο πικοπλαγκτόν που αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό ποσοστό της πρωτογενούς παραγωγής του και χρησιμοποιεί τα θρεπτικά που φτάνουν στην ευφωτική ζώνη.

## ΖΩΟΠΛΑΓΚΤΟΝ

Το ζωοπλαγκτόν αποτελεί σημαντικό τμήμα της θαλάσσιας τροφικής αλυσίδας και συντελεί στη μεταφορά ενέργειας από τα κατώτερα στα ανώτερα τροφικά επίπεδα. Γι' αυτό το λόγο η εκτίμηση της ποσοτικής και ποιοτικής του σύνθεσης είναι απαραίτητη για τη μελέτη των θαλάσσιων συστημάτων,



ιδιαίτερα των παράκτιων καθώς αυτά χαρακτηρίζονται από έντονες εποχιακές μεταβολές.

#### Βιομάζα και αφθονία

Στον Παγασητικό οι υψηλότερες τιμές ζωοπλαγκτονικής βιομάζας και αφθονίας, όπως και φυτοπλαγκτού, παρατηρούνται την άνοιξη του '99 – συγκεκριμένα τον Απρίλιο η αφθονία στον εσωτερικό κόλπο είναι σχεδόν διπλάσια από τις υπόλοιπες περιοχές. Το Μάιο η διαφοροποίηση μεταξύ των επιμέρους περιοχών είναι λιγότερο έντονη, με τον εξωτερικό όμως κόλπο και την περιοχή στο διάυλο των Ωρεών, να χαρακτηρίζονται από χαμηλότερες τιμές αφθονίας. Το φθινόπωρο τόσο η βιομάζα όσο και η αφθονία κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα (Πιν. 80-81). Γενικά οι τιμές ζωοπλαγκτονικής αφθονίας και βιομάζας στον κόλπο είναι συγκρίσιμες με αντίστοιχες σε άλλες ελληνικές παράκτιες περιοχές (Stergiou *et al.*, 1997), ενώ δε διαφέρουν σε σχέση με προηγούμενες μελέτες (Θεοδώρου και συν., 1997). Στον πίνακα 82 παρουσιάζονται οι τιμές βιομάζας και αφθονίας ζωοπλαγκτού για διάφορες ελληνικές παράκτιες περιοχές.

Πίνακας 80. Ελάχιστη και μέγιστη τιμή της βιομάζας ζωοπλαγκτού (mg/m<sup>3</sup>) στον Παγασητικό

|              | Ελάχιστο | Μέγιστο |
|--------------|----------|---------|
| Άνοιξη 99    | 13,5     | 47,1    |
| Φθινόπωρο 99 | 5,4      | 12,5    |

Πίνακας 81. Ελάχιστη και μέγιστη τιμή της αφθονίας ζωοπλαγκτού (ατ/m<sup>3</sup>) στον Παγασητικό

|              | Ελάχιστο | Μέγιστο |
|--------------|----------|---------|
| Άνοιξη 99    | 2155,5   | 5829    |
| Φθινόπωρο 99 | 982      | 2080    |

Πίνακας 82. Εύρη ζωοπλαγκτονικής βιομάζας και αφθονίας για διάφορους ελληνικούς θαλάσσιες περιοχές

N: αριθμός σταθμών F: δειγματοληψίες D: βάθος δειγματοληψιών

|             | N    | F  | D(m)     | mg/m <sup>3</sup> | ατ/ m <sup>3</sup> |
|-------------|------|----|----------|-------------------|--------------------|
| Παγασητικός | 6    | 3  | 1-90     | 5,4-47,1          | 982-5829           |
| N. Αιγαίο   | 6    | 1  | 0-100    | 0,02-0,12         | 58-103             |
| Σαρωνικός   | 5-12 | 16 | 0-20, 50 | -                 | 400-2500           |
| B. Ευβοϊκός | 24   | 4  | 0-20, 50 | -                 | 346-778            |
| Μαλιακός    | 15   | 5  | 0-25     | -                 | 137-1696           |
| Αμβρακικός  | 11   | 4  | -        | -                 | 337-22782          |

Πηγή: Stergiou *et al.* (1997)

### Σχετική αφθονία ομάδων και ειδών

Σημαντικότερη ζωοπλαγκτονική ομάδα στον Παγασητικό αποτελούν τα κωπήποδα –ιδιαίτερα την άνοιξη όπως συμβαίνει στο σύνολο σχεδόν των ελληνικών κόλπων (Siokou-Fragou, 1996, Stergiou *et al.*, 1997, Christou, 1998), ενώ αξιοσημείωτη είναι και η παρουσία των κλαδοκεραιωτών, των κωπηλατών και των βυτιοειδών. Συγκεκριμένα τα κλαδοκεραιωτά το φθινόπωρο στον εσωτερικό κόλπο και την περιοχή του αγωγού ξεπερνούν σε σχετική αφθονία τα κωπήποδα.

Το ζωοπλαγκτόν του κόλπου χαρακτηρίζεται από την κυριαρχία νηρητικών ειδών (Πιν. 83).

Πίνακας 83. Κυριότερα ζωοπλαγκτονικά είδη στον Παγασητικό

|                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| Άνοιξη 99                    | Φθινόπωρο 99                  |
| <i>Centropages typicus</i>   | <i>Penilia avirostris</i>     |
| <i>Acartia clausi</i>        | <i>Clausocalanus furcatus</i> |
| <i>Ctenocalanus vanus</i>    | <i>Oithona plumifera</i>      |
| <i>Paracalanus parvus</i>    | <i>Paracalanus parvus</i>     |
| <i>Clausocalanus pergens</i> | <i>Ctenocalanus vanus</i>     |
| <i>Oncaea media</i>          | <i>Temora stylifera</i>       |
| <i>O. similis</i>            | <i>Oncaea media</i>           |
| <i>Oithona plumifera</i>     | <i>Evadne spinifera</i>       |

Την άνοιξη κυριαρχά είδη είναι τα κωπήποδα *C. typicus*, *A. clausi* και *C. vanus*, ενώ το φθινόπωρο κυριαρχεί το κλαδοκεραιωτό *P. avirostris* – ιδιαίτερα στον εσωτερικό κόλπο και την περιοχή του αγωγού.

Στην περιοχή μελέτης διαχωρίζεται έντονα σε σχέση με τον Παγασητικό η περιοχή στο διαυλο των Ωρεών που επηρεάζεται έντονα από τα ύδατα του Αιγαίου Πελάγους και του Ευβοϊκού, ενώ εντός του κόλπου έντονα διαχωρίζεται το πολύ βαθύ στρώμα του κεντρικού τμήματος.

#### Παραγωγή κωπηπόδων

Η παραγωγή αυγών από τους ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς αποτελεί μια καλή προσέγγιση της δευτερογενούς παραγωγής στα παράκτια θαλάσσια συστήματα, καθώς μετρά άμεσα το ρυθμό γεννήσεων και αντιπροσωπεύει την καθαρή παραγωγή των ενήλικων θηλυκών ατόμων. Η παραγωγή αυγών κωπηπόδων ακολουθεί στενά τις εποχιακές μεταβολές των συγκεντρώσεων χλωροφύλλης και χαρακτηρίζεται ως μια καλή ένδειξη των τροφικών συνθηκών στο χώρο και το χρόνο.

Στον Παγασητικό οι ρυθμοί παραγωγής αυγών κωπηπόδων είναι χαμηλοί και επιβεβαιώνουν την υπάρχουσα εικόνα του ολιγοτροφικού κόλπου. Οι μεγαλύτερες τιμές τους παρατηρούνται την άνοιξη του '99 (Πιν. 84) -ιδιαίτερα στον εξωτερικό κόλπο, ενώ το φθινόπωρο από μικρή παραγωγή αυγών κωπηπόδων χαρακτηρίζεται η περιοχή του αποχετευτικού αγωγού. Υψηλότερη παραγωγή κωπηπόδων παρατηρείται την άνοιξη, ιδιαίτερα τον Απρίλιο στον εξωτερικό και εσωτερικό κόλπο όπου επίσης σημειώνονται οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού (Πιν. 85). Η χρονική και χωρική ακολουθία του φυτοπλαγκτού από το ζωοπλαγκτονικό σύστημα είναι αναμενόμενη, καθώς τα φυτοπλαγκτονικά κύτταρα αποτελούν πλούσια πηγή τροφής για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για αναπαραγωγή των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών.

Πίνακας 84. Μέγιστη παραγωγή αυγών κωπηπόδων (αυγά/θηλυκόημέρα) στον Παγασητικό

|              |                  |                     |                    |
|--------------|------------------|---------------------|--------------------|
|              | <i>A. clausi</i> | <i>P. parvus</i>    | <i>C. typicus</i>  |
| Άνοιξη 99    | 7,8              | 15,5                | 26                 |
|              | <i>P. parvus</i> | <i>T. stylifera</i> | <i>C. furcatus</i> |
| Φθινόπωρο 99 | 10               | 8,6                 | 19                 |

Πίνακας 85. Ημερήσια παραγωγή κωπηπόδων (mgC/m<sup>2</sup>ημέρα) στον Παγασητικό

|              | Κεντρικός | Εξωτερικός | Εσωτερικός | Μέσος όρος |
|--------------|-----------|------------|------------|------------|
| Άνοιξη 99    | 34,5      | 38         | 34         | 35,5       |
| Φθινόπωρο 99 | 7         | 5          | 3          | 5          |

Γενικά ο Παγασητικός χαρακτηρίζεται από χαμηλά επίπεδα ζωοπλαγκτονικής αφθονίας και βιομάζας με κυρίαρχη ομάδα τα κωπήποδα, ενισχύοντας την εικόνα του ολιγοτροφικού χαρακτήρα του.

## ΙΧΘΥΟΠΛΑΓΚΤΟΝ

Ο όρος ιχθυοπλαγκτόν αναφέρεται στο σύνολο των πλαγκτονικών οργανισμών που περιλαμβάνει τα αυγά και τα προνυμφικά στάδια των ιχθύων. Η μελέτη του ιχθυοπλαγκτού ενός συστήματος συμβάλει στην εκτίμηση της παραγωγικότητας του και έχει ιδιαίτερη σημασία για τα παράκτια συστήματα, τα οποία με τα αλιεύματα τους συντηρούν τους πληθυσμούς των περιοχών που βρίσκονται περιμετρικά τους.

Η συλλογή αυγών και προνυμφών στον Παγασητικό πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δύο τύπων διχτύων με διαφορετικό άνοιγμα ματιού: το Bongso300 και το Bongso500. Ο όγκος του νερού που διήλθε από το Bongso500 ήταν μεγαλύτερος, ιδιαίτερα το χειμώνα του '99 οπότε λόγω της υψηλής συγκέντρωσης πλαγκτονικής βιομάζας που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών προκλήθηκε εντονότερη απόφραξη των ματιών του Bongso300. Ο αριθμός και η αφθονία των προνυμφών που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 είναι μεγαλύτερα αυτών που συλλέχθηκαν με Bongso500, εξαιτίας της έντονης παθητικής διαφυγής προνυμφών με μακρόστενο σώμα από το τελευταίο. Αντίθετα, προνύμφες μεγάλου μεγέθους παρασύρονται ευκολότερα εντός του Bongso500, καθώς το νερό διέρχεται από αυτό με μεγαλύτερη ταχύτητα.

### Αφθονία

Αυγά: Στον Παγασητικό ο μέγιστος αριθμός αυγών ιχθύων παρατηρείται την άνοιξη του '99 στον εσωτερικό κόλπο οπότε 553 αυγά συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300. Ο ελάχιστος αριθμός αυγών εμφανίζεται το χειμώνα οπότε 16 αυγά συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 στην ίδια περιοχή, ενώ 28 συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso500 στην περιοχή του διαύλου των Ωρεών (Πιν. 86-87, Σχ. 77).

Η μέγιστη τιμή της αφθονίας αυγών ιχθύων στον κόλπο παρατηρείται το καλοκαίρι οπότε 2410,7 αυγά/m<sup>2</sup> συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 στον εξωτερικό κόλπο, ενώ 1849,7 συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso500 στον εσωτερικό. Η ελάχιστη τιμή αφθονίας αυγών εμφανίζεται το χειμώνα οπότε 57,6 αυγά/m<sup>2</sup> συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 στον εσωτερικό κόλπο, ενώ 133,65 συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso500 στον εξωτερικό (Πιν. 88-89, Σχ. 78).

Η συλλογή αυγών με δίχτυ Bongso300 δείχνει ότι οι μέσες εποχιακές τιμές του αριθμού τους γίνονται μέγιστες την άνοιξη (303,75 αυγά) και ελάχιστες το χειμώνα (89,525 αυγά), ενώ η συλλογή αυγών με δίχτυ Bongso500 δείχνει μέγιστο αριθμό το καλοκαίρι (296,9 αυγά) (Σχ. 79). Η συλλογή αυγών και από τους δύο τύπους δικτύου φανερώνει μέγιστη τιμή της αφθονίας τους το καλοκαίρι (Σχ. 80).

Η οριζόντια κατανομή της αφθονίας αυγών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 εμφανίζει το χειμώνα μεγαλύτερες τιμές στην περιοχή του αγωγού και του κεντρικού κόλπου, καθώς ελέγχεται κυρίως από την κατανομή της αφθονίας αυγών σαρδέλας. Την άνοιξη παρατηρείται διασπορά των αυγών σε όλη την έκταση του κόλπου με μεγαλύτερες τιμές στις ανατολικές ακτές του κεντρικού τμήματος του, όπου συνεχίζουν να εμφανίζονται αυξημένες και το καλοκαίρι, με μέγιστη όμως τιμή παρατηρείται στον εξωτερικό κόλπο (Σχ. 81). Η οριζόντια κατανομή της αφθονίας αυγών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso500 φανερώνει και στις τρεις εποχές δειγματοληψίας μικρότερη διασπορά αυγών (Σχ. 82).

Προνύμφες: Στον Παγασητικό ο αριθμός των προνυμφών είναι σημαντικά μικρότερος από τον αντίστοιχο των αυγών το χειμώνα και την άνοιξη του '99, ενώ εμφανίζεται μεγαλύτερος το καλοκαίρι. Ο μέγιστος αριθμός προνυμφών

Πίνακας 86. Αριθμός αυγών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongο300 στον Παγασητικό

|              | Εσωτερικός     | Περιοχή αγωγού | Κεντρικός       | Εξωτερικός      | Διαυλος Ωρεών |
|--------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Χειμώνας 99  | 16             | 247            | 63,1<br>7-404   | 32<br>28-36     | 57            |
| Άνοιξη 99    | 553<br>235-871 | 289<br>79-435  | 294,2<br>0-2622 | 78,8<br>2-213   | 151<br>32-421 |
| Καλοκαίρι 99 | 292<br>47-537  | 154<br>125-183 | 88<br>7-302     | 256,2<br>32-726 | 84<br>53-119  |

Πίνακας 87. Αριθμός αυγών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongο500 στον Παγασητικό

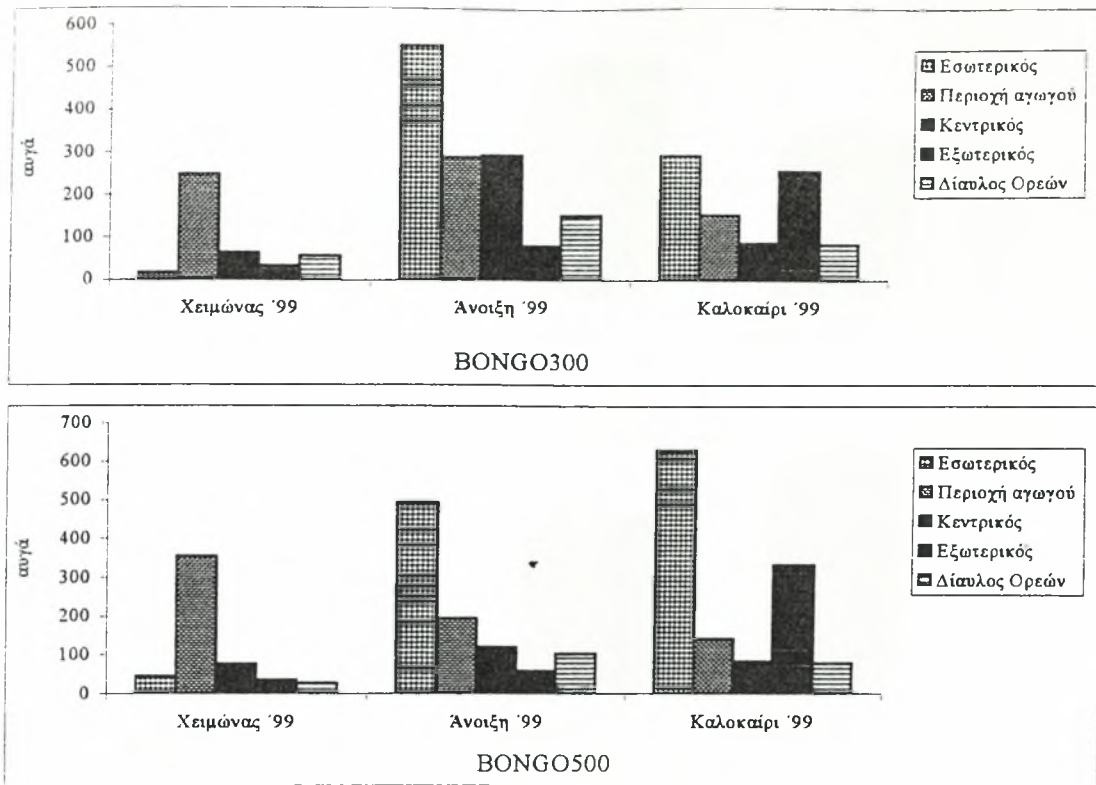
|              | Εσωτερικός       | Περιοχή αγωγού  | Κεντρικός      | Εξωτερικός       | Διαυλος Ωρεών   |
|--------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|-----------------|
| Χειμώνας 99  | 44               | 355             | 75,9<br>2-572  | 34,5<br>25-44    | 28              |
| Άνοιξη 99    | 493,5<br>227-760 | 193,6<br>97-385 | 120,3<br>0-728 | 57,1<br>10-113   | 103,1<br>15-180 |
| Καλοκαίρι 99 | 629<br>57-1201   | 141<br>81-201   | 83,9<br>2-341  | 333,7<br>55-1091 | 78,2<br>52-102  |

Πίνακας 88. Αφθονία αυγών ιχθύων (αυγά/m<sup>2</sup>) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongο300 στον Παγασητικό

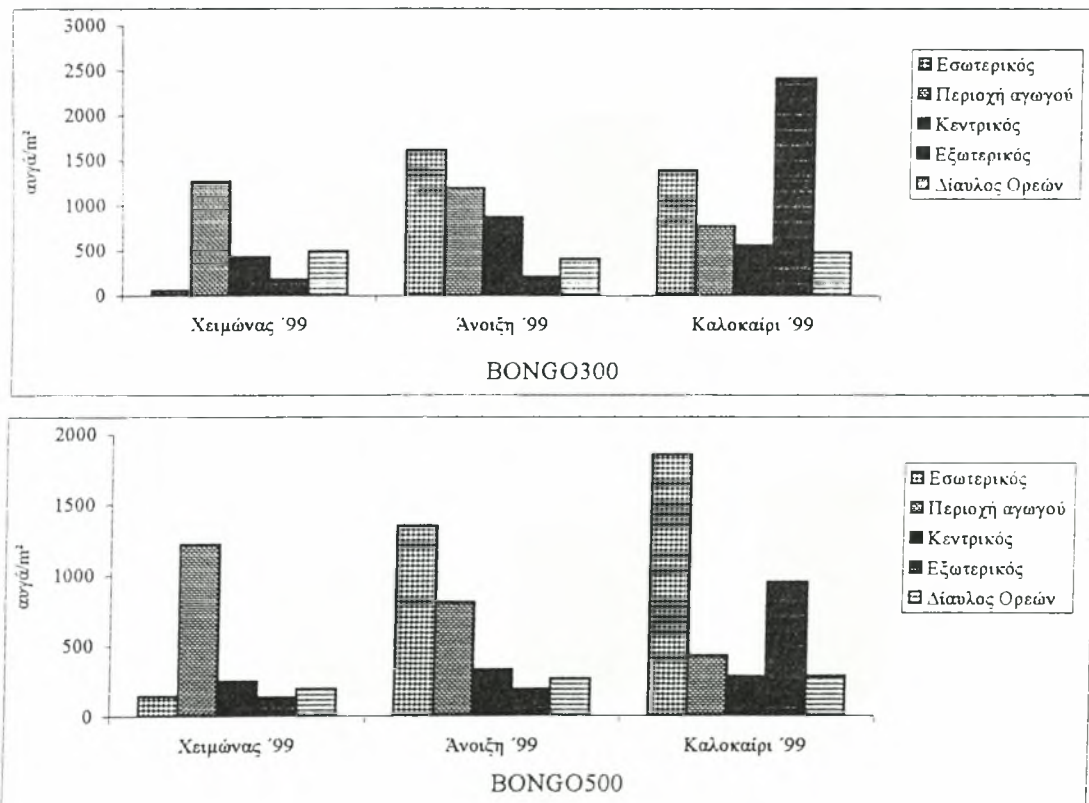
|              | Εσωτερικός           | Περιοχή αγωγού        | Κεντρικός            | Εξωτερικός           | Διαυλος Ωρεών          |
|--------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| Χειμώνας 99  | 57,6                 | 1264,8                | 425,476<br>28-2910   | 178,35<br>165-191,7  | 496,1                  |
| Άνοιξη 99    | 1615,8<br>991,4-2240 | 1189,57<br>513-1729,8 | 867,238<br>0-5774,7  | 209,6<br>5-407,2     | 403,9<br>88,3-907,8    |
| Καλοκαίρι 99 | 1387,4<br>112-2661,9 | 764,25<br>665,1-863,4 | 550,482<br>17-3066,3 | 2410,7<br>233-8132,8 | 471,925<br>187,1-952,8 |

Πίνακας 89. Αφθονία αυγών ιχθύων (αυγά/m<sup>2</sup>) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongο500 στον Παγασητικό

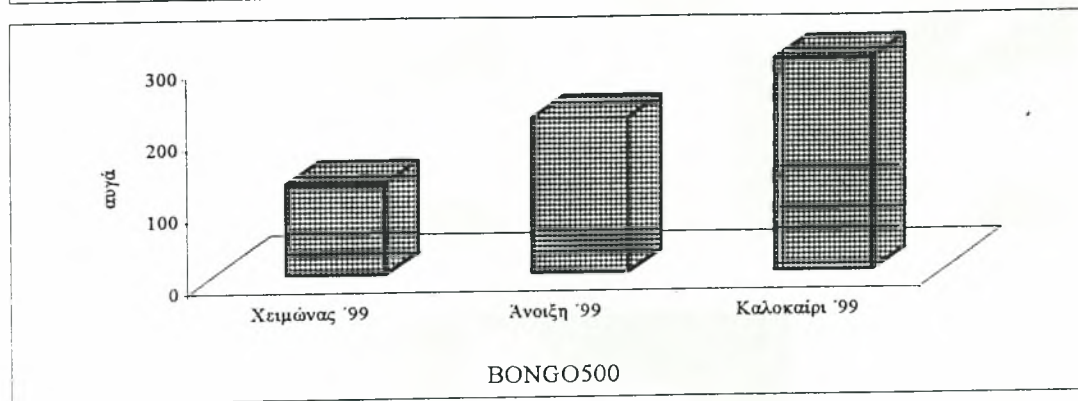
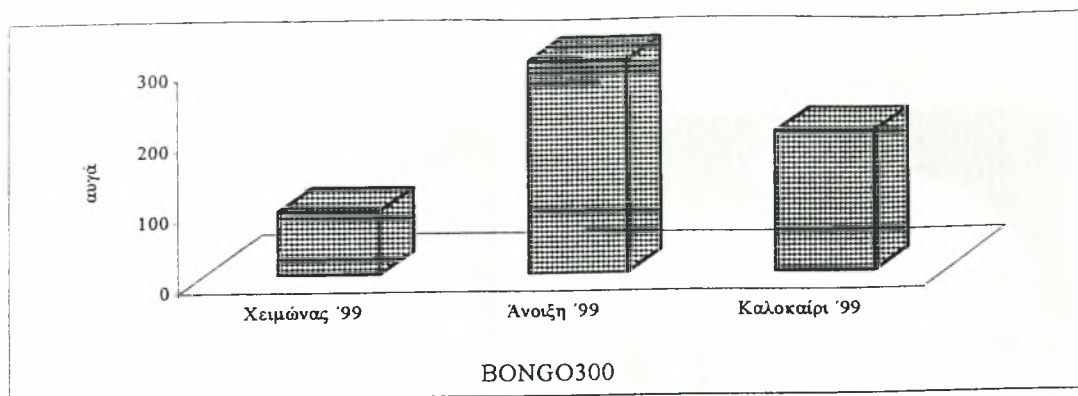
|              | Εσωτερικός            | Περιοχή αγωγού        | Κεντρικός             | Εξωτερικός            | Διαυλος Ωρεών         |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Χειμώνας 99  | 139,3                 | 1217                  | 248,494<br>5,9-1733,3 | 133,65<br>128,9-138,4 | 194                   |
| Άνοιξη 99    | 1345,95<br>685,6-2006 | 807,633<br>372-1633,2 | 327,042<br>0-1670,4   | 187,9<br>23,9-334,6   | 260,733<br>41,4-374,4 |
| Καλοκαίρι 99 | 1849,7<br>135-3564,3  | 427,9<br>196,3-659,5  | 276,926<br>6,4-1044   | 947,525<br>180-3074,3 | 278,55<br>146,2-433,1 |



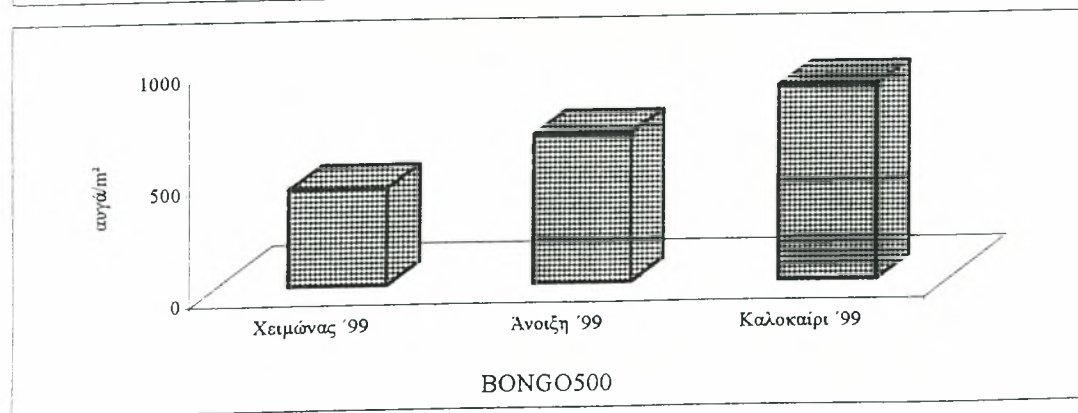
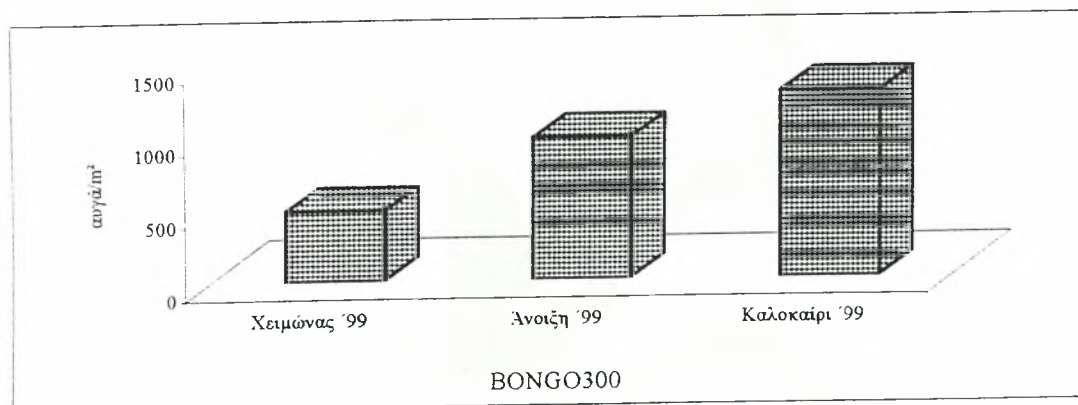
Σχήμα 77. Εποχιακή μεταβολή του μέσου αριθμού αυγών ιχθύων στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



Σχήμα 78. Εποχιακή μεταβολή της μέσης αφθονίας αυγών ιχθύων στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού

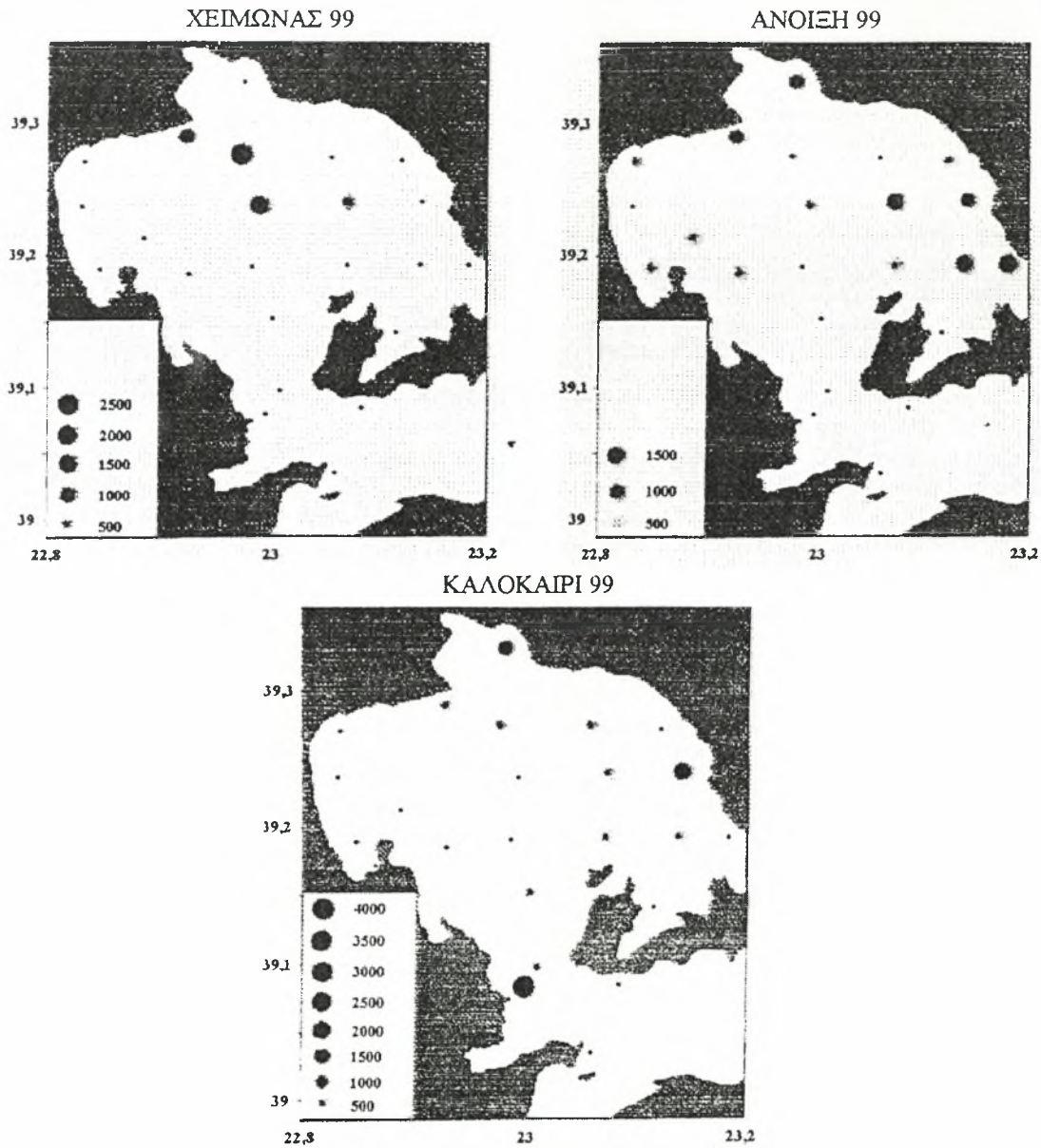


Σχήμα 79. Εποχιακή μεταβολή του αριθμού αυγών ιχθύων στον Παγασητικό

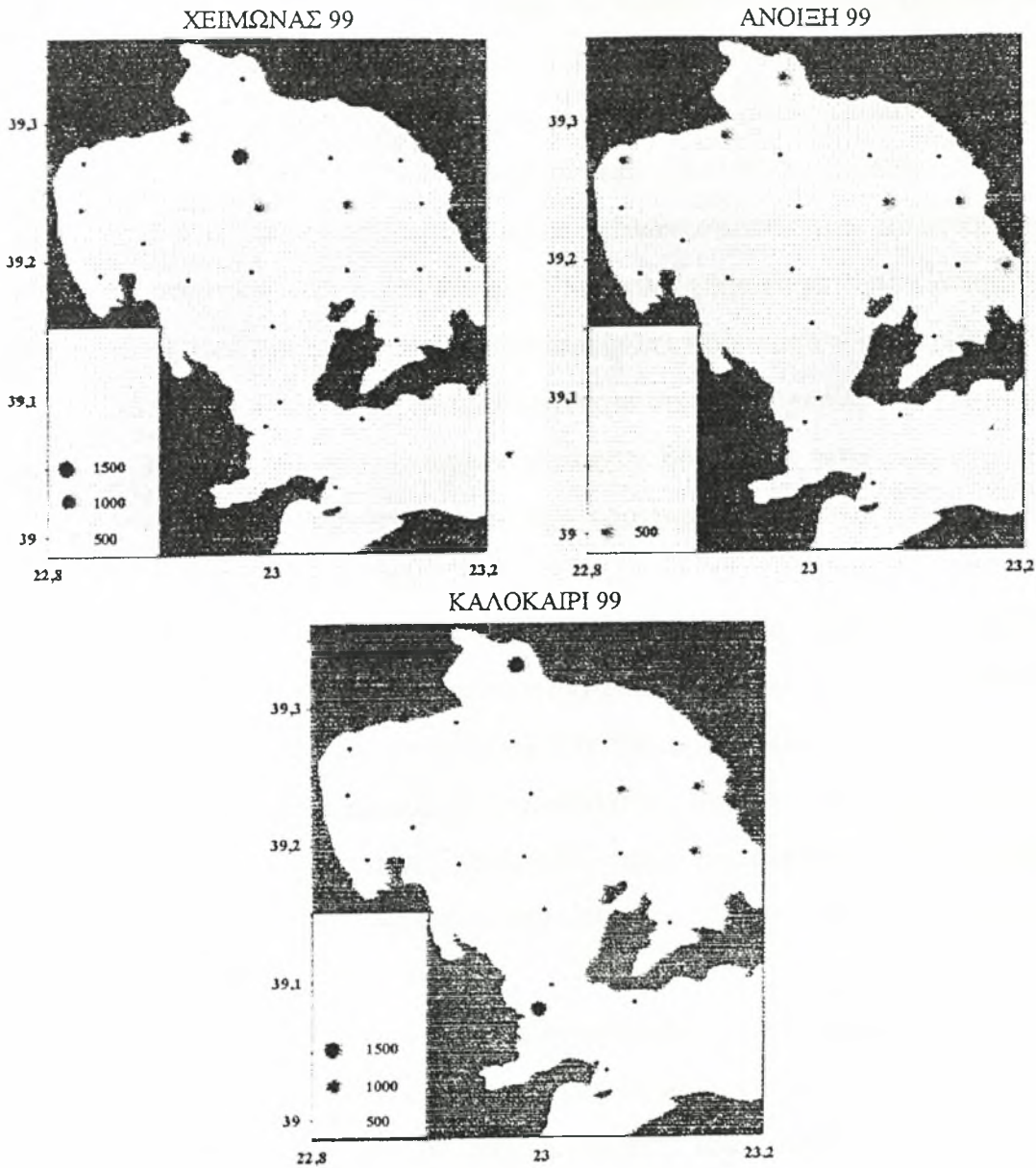


Σχήμα 80. Εποχιακή μεταβολή της αφθονίας αυγών ιχθύων στον Παγασητικό





Σχήμα 81. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας αυγών ιχθύων (αυγά/ m<sup>2</sup>) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo300 στον Παγασητικό



Σχήμα 82. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας αυτών ιχθύων (αυγά/μ<sup>2</sup>) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo500 στον Παγασητικό

ιχθύων παρατηρείται το καλοκαίρι οπότε 275,2 προνύμφες συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 στον εξωτερικό κόλπο. Ο ελάχιστος αριθμός προνυμφών εμφανίζεται το χειμώνα οπότε μόνο 3 προνύμφες συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 στην περιοχή του αγωγού και μόνο 4 συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso500 στην περιοχή του διαύλου των Ωρεών (Πιν. 90-91, Σχ. 83).

Η μέγιστη τιμή αφθονίας προνυμφών ιχθύων στον κόλπο παρατηρείται επίσης το καλοκαίρι οπότε 2006,5 προν/m<sup>2</sup> συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 στον εξωτερικό κόλπο. Η ελάχιστη τιμή αφθονίας προνυμφών εμφανίζεται το χειμώνα οπότε 15,4 προν/m<sup>2</sup> συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 στην περιοχή του αγωγού, ενώ 18,2 συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso500 στην περιοχή του διαύλου των Ωρεών -ακολουθώντας την εποχιακή κατανομή του αριθμού προνυμφών (Πιν. 92-93, Σχ. 84).

Η συλλογή προνυμφών με δίχτυ Bongso300 δείχνει ότι οι μέσες εποχιακές τιμές του αριθμού τους στον κόλπο γίνονται μέγιστες το καλοκαίρι (182,496 προνύμφες) και ελάχιστες το χειμώνα (21,786 προνύμφες), ενώ η συλλογή προνυμφών με δίχτυ Bongso500 δείχνει ελάχιστο αριθμό την άνοιξη (10,714 προνύμφες) (Σχ. 85). Οι μέσες εποχιακές τιμές της αφθονίας προνυμφών ιχθύων ακολουθούν την εποχιακή μεταβολή του αριθμού προνυμφών και για τους δύο τύπους δικτύου (Σχ. 86).

Η οριζόντια κατανομή της αφθονίας προνυμφών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 φανερώνει μικρές τιμές το χειμώνα και την άνοιξη και μεγάλες με έντονη διασπορά σε όλη την έκταση του κόλπου το καλοκαίρι, οπότε οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται στις ανατολικές ακτές του κεντρικού κόλπου -όπου παρατηρείται η κυριαρχία του αντικυκλώνα στην ανατολική λεκάνη του (Petihakis *et al.*, 2002), καθώς και στο εξωτερικό τμήμα του (Σχ. 87). Η οριζόντια κατανομή της αφθονίας προνυμφών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso500 εμφανίζει ίδια συμπεριφορά (Σχ. 88) και καθορίζεται, όπως συμβαίνει και με το δίχτυ Bongso300, από την κατανομή της αφθονίας προνυμφών γαύρου.

Πίνακας 90. Αριθμός προνυμφών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongο300 στον Παγασητικό

|              | Εσωτερικός    | Περιοχή αγωγού  | Κεντρικός       | Εξωτερικός       | Διάσλος Ωρεών   |
|--------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Χειμώνας 99  | 49            | 3               | 12,6<br>1-31    | 22,5<br>16-29    | 21              |
| Άνοιξη 99    | 50<br>42-58   | 40,6<br>22-67   | 40,4<br>0-332   | 17,8<br>6-37     | 15,1<br>11-19   |
| Καλοκαίρι 99 | 61,5<br>50-73 | 225,5<br>75-376 | 167,7<br>39-514 | 275,2<br>140-423 | 212,2<br>56-384 |

Πίνακας 91. Αριθμός προνυμφών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongο500 στον Παγασητικό

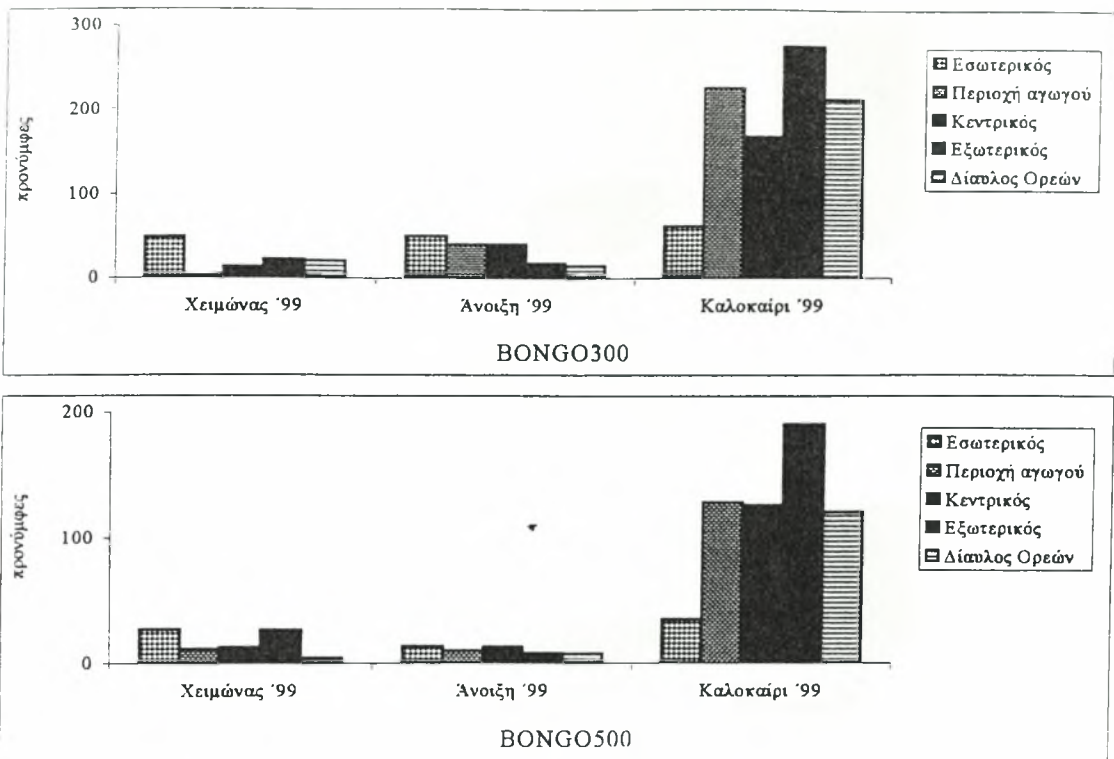
|              | Εσωτερικός   | Περιοχή αγωγού  | Κεντρικός       | Εξωτερικός       | Διάσλος Ωρεών   |
|--------------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Χειμώνας 99  | 27           | 11              | 12,9<br>1-41    | 26,5<br>18-35    | 4               |
| Άνοιξη 99    | 13<br>7-19   | 9,6<br>5-16     | 12,8<br>0-53    | 7,3<br>1-18      | 6,8<br>2-15     |
| Καλοκαίρι 99 | 34,5<br>8-61 | 127,5<br>83-172 | 125,7<br>20-248 | 190,2<br>148-259 | 119,7<br>95-136 |

Πίνακας 92. Αφθονία προνυμφών ιχθύων (pron/m<sup>2</sup>) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongο300 στον Παγασητικό

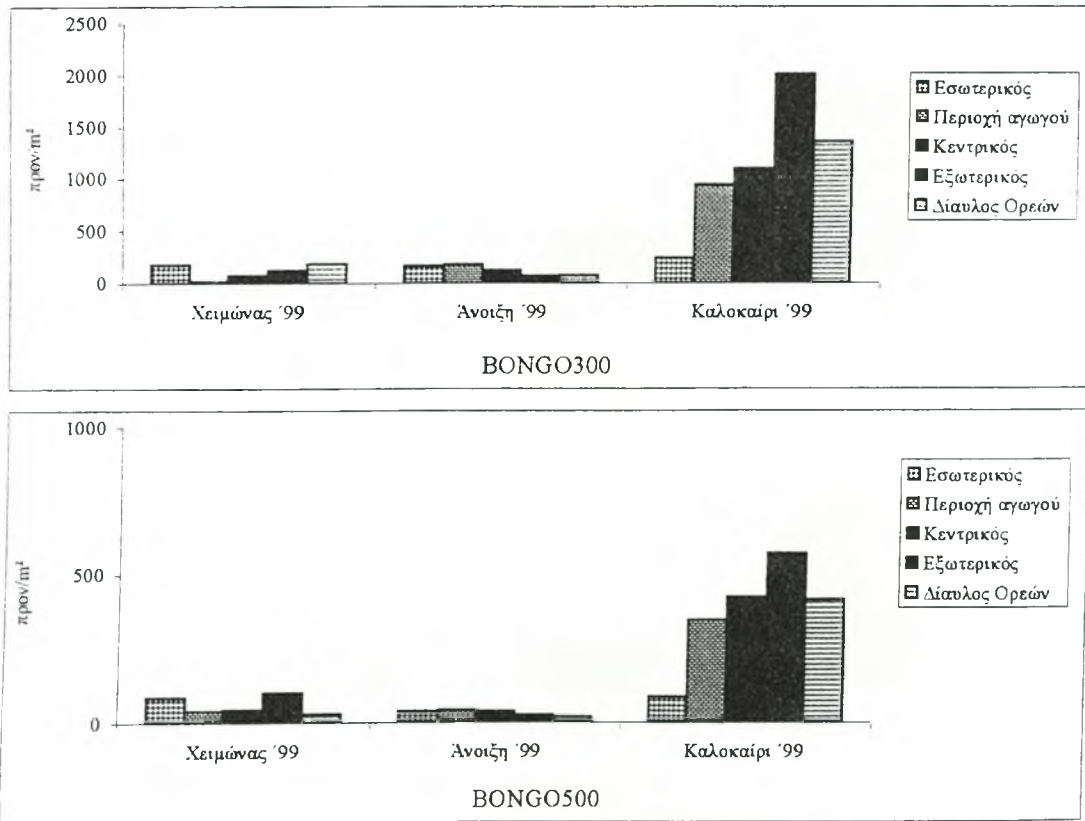
|              | Εσωτερικός           | Περιοχή αγωγού         | Κεντρικός           | Εξωτερικός           | Διάσλος Ωρεών         |
|--------------|----------------------|------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| Χειμώνας 99  | 176,5                | 15,4                   | 73,164<br>3,1-170,8 | 121,2<br>109,5-132,9 | 182,8                 |
| Άνοιξη 99    | 163,2<br>149,2-177,2 | 177,733<br>123,9-266,4 | 118,068<br>0-719,7  | 65,783<br>14,8-228,2 | 74,583<br>28-205,8    |
| Καλοκαίρι 99 | 241<br>120,1-361,9   | 942,3<br>518-1366,6    | 1094,63<br>117-4110 | 2006,05<br>840-4234  | 1357,68<br>197,6-3518 |

Πίνακας 93. Αφθονία προνυμφών ιχθύων (pron/m<sup>2</sup>) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongο500 στον Παγασητικό

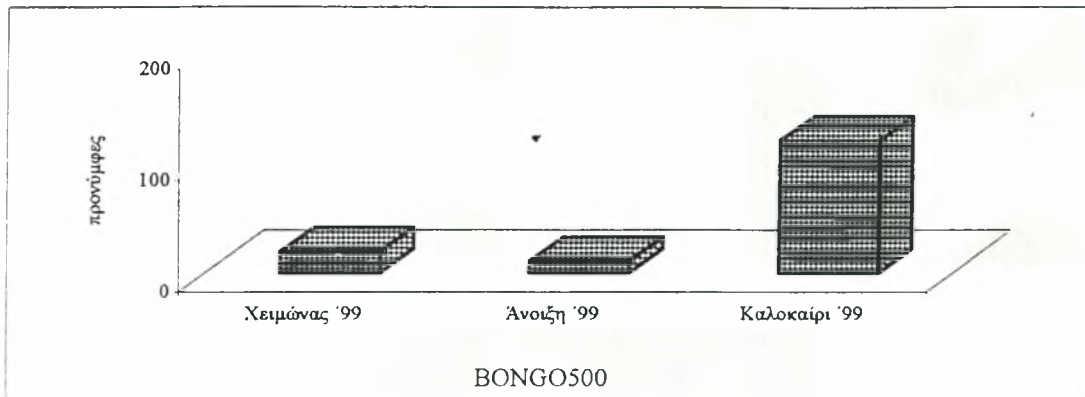
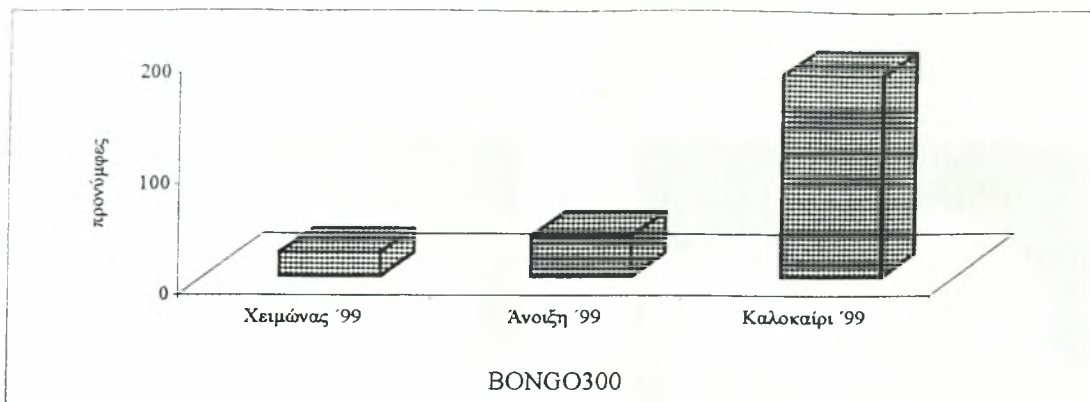
|              | Εσωτερικός         | Περιοχή αγωγού       | Κεντρικός            | Εξωτερικός             | Διάσλος Ωρεών        |
|--------------|--------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Χειμώνας 99  | 85,5               | 37,7                 | 45,3<br>3,2-151,5    | 101,1<br>99,7-102,5    | 27,7                 |
| Άνοιξη 99    | 35,65<br>21,1-50,2 | 40,2<br>19,2-67,5    | 37,194<br>0-152,7    | 24,4<br>1,9-41,1       | 18,2<br>5,4-37,2     |
| Καλοκαίρι 99 | 84,1<br>23,7-144,5 | 344,6<br>272,3-416,9 | 422,721<br>64-1060,8 | 569,675<br>464,1-847,7 | 415,425<br>287-574,6 |



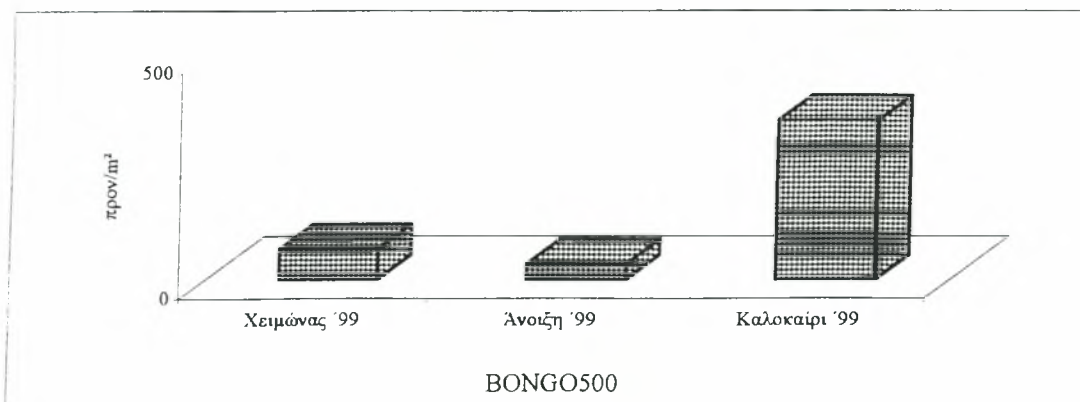
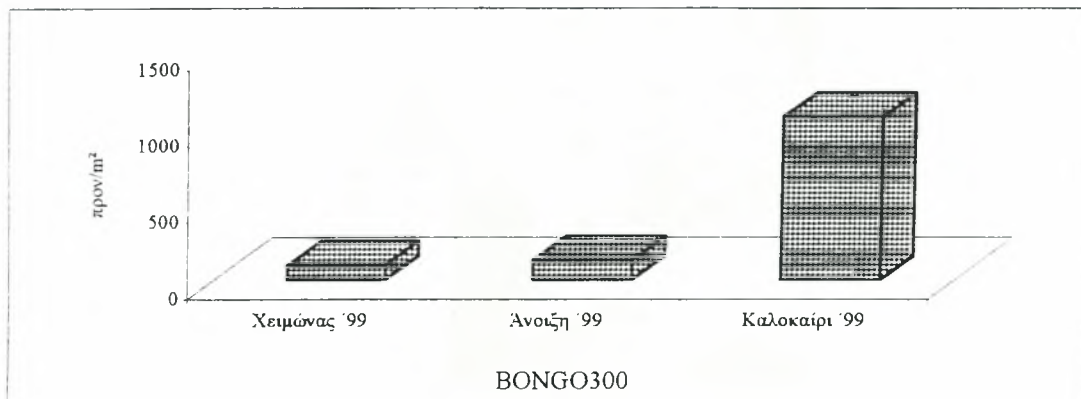
Σχήμα 83. Εποχιακή μεταβολή του μέσου αριθμού προνυμφών ιχθύων στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



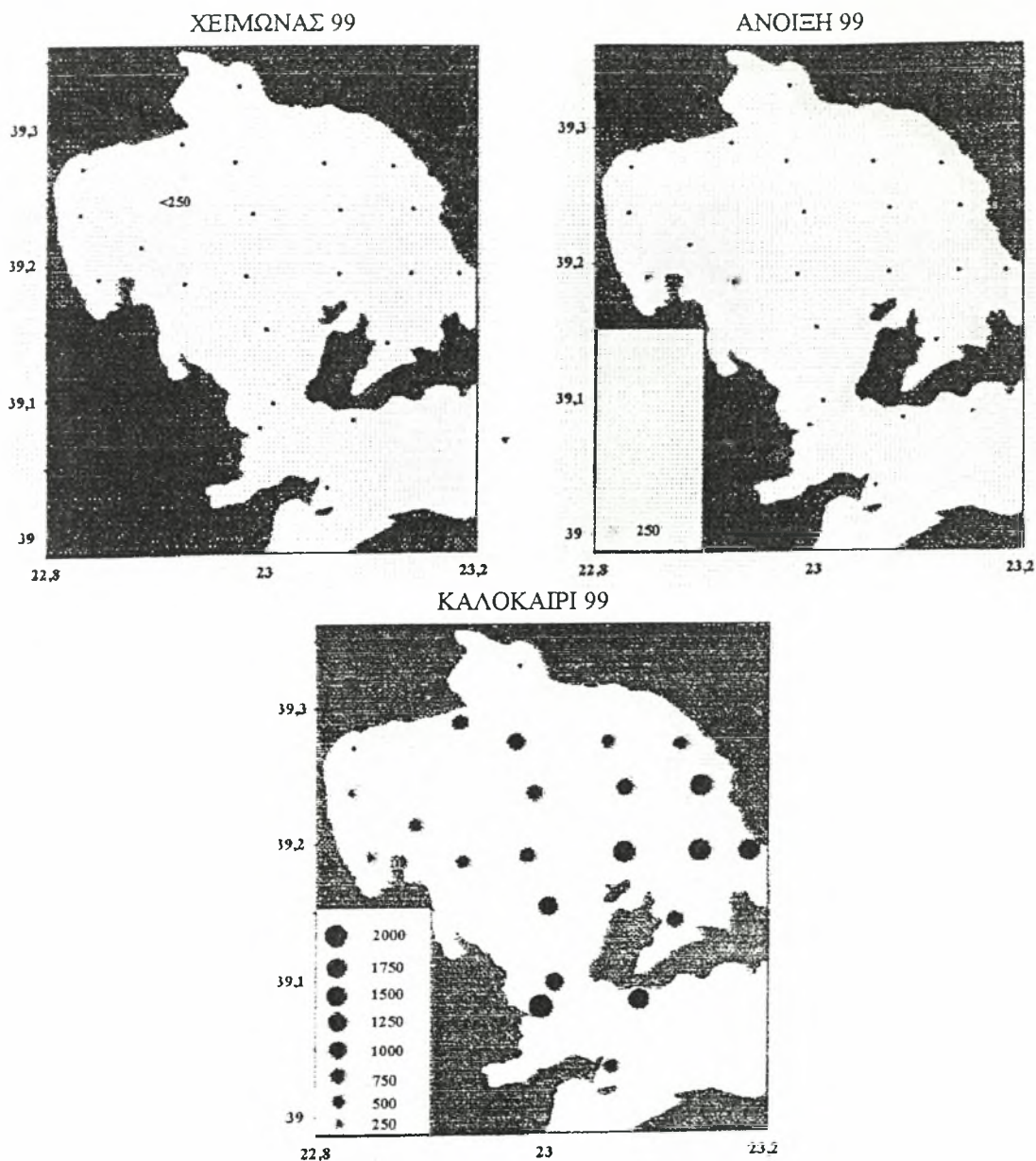
Σχήμα 84. Εποχιακή μεταβολή της μέσης αφθονίας προνυμφών ιχθύων στις επιμέρους περιοχές του Παγασητικού



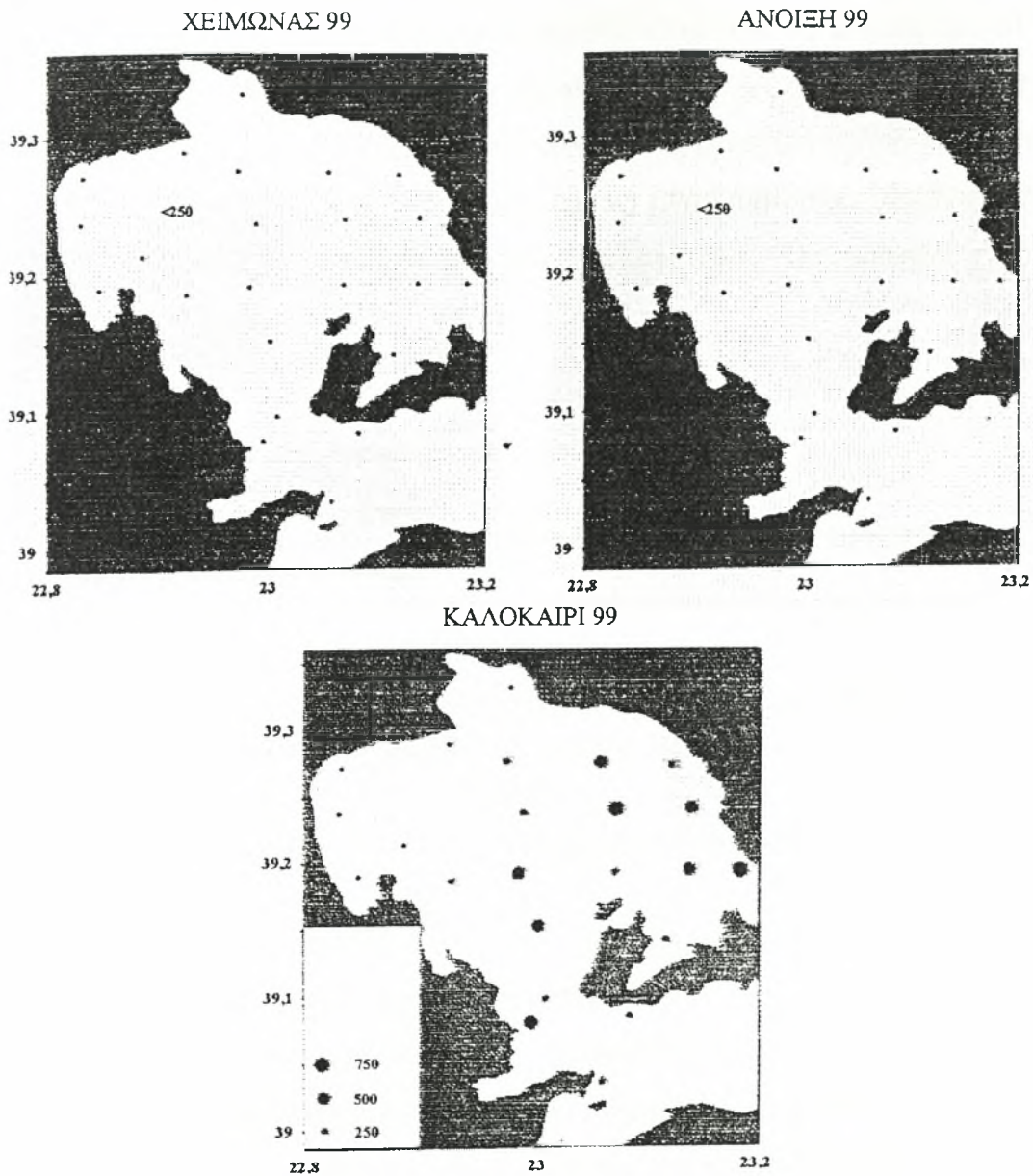
Σχήμα 85. Εποχιακή μεταβολή του αριθμού προνυμφών ιχθύων στον Παγασητικό



Σχήμα 86. Εποχιακή μεταβολή της αφθονίας προνυμφών ιχθύων στον Παγασητικό



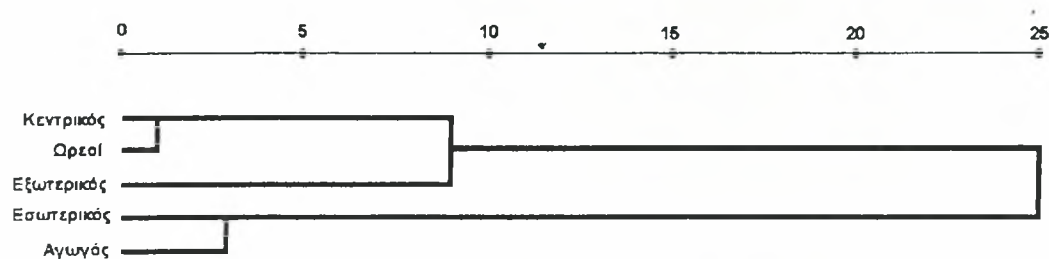
Σχήμα 87. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας των προνυμφών ιχθύων (pron/m<sup>2</sup>) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo300 στον Παγασητικό



Σχήμα 88. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας των προνυμφών ιχθύων (pron/m<sup>2</sup>) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo500 στον Παγασητικό



Στο σχήμα 89 παρουσιάζεται η ομαδοποίηση των επιμέρους περιοχών του Παγασητικού με βάση την αφθονία αυγών και προνυμφών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo300 και Bongo500. Ο κεντρικός κόλπος ομοιάζει με την περιοχή δειγματοληψίας στο διάυλο των Ωρεών, πιθανόν λόγω της υδρολογικής κατάστασης τους. Στο μεν ανατολικό κεντρικό κόλπο λαμβάνει χώρα δεξιόστροφη κυκλοφορία (αντικυκλώνας) (Petihakis *et al.*, 2002), στο δε διάυλο των Ωρεών ανταλλαγή υδάτων ανάμεσα στον Παγασητικό, το Β. Ευβοϊκό και το Αιγαίο Πέλαγος.



Σχήμα 89. Δενδρογράμμα ομαδοποίησης των επιμέρους περιοχών του Παγασητικού με βάση την μέση αφθονία αυγών και προνυμφών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo300 και Bongo500

(Hierarchical Cluster Analysis, Average Linkage Between Groups)

#### Σχετική αφθονία ομάδων και ειδών

Αυγά: Τα είδη των αυγών ιχθύων που αναγνωρίστηκαν στον Παγασητικό είναι η σαρδέλα (*Sardina pilchardus*), ο γαύρος (*Engraulis encrasicolus*) και η φρίσσα (*Sardinella aurita*) (Πιν. 94-95), με κυριαρχία της σαρδέλας το χειμώνα (70,8%) και του γαύρου (55,3%) την άνοιξη του '99 –όπως προκύπτει από τη συλλογή αυγών με δίχτυ Bongo300 (Σχ. 90). Η κυριαρχία των αυγών σαρδέλας και γαύρου παρατηρείται επίσης σε πολλούς ελληνικούς κόλπους (Yannopoulos, 1971, Daoulas & Economou, 1986, Caragitsou, 1990, Caragitsou *et al.*, 1992).

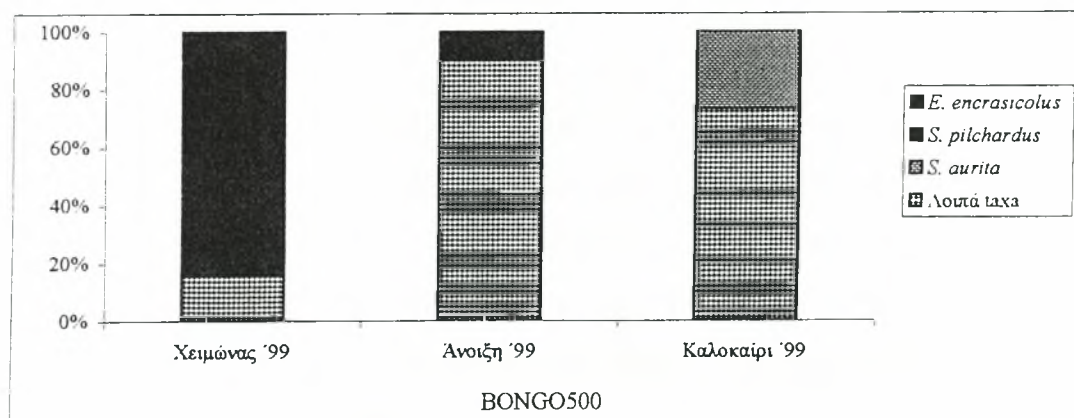
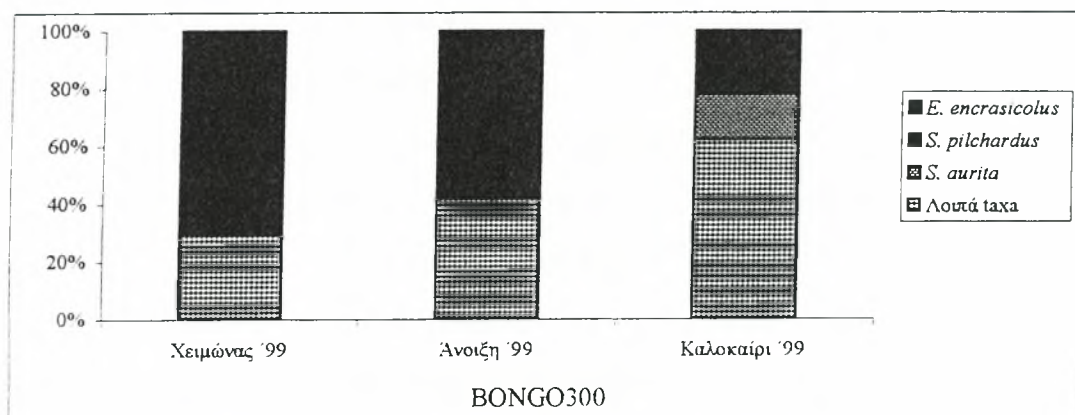
Τα αυγά της σαρδέλας εμφανίζονται στον κόλπο μόνο το χειμώνα και την άνοιξη του '99 (1032 και 153,6 αυγά αντίστοιχα). Η οριζόντια κατανομή της αφθονίας αυγών σαρδέλας που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo300 φανερώνει το χειμώνα μέγιστη τιμή στον κεντρικό κόλπο, ενώ την άνοιξη σχετικά αυξημένες

Πίνακας 94. Αριθμός αυγών ιχθύων των κυριότερων ειδών που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo300 στον Παγασητικό

|                               | Χειμώνας 99 | Άνοιξη 99 | Καλοκαίρι 99 |
|-------------------------------|-------------|-----------|--------------|
| <i>Sardina pilchardus</i>     | 1032        | 153,6     |              |
| <i>Engraulis encrasicolus</i> |             | 3332,6    | 568,5        |
| <i>Sardinella aurita</i>      |             | 14,3      | 423          |
| Λοιπά είδη                    | 425         | 2520,6    | 1632         |

Πίνακας 95. Αριθμός αυγών ιχθύων των κυριότερων ειδών που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo500 στον Παγασητικό

|                               | Χειμώνας 99 | Άνοιξη 99 | Καλοκαίρι 99 |
|-------------------------------|-------------|-----------|--------------|
| <i>Sardina pilchardus</i>     | 1504        | 155       |              |
| <i>Engraulis encrasicolus</i> |             | 114,3     |              |
| <i>Sardinella aurita</i>      |             | 8,3       | 798,5        |
| Λοιπά είδη                    | 283         | 2571,6    | 2222,5       |



Σχήμα 90. Εποχιακή μεταβολή του ποσοστού συμμετοχής των κυριότερων ειδών αυγών ιχθύων στον Παγασητικό

τιμές εμφανίζονται μόνο στην περιοχή του αποχετευτικού αγωγού στη θέση Αγκίστρι (Σχ. 91).

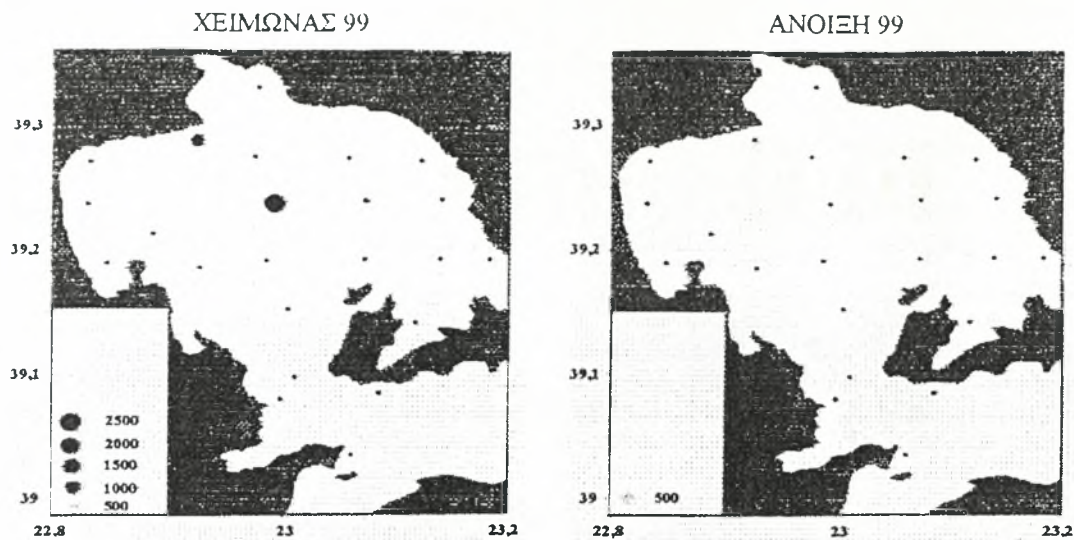
Τα αυγά του γαύρου απουσιάζουν το χειμώνα, ενώ έχουν μέγιστη τιμή (3332,6 αυγά) την άνοιξη. Η πλειονότητα των αυγών του γαύρου συλλέχθηκε με δίχτυ Bongo300, λόγω του μακρόστενου σώματος τους και η οριζόντια κατανομή της αφθονίας τους εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές στις ανατολικές ακτές του κεντρικού κόλπου –ιδιαίτερα την άνοιξη (Σχ. 92), πιθανόν λόγω του παρατηρούμενου αντικυκλώνα στην περιοχή (Petihakis *et al.*, 2002). Στο θαλάσσιο περιβάλλον εμφανίζεται συχνά το φαινόμενο οι προνύμφες ιχθύων να παρασύρονται από την κίνηση των ρευμάτων και να εγκλωβίζονται σε διάφορα κυκλωνικά ή αντικυκλωνικά συστήματα (Stergiou *et al.*, 1997).

Τα αυγά της φρίσσας απουσιάζουν το χειμώνα, ενώ έχουν μέγιστη τιμή το καλοκαίρι (423 αυγά) οπότε οι τιμές της αφθονίας αυτών που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo300 εμφανίζονται αυξημένες στον εσωτερικό κόλπο, αλλά και τις ανατολικές ακτές του κεντρικού (Σχ. 93).

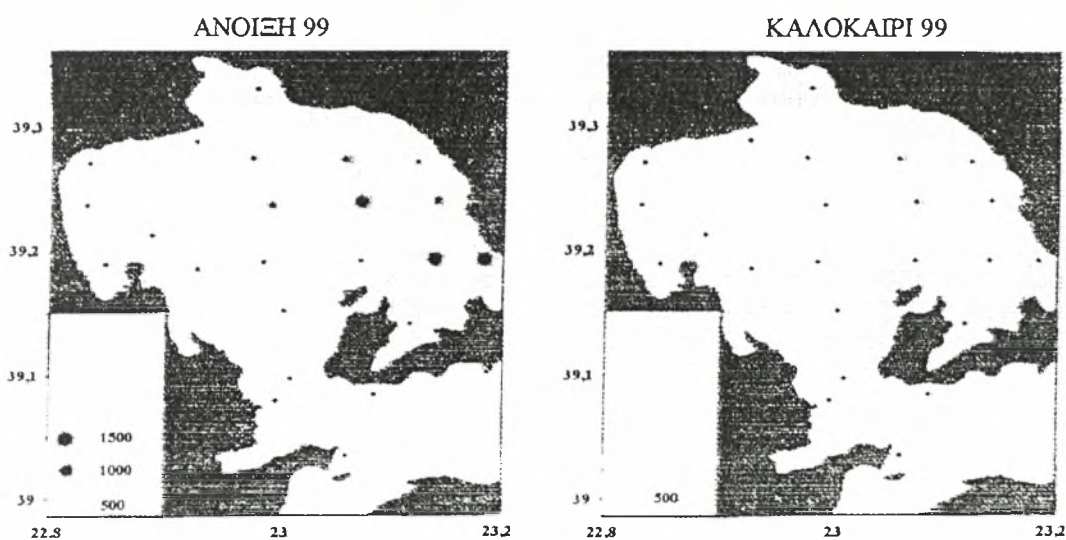
Προνύμφες: Ο αριθμός των αναγνωρισμένων taxa\* προνυμφών στον Παγασητικό παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάμεσα στις εποχές και τους δύο τύπους διχτύων (Πιν. 96-97). Προνύμφες που ανήκουν σε taxa με μακρόστενο σχήμα σώματος (π.χ. σαρδέλα, γαύρος και γοβιοί) εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές αφθονίας με τη χρήση διχτύου Bongo300. Το ποσοστό των προνυμφών που δεν αναγνωρίστηκε ανέρχεται σε 1,01%, ενώ εκείνο των κατεστραμμένων σε 1,93%. Το χειμώνα του '99 σημαντική είναι η παρουσία των προνυμφών σαρδέλας (33,3%) και γοβιών (*Gobius* sp2 30%), ενώ το καλοκαίρι παρατηρείται σαφής κυριαρχία του γαύρου (37,3%) (Σχ. 94). Η κυριαρχία των προνυμφών σαρδέλας και γαύρου παρατηρείται σε πολλούς ελληνικούς κόλπους, καθώς επίσης στο Βόρειο Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος (Yannopoulos, 1971, Daoulas & Economou, 1986, Caragitsou, 1990, Caragitsou *et al.*, 1992, Stergiou *et al.*, 1997).

---

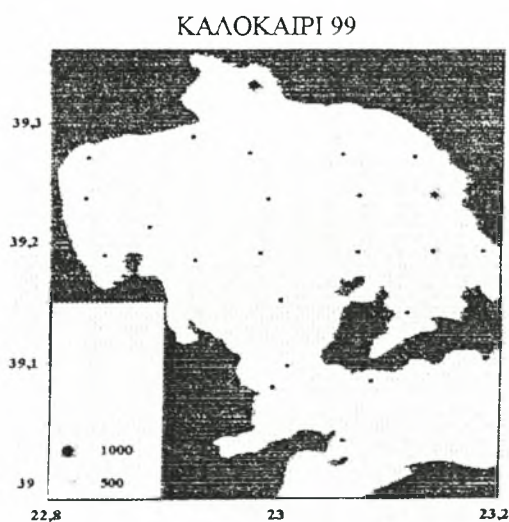
\* Με τον όρο taxa περιγράφονται όλα τα επίπεδα των ταξινομικών βαθμίδων (οικογένεια, γένος, είδος) στα οποία στάθηκε δυνατή η αναγνώριση αυγών και προνυμφών



Σχήμα 91. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας των αυγών *Sardina pilchardus* (αυγά/ $m^2$ ) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo300 στον Παγασητικό



Σχήμα 92. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας των αυγών *Engraulis encrasicolus* (αυγά/ $m^2$ ) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo300 στον Παγασητικό



Σχήμα 93. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας των αυγών *Sardinella aurita* (αυγά/ $m^2$ ) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo300 στον Παγασητικό

Πίνακας 96. Κυριότερα taxa προνυμφών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongo300 στον Παγασηικό

| Οικογένεια     | Είδος                            | Χειμώνας '99 |         | Άνοιξη '99 |         | Καλοκαίρι '99 |         |
|----------------|----------------------------------|--------------|---------|------------|---------|---------------|---------|
|                |                                  | Αριθμός      | Αφθονία | Αριθμός    | Αφθονία | Αριθμός       | Αφθονία |
| Apogonidae     | <i>Apogon imberbis</i>           |              |         |            |         | 8             | 54      |
| Belontiidae    | <i>Betone belone</i>             |              |         | 0,3        | 1,4     |               |         |
| Blenniidae     | Blenniidae                       |              |         | 3,6        | 10,6    | 0,5           | 2,1     |
|                | <i>Blennius ocellaris</i>        |              |         | 1,3        | 3,9     |               |         |
|                | <i>Blennius spl</i>              |              |         | 1          | 3,2     |               |         |
|                | <i>Blennius sp3</i>              |              |         | 0,3        | 1,4     |               |         |
|                | <i>Coryphoblennius galerita</i>  |              |         |            |         | 0,5           | 2,1     |
|                | <i>Lipophrys pholis</i>          | 1            | 3,3     | 0,6        | 2,2     |               |         |
|                | <i>Parablennius gattorugine</i>  |              |         | 24,3       | 80,9    | 1,5           | 4,8     |
|                | <i>Parablennius tentacularis</i> |              |         |            |         | 0,5           | 2,1     |
| Bothidae       | <i>Arnoglossus sp.</i>           | 10           | 70,7    | 12         | 39,2    | 95,5          | 614,6   |
| Callionymidae  | <i>Callionymus sp.</i>           | 7            | 44,3    | 16,3       | 63,8    | 46            | 295,8   |
| Caproidae      | <i>Capros aper</i>               |              |         |            |         | 0,5           | 5,6     |
| Carangidae     | <i>Trachurus mediterraneus</i>   |              |         | 1,6        | 7,9     | 316,5         | 1900,7  |
|                | <i>Trachurus trachurus</i>       |              |         | 0,3        | 1       |               |         |
| Carapidae      | <i>Carapus acus</i>              |              |         |            |         | 0,5           | 9,5     |
| Centrolophidae | <i>Centrolophus niger</i>        |              |         |            |         | 2             | 6       |
| Cepolidae      | <i>Cepola macrophthalmia</i>     |              |         |            |         | 238,5         | 1603,8  |
| Citharidae     | <i>Citharus linguatula</i>       |              |         | 3,3        | 14,1    | 19,5          | 142,5   |
| Clupeidae      | <i>Sardina pilchardus</i>        |              |         | 20         | 74,5    |               |         |
|                | <i>Sardinella aurita</i>         | 111          | 640,2   | 6          | 23      | 404,5         | 2673,2  |
| Cynoglossidae  | <i>Symphurus ligulatus</i>       |              |         |            |         | 18,5          | 124,3   |
| Engraulidae    | <i>Engraulis encrasicolus</i>    |              |         | 189        | 533,6   | 1537,5        | 9850,3  |
|                | <i>Gaidropsarus vulgaris</i>     | 84           | 459     | 0,6        | 2       |               |         |
| Gadidae        | <i>Micromesistius poutassou</i>  | 1            | 14,1    |            |         |               |         |
|                | <i>Trisopterus minutus</i>       | 3            | 26,3    |            |         |               |         |
| Gobiidae       | <i>Gobius niger</i>              | 9            | 47,7    | 0,6        | 2       | 22,5          | 142     |
|                | <i>Gobius spl</i>                |              |         | 91         | 275,5   | 319,5         | 2206,6  |

ΠΜΣ-Αλιευτική και Υδροβία Ζωική Παραγωγή

|                |   |     |       |  |   |   |   |
|----------------|---|-----|-------|--|---|---|---|
| Labridae       | Gobius sp2<br>Gobius sp3<br>Gobius sp4<br>Gobius sp5<br>Gobius sp6<br>Gobius sp7<br>Gobius sp8<br>Gobius sp9<br>Coris julis | 100 | 505,7 | 102<br>55,6<br>3,6<br>12<br>0,3<br>5,6 | 332,8<br>141,5<br>12,9<br>44,8<br>1,1<br>19,6 | 6,5<br>29<br>0,5<br>14,5<br>4<br>8,5<br>2,5<br>14,5<br>15 | 34,5<br>171,9<br>5,6<br>55,6<br>18,5<br>69,6<br>34,8<br>103,9<br>68,4 |
| Merlucciidae   | <i>Symphodus sp</i>   | 1   | 5,3   | 1                                      | 2,2   | 10,5  | 70,6  |
| Mugilidae      | <i>Merluccius merluccius</i>  |     |       |  |   | 1,5   | 4,8   |
| Mullidae       | <i>Mullus barbatus</i>  |     |       |  |   | 1   | 9,1   |
| Myctophidae    | <i>Benthosema glaciale</i><br><i>Ceratoscopelus maderensis</i><br><i>Hygophum benoiti</i><br><i>Hygophum sp.</i>            | 1   | 3,9   | 0,3<br>1                               | 1,1<br>3,4                                    | 7,5   | 46,5  |
| Ophichthidae   | <i>Lampanyctus crocodilus</i>   |     |       | 0,3                                    | 1,1   | 1   | 9,6   |
| Ophidiidae     | <i>Myctophum punctatum</i>  |     |       | 0,3                                    | 0,8   | 10,5  | 62  |
| Pomacentridae  | <i>Echelus myrus</i>  |     |       | 1                                      | 3,1   | 262,5   | 1834,7  |
| Scombridae     | <i>Parophidion vassali</i><br><i>Chromis chromis</i><br><i>Auxis rochei</i>   |     |       | 2,3<br>0,6                             | 12,4<br>3,7                                   | 68,5<br>29,5<br>21,5                                      | 434,8<br>180,9<br>160,9   |
| Scophthalmidae | <i>Euthynnus alletteratus</i>   |     |       |  |   | 1   | 6   |
| Scorpaenidae   | <i>Scomber japonicus</i><br><i>Lepidorhombus boscii</i><br><i>Scorpaena porcus</i><br><i>Scorpaena sp.</i>                  |     |       |  |   | 4<br>8  | 22<br>47  |
| Serranidae     | <i>Serranus cabrilla</i><br><i>Serranus hepatus</i>   |     |       | 6                                      | 15,6  | 1,5   | 6,5   |
| Soleidae       | <i>Microchirus variegatus</i>   |     |       | 22,6                                   | 81,2  | 354   | 2172  |
|                |   |     |       |  |   | 2   | 7,2   |

|   |  |   |      |              |            |  |   |
|---|--|---|------|--------------|------------|--|---|
| Sparidae                                | <i>Solea vulgaris</i><br>Soleidae<br><i>Diplodus annularis</i><br><i>Diplodus vulgaris</i><br><i>Pagellus acarne</i><br><i>Pagellus bogaraveo</i><br><i>Pagellus erythrinus</i><br><i>Pagrus pagrus</i><br>Sparidae<br>Sparidae 1<br>Sparidae 4<br>Sparidae 5<br>Sparidae 6<br>Sparidae 7<br>Species A | 1 | 4,7  | 2            | 6,6        | 0,5<br>1<br>0,5<br>7<br>0,5<br>1<br>9,5<br>6 | 2<br>4,3<br>2,6<br>36,4<br>6,9<br>3,1<br>44,6<br>39,6 |
| Species A<br>Sygnathidae<br>Trachinidae | <i>Sygnathus phlegon</i><br><i>Trachinus draco</i><br><i>Trachinus vipera</i>  |   |      | 1,6<br>125,3 | 4,9<br>354 | 5,5<br>3,5<br>0,5<br>3<br>7,5                | 25<br>27,4<br>3,3<br>36<br>35,8                       |
| Trichiuridae<br>Triglidae               | <i>Lepidopus caudatus</i><br><i>Lepidotrigla cavillone</i><br>Triglidae  | 2 | 21,9 | 0,6<br>0,3   | 2,4<br>2,1 | 4<br>1<br>1<br>41                            | 27,6<br>3,4<br>8,7<br>254,6                           |
| Άγνωστα-<br>Κατεστραμμένα               |  | 2 | 14   | 68,6         | 194,8      | 107  | 670,9   |

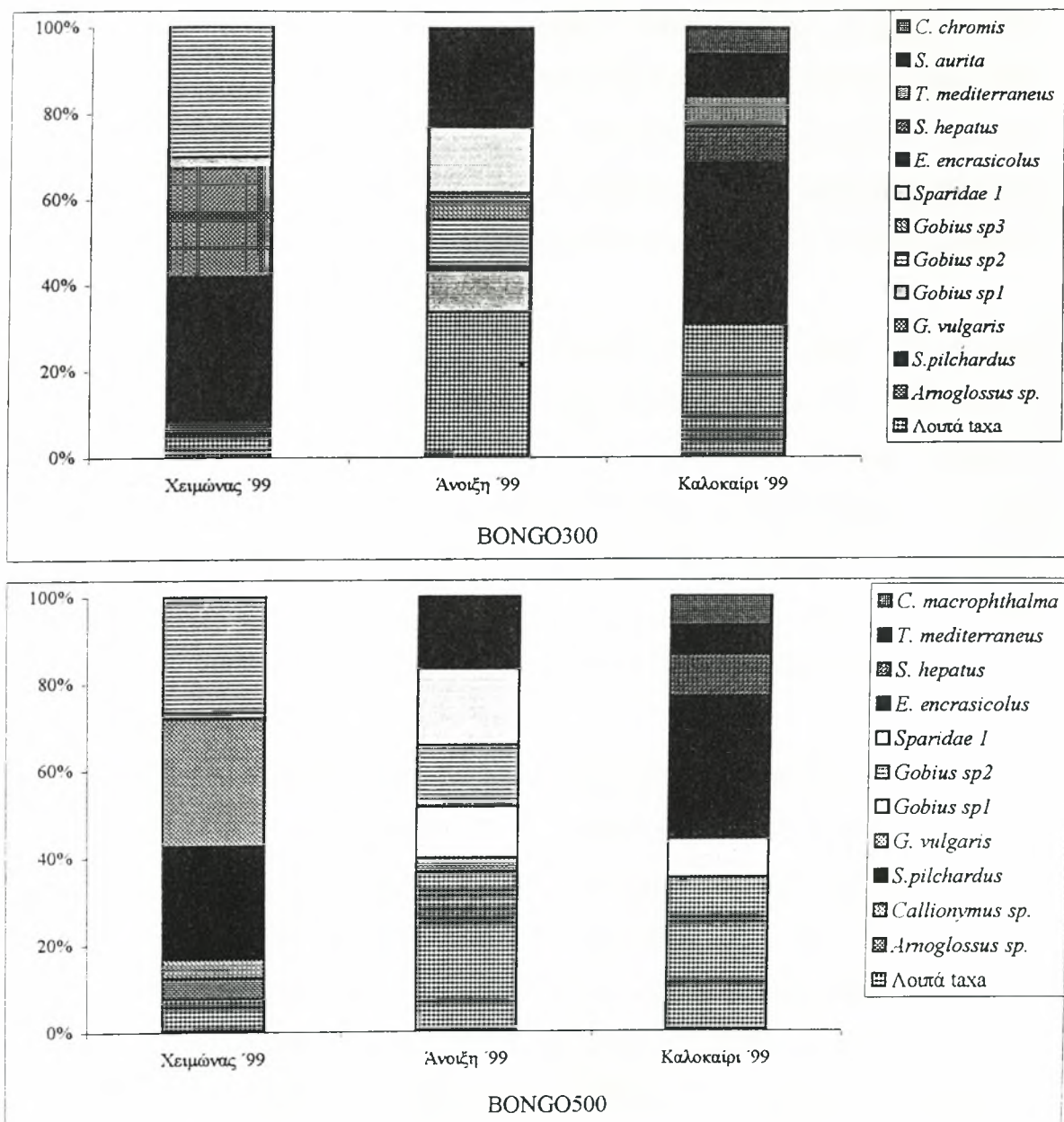
Πίνακας 97. Κυριότερα ταχα προνηριφών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Βοηρ500 στον Παγασητικό

| Οικογένεια<br>Αριθμός | Είδος<br>Αφθονία                  | Χειμώνας '99 |         | Άνοιξη '99 |         | Καλοκαίρι '99 |         |
|-----------------------|-----------------------------------|--------------|---------|------------|---------|---------------|---------|
|                       |                                   | Αριθμός      | Αφθονία | Αριθμός    | Αφθονία | Αριθμός       | Αφθονία |
| Apogonidae            | <i>Apogon imberbis</i>            |              |         | 0,3        | 0,9     | 0,5           | 1,6     |
| Belontiidae           | <i>Belone belone</i>              |              |         | 2          | 6,4     | 4             | 12,9    |
| Blenniidae            | Blenniidae                        |              |         | 1,6        | 5       | 0,5           | 1,8     |
|                       | <i>Blennius ocellaris</i>         |              |         | 1          | 4       |               |         |
|                       | <i>Blennius spl</i>               |              |         | 0,3        | 0,7     |               |         |
|                       | <i>Blennius sp2</i>               |              |         | 1,6        | 4,7     |               |         |
|                       | <i>Lipophrys pholis</i>           |              |         | 5,6        | 18,8    | 3             | 9,2     |
| Bothidae              | <i>Parablennius gattorugine</i>   |              | 52      | 10,6       | 33,4    | 125           | 420,8   |
|                       | <i>Arnoglossus sp.</i>            | 15           |         |            |         | 1             | 2,6     |
|                       | <i>Bothus podas</i>               |              |         | 8,3        | *26     | 40,5          | 129,2   |
| Callionymidae         | <i>Callionymus sp.</i>            | 14           | 52      | 0,3        | 0,7     | 268,5         | 891,9   |
| Carangidae            | <i>Trachurus mediterraneus</i>    |              |         | 0,3        | 1,1     | 4             | 7,5     |
|                       | <i>Trachurus trachurus</i>        |              |         | 0,3        | 1       |               |         |
| Carapidae             | <i>Carapus acus</i>               |              |         | 0,3        | 1,3     | 246           | 837     |
| Cepolidae             | <i>Cepola macrophthalmia</i>      |              |         | 7          | 24,4    | 29            | 96,5    |
| Citharidae            | <i>Citharus linguatula</i>        |              |         | 0,6        | 1,4     |               |         |
| Clupeidae             | <i>Sardina pilchardus</i>         | 81           | 279,4   |            |         | 161,5         | 532,5   |
|                       | <i>Sardinella aurita</i>          |              |         |            |         | 43,5          | 140,1   |
| Cynoglossidae         | <i>Symphurus ligulatus</i>        |              |         | 43,6       | 117,7   | 957,5         | 3091,5  |
| Engraulidae           | <i>Engraulis encrasicolus</i>     |              |         |            |         |               |         |
|                       | <i>Gaidropsarus mediterraneus</i> | 1            | 3       |            |         |               |         |
| Gadidae               | <i>Gaidropsarus vulgaris</i>      | 93           | 321,6   | 0,3        | 1,1     | 15            | 45,3    |
|                       | <i>Micromesistius poulassou</i>   | 1            | 5,5     | 0,3        | 1,1     | 291           | 979,4   |
| Gobiesocidae          | <i>Diplecogaster bimaculata</i>   | 1            | 3,7     |            |         | 2,5           | 8,1     |
|                       | <i>Gobius niger</i>               |              |         |            |         |               |         |
|                       | <i>Gobius spl</i>                 | 11           | 37,8    | 33,3       | 102,8   |               |         |
| Gobiidae              | <i>Gobius sp2</i>                 | 88           | 331     | 39,3       | 126,7   |               |         |



|                |   |  |   |  |   |
|----------------|---|--|---|--|---|
| Labridae       | <i>Gobius sp3</i><br><i>Gobius sp4</i><br><i>Gobius sp5</i><br><i>Gobius sp7</i><br><i>Gobius sp8</i><br><i>Coris julis</i><br>Labridae<br><i>Symphodus sp</i><br><i>Lophius budegassa</i><br><i>Merluccius merluccius</i><br>Mugilidae<br><i>Mullus barbatus</i><br><i>Benthoosema glaciale</i><br><i>Ceratoscopelus maderensis</i><br><i>Hygophum benoitii</i><br><i>Hygophum sp.</i><br><i>Myctophum punctatum</i><br><i>Echelus myrus</i><br><i>Ophichthus rufus</i><br><i>Parophidion vassali</i><br><i>Chromis chromis</i><br><i>Auxis rochei</i><br><i>Euthynnus alleuteratus</i><br><i>Scomber japonicus</i><br><i>Lepidorhombus boscii</i><br><i>Scorpaena porcus</i><br><i>Scorpaena sp.</i><br><i>Anthias anthias</i><br><i>Serranus cabrilla</i><br><i>Serranus hepatus</i><br><i>Microchirus variegatus</i><br><i>Solea vulgaris</i> | 9<br>0,3<br>7<br>6,6<br><br>0,3<br>3,3<br>1,3<br>0,6<br>0,6<br><br>0,3<br><br>1,3<br>0,6<br><br>0,3<br><br>1,3<br>0,6<br><br>0,3<br>0,6<br>1,6<br><br>0,3<br>0,6<br><br>0,3<br>6,6 | 26,8<br>1,1<br>20,6<br>15,6<br><br>0,8<br>9,1<br>3,8<br>2,2<br>2,1<br><br>0,7<br><br>4,3<br>2<br><br>0,9<br>2,2<br>3,5<br><br>0,9<br>17,7 | 11<br>2<br>4<br><br>17<br>13,5<br>1,5<br><br>0,5<br>9,5<br><br>1,5<br>6<br><br>1<br>2,5<br>1<br>9,5<br>119,5<br>34<br>34,5<br>6,5<br>1<br>7,5<br>5<br>0,5<br>1,5<br>288<br>1 | 40,1<br>6,3<br>11,2<br><br>54,5<br>49,7<br>4,1<br><br>1,2<br>31,6<br><br>4,5<br>28<br><br>2,8<br>7,7<br>3,2<br>30<br>398,9<br>104<br>113,8<br>19,8<br>3,6<br>23,8<br>15,9<br>1,6<br>4,5<br>930,6<br>3,3 |
| Lophiidae      |   |  |   |  |   |
| Merlucciidae   |   |  |   |  |   |
| Mugilidae      |   |  |   |  |   |
| Mullidae       |   |  |   |  |   |
| Myctophidae    |   | 2<br>3<br>7<br>9,5   |   |  |   |
| Ophichthidae   |   |  |   |  |   |
| Ophidiidae     |   |  |   |  |   |
| Pomacentridae  |   |  |   |  |   |
| Scombridae     |   |  |   |  |   |
| Scophthalmidae |   |  |   |  |   |
| Scorpaenidae   |   |  |   |  |   |
| Serranidae     |   |  |   |  |   |
| Soleidae       |   | 2<br>11,1  |   |  |   |

|                                |   |     |     |       |      |       |
|--------------------------------|---|-----|-----|-------|------|-------|
| Sparidae                       | 1 | 3   | 2,3 | 6,1   | 2    | 6,7   |
| Soleidae                       |   |     |     |       |      |       |
| <i>Diplodus annularis</i>      |   |     |     |       | 0,5  | 1,6   |
| <i>Diplodus vulgaris</i>       |   |     |     |       | 1,5  | 4,4   |
| <i>Pagellus acarne</i>         |   |     |     |       | 4,5  | 14,7  |
| <i>Pagellus bogaraveo</i>      |   |     |     |       | 1,5  | 4,2   |
| <i>Pagellus erythrinus</i>     |   |     |     |       | 5    | 15,9  |
| <i>Pagrus pagrus</i>           |   |     |     |       | 13,5 | 44,2  |
| Sparidae                       |   |     | 0,3 | 0,9   | 1    | 3,2   |
| Sparidae 1                     | 1 | 3,4 | 46  | 125,1 |      |       |
| Sparidae 3                     |   |     | 2   | 6     |      |       |
| Sparidae 4                     |   |     |     |       | 2    | 5,9   |
| Sparidae 6                     |   |     |     |       | 1    | 2,6   |
| Sparidae 7                     |   |     |     |       | 0,5  | 1,5   |
| Species A                      |   |     |     |       | 5,5  | 17,8  |
| Sternoptychidae                |   |     |     |       | 4    | 13,4  |
| Syngnathidae                   |   |     |     |       | 0,5  | 1,4   |
| Trachinidae                    |   |     |     | 0,8*  | 11,5 | 36    |
| Trichiuridae                   |   |     | 0,3 |       | 47   | 153,8 |
| Triglidae                      |   |     |     |       | 1    | 3,5   |
| Uranoscopidae                  |   |     |     |       |      |       |
| <i>Maurollicus muelleri</i>    |   |     |     |       |      |       |
| <i>Syngnathus phlegon</i>      |   |     |     |       |      |       |
| <i>Trachinus draco</i>         |   |     |     |       |      |       |
| <i>Leptidotrigla cavillone</i> |   |     |     |       |      |       |
| Triglidae                      |   |     |     |       |      |       |
| <i>Uranoscopus scaber</i>      |   |     |     |       |      |       |
| Άγνωστα-Κατεστραμμένα          | 1 | 3,2 | 7,3 | 21,2  | 42   | 150,7 |



Σχήμα 94. Εποχιακή μεταβολή του ποσοστού συμμετοχής των κυριότερων taxa προנוμφών ιχθύων στον Παγασητικό

Οι προνύμφες της σαρδέλας απουσιάζουν από τον κόλπο το καλοκαίρι του '99, ενώ τις υπόλοιπες εποχές δειγματοληψίας χαρακτηρίζονται από χαμηλές σχετικά τιμές αφθονίας. Μέγιστο αριθμό παρουσιάζουν το χειμώνα (111 προνύμφες) –όπως προκύπτει από τη συλλογή προνυμφών με δίχτυ Bongso300.

Οι προνύμφες του γαύρου -αντίθετα- απουσιάζουν το χειμώνα, ενώ έχουν μέγιστη τιμή το καλοκαίρι (1537,5 προνύμφες) οπότε οι τιμές της αφθονίας αυτών που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 παρουσιάζουν έντονη εξάπλωση σε όλη την έκταση του κόλπου (Σχ. 95).

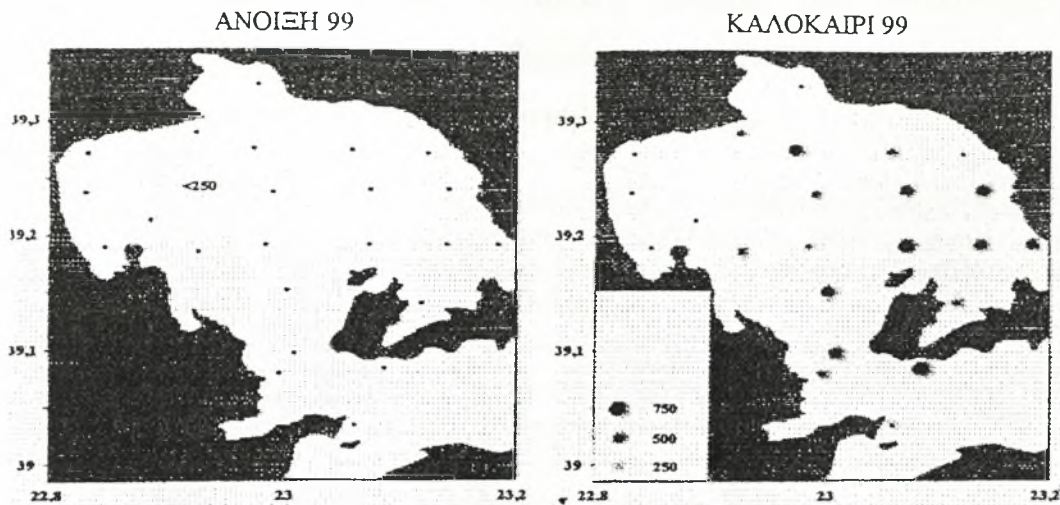
Οι προνύμφες των γοβιών αντιπροσωπεύονται όλες τις εποχές δειγματοληψίας, με τις μεγαλύτερες τιμές αφθονίας τους το καλοκαίρι να παρατηρούνται στις ανατολικές ακτές του κεντρικού κόλπου, λόγω της μεταφοράς τους από τον παρατηρούμενο αντικυκλώνα (Petihakis *et al.*, 2002) (Σχ. 96). Η συστηματική κατάταξη των προνυμφών των γοβιών σε επίπεδο είδους ήταν ιδιαίτερα δύσκολη και εκτός από το *Gobius niger* όλες οι άλλες προνύμφες ταξινομήθηκαν στο taxon *Gobius sp.*, το οποίο περιλαμβάνει 9 υπό-taxa π.χ. sp1, sp2, ..., sp9.

Οι προνύμφες της φρίσσας και του *Serranus hepatus* εμφανίζονται αυξημένες το καλοκαίρι (400 και 354 προνύμφες αντίστοιχα) με εντοπισμό κυρίως στις ανατολικές ακτές του κεντρικού κόλπου –όπως προκύπτει από τη συλλογή προνυμφών με δίχτυ Bongso300 (Σχ. 97). Την ίδια κατανομή παρουσιάζουν και οι προνύμφες των *Trachurus mediterraneus* και *Lepidotrigla cavillone*.

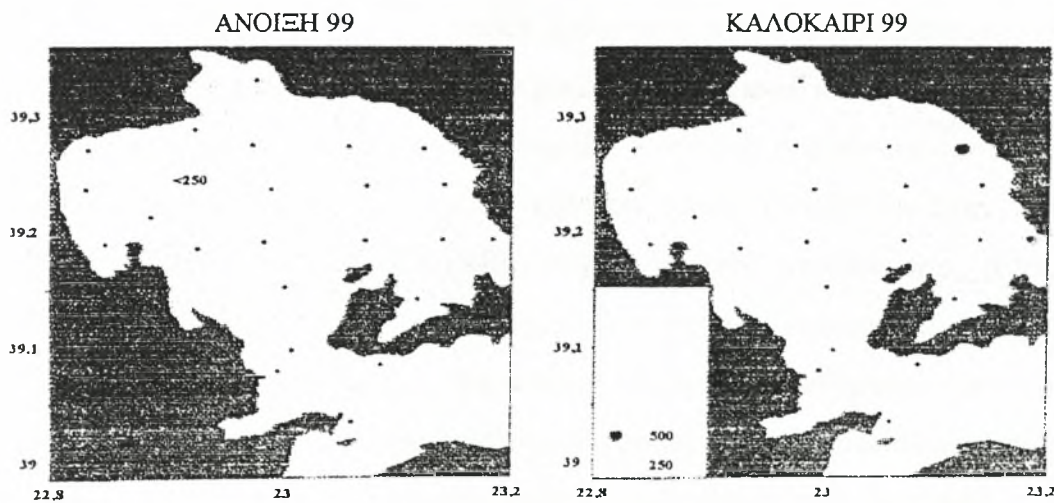
Στον Παγασητικό μεγάλες τιμές αφθονίας εμφανίζουν οι οικογένειες Carangidae, Serranidae, Cepolidae, Gobiidae, Triglidae, Scombridae, Pomacentridae και Bothidae.

#### Οικολογικοί δείκτες

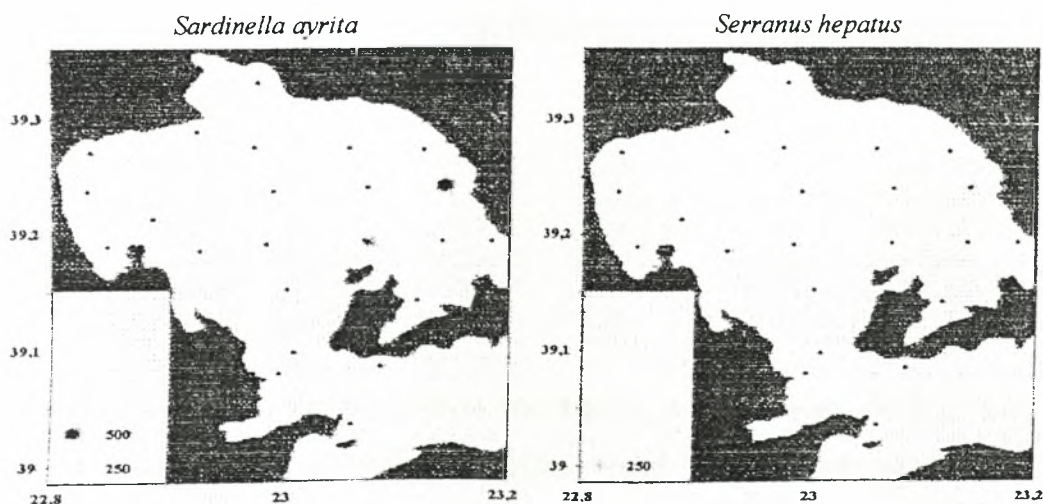
Στον πίνακα 98 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές ανά σταθμό των δεικτών ποικιλότητας  $H$  των Shannon-Wiener, αφθονίας των ειδών  $d$  του Margalef και ομοιομορφίας  $J$  του Pielou για την αφθονία των προνυμφών ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300. Είναι φανερό ότι από το χειμώνα προς το



Σχήμα 95. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας προνυμφών *Engraulis encrasicolus* (προν/μ<sup>2</sup>) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongο300 στον Παγασητικό



Σχήμα 96. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας προνυμφών γοβιών (προν/μ<sup>2</sup>) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongο300 στον Παγασητικό



Σχήμα 97. Οριζόντια κατανομή της αφθονίας προνυμφών φρίσσας και χάνου (προν/μ<sup>2</sup>) που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongο300 στον Παγασητικό το καλοκαίρι του '99

καλοκαίρι λαμβάνει χώρα σταδιακή αύξηση της ποικιλότητας των προνυμφών στον Παγασητικό, δηλαδή παρατηρείται αύξηση του αριθμού των taxa που εμφανίζουν σχετικά υψηλές αφθονίες.

Πίνακας 98. Οικολογικοί δείκτες α) ποικιλότητας  $H'$  των Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963) β) αφθονίας των ειδών  $d$  του Margalef (Margalef, 1968) και γ) ομοιομορφίας  $J$  του Pielou (Pielou, 1969) για τις προνύμφες ιχθύων που συλλέχθηκαν με δίχτυ Bongso300 στον Παγασητικό

|              | $H'$ | $d$  | $J$  |
|--------------|------|------|------|
| Χειμώνας 99  | 1,09 | 0,62 | 0,56 |
| Άνοιξη 99    | 1,43 | 1,27 | 0,51 |
| Φθινόπωρο 99 | 1,97 | 2,06 | 0,49 |

Γενικά ο Παγασητικός αποτελεί σημαντικό πεδίο αναπαραγωγής πολλών ειδών ιχθύων και κυρίως κάποιων μικρών πελαγικών, όπως είναι ο γαύρος, η σαρδέλα, η φρίσσα και το λευκό σαυρίδι. Αντίθετα, η αφθονία κάποιων ειδών (μπακαλιάρος, πεσκανδρίτσα και πιθανόν κουτσομούρα και λυθρίνι) στον κόλπο εξαρτάται από το βαθμό εισόδου νεαρών ατόμων τους (Πετράκης, 2000). Συνολικά στον κόλπο αναφέρονται 94 είδη προνυμφών ιχθύων που ανήκουν σε 42 οικογένειες. Σημαντική αφθονία προνυμφών παρατηρείται στον ανατολικό κόλπο, όπου ελέγχεται κυρίως από την αφθονία προνυμφών γαύρου. Η αυξημένη παρουσία προνυμφών ιχθύων στην ανατολική λεκάνη του κόλπου οφείλεται στην υδροδυναμική της περιοχής, όπου μεταφέρονται και εγκλωβίζονται λόγω ύπαρξης δεξιόστροφης κυκλοφορίας (αντικυκλώνας).

## ΠΥΘΜΕΝΑΣ

### ΒΕΝΘΟΣ

Οι βενθικοί οργανισμοί, λόγω της άμεσης και μόνιμης επαφής τους με το υπόστρωμα, αποτυπώνουν με ακρίβεια τυχόν περιβαλλοντικές μεταβολές - ιδιαίτερα όταν τα αίτια τους χαρακτηρίζονται από μια σταθερότητα στο χώρο και στο χρόνο. Γι' αυτό το λόγο η εκτίμηση της ποσοτικής και ποιοτικής

σύνθεσης των βενθικών κοινωνιών συντελεί στον εντοπισμό και την εκτίμηση πιθανών ανθρωπογενών ή/και φυσικών διαταράξεων σ' ένα παράκτιο θαλάσσιο σύστημα.

#### Βιομάζα και αφθονία

Στον Παγασητικό την άνοιξη του '99 και συγκεκριμένα το μήνα Μάιο η βενθική βιομάζα παρουσιάζει υψηλή διακύμανση εντός του κεντρικού τμήματος (0,267-8,671 g/m<sup>2</sup>). Στο σύνολο του κόλπου μέγιστη τιμή βιομάζας εμφανίζουν οι πολύχαιτοι (13,471 g/m<sup>2</sup>, 57%) -όπως παρατηρείται σε πολλές παράκτιες περιοχές (Gray, 1974),\* ενώ από πολύ μεγάλη βιομάζα χαρακτηρίζονται και τα εχινόδερμα (6,662 g/m<sup>2</sup>, 28%) - εξαιτίας των μεγάλης μάζας αντιπροσώπων τους. Η μέση τιμή βενθικής βιομάζας στον κόλπο ανέρχεται στα 3,34 g/m<sup>2</sup>, τιμή συγκρίσιμη με άλλους ελληνικούς κόλπους (Stergiou *et al.*, 1997).

Μέγιστη τιμή βενθικής αφθονίας παρατηρείται στον εσωτερικό κόλπο (3290 ατ/m<sup>2</sup>), ενώ υψηλή αφθονία εμφανίζεται και στον σταθμό ΕΑ του κεντρικού (3235 ατ/m<sup>2</sup>) εξαιτίας των μεγάλων συγκεντρώσεων των πολυχαιτών *Chaetozone sp* (700 ατ/m<sup>2</sup>), *Monticellina dorsobranchialis* (475 ατ/m<sup>2</sup>) και του σιπουνκουλοειδούς *Onchnesoma steenstrupii* (240 ατ/m<sup>2</sup>). Η μικρότερη τιμή αφθονίας εντοπίζεται στον κεντρικό κόλπο. Η χωρική κατανομή του βένθους ακολουθεί την κατανομή του φυτοπλαγκτού εμφανίζοντας μέγιστες και ελάχιστες τιμές στον εσωτερικό και κεντρικό κόλπο, αντίστοιχα. Τα φυτοπλαγκτονικά κύτταρα εξαρτώνται από τα θρεπτικά που απελευθερώνονται κατά την αποσύνθεση της οργανικής ύλης που φτάνει στον πυθμένα, από τους βενθικούς οργανισμούς. Το μεγάλο βάθος του κεντρικού κόλπου σε συνδυασμό με τη μακρά στρωμάτωση της υδάτινης στήλης και τον ολιγοτροφικό χαρακτήρα του, εμποδίζουν την ανάπτυξη μιας πλούσιας βενθικής πανίδας στον πυθμένα του. Στον πίνακα 99 παρουσιάζεται η βιομάζα, η αφθονία και ο αριθμός βενθικών ειδών για διάφορους ελληνικούς κόλπους.

Πίνακας 99. Εύρη βιομάζας, αφθονίας και αριθμού βενθικών ειδών για διάφορους ελληνικούς κόλπους

N: αριθμός σταθμών F: δειγματοληψίες D: βάθος δειγματοληψιών

|               | N  | F | D(m)  | S      | g/m <sup>2</sup> | ατ/ m <sup>2</sup> |
|---------------|----|---|-------|--------|------------------|--------------------|
| Παγασητικός   | 6  | 1 | 15-95 | 19-99  | 0,27-8,7         | 35-3290            |
| Όρ. Ελευσίνας | 10 | 4 | 9-90  | 6-79   | 1,7-28,4         | 301-3556           |
| Σαρωνικός     | 6  | 4 | 30-90 | 18-191 | -                | 1792-4800          |
| Β. Ευβοϊκός   | 10 | 4 | 51-85 | 13-81  | 0,3-9,5          | 210-1935           |
| Μαλιακός      | 11 | 4 | 13-22 | 11-63  | -                | 175-796            |
| Αμβρακικός    | 13 | 4 | 12-57 | 4-50   | 0,04-0,9         | 90-955             |

Πηγή: Stergiou *et al.* (1997)*Σχετική αφθονία ομάδων και ειδών*

Την άνοιξη του '99 στον Παγασητικό μέγιστη αφθονία εμφανίζουν οι πολύχαιτοι ακολουθούμενοι από τα μαλάκια -όπως είναι σύνηθες στις βενθικές κοινωνίες μαλακού υποστρώματος (Πιν. 100), ενώ τα εχινόδερμα χαρακτηρίζονται από μικρά ποσοστά συμμετοχής (2%) σ' όλη την έκταση του κόλπου. Τα μέγιστα και ελάχιστα ποσοστά συμμετοχής των πολυχαιτών συναντώνται στην περιοχή του διαύλου των Ωρεών και του αποχετευτικού αγωγού, ενώ των μαλακίων στον εσωτερικό και κεντρικό κόλπο αντίστοιχα.

Πίνακας 100. Ελάχιστη και μέγιστη συμμετοχή βενθικών ομάδων (%) με βάση την αφθονία τους

|               | Ελάχιστο | Μέγιστο |
|---------------|----------|---------|
| Πολύχαιτοι    | 54       | 86      |
| Μαλάκια       | 2        | 32      |
| Καρκινοειδή   | 3        | 16      |
| Λοιπές ομάδες | 5        | 18      |

Στο σύνολο του κόλπου εντοπίζονται 2430 άτομα μακροζωοβενθικών οργανισμών που ανήκουν σε 181 είδη: 96 είδη πολυχαιτών, 38 είδη μαλακίων, 7 είδη εχινόδερμων, 26 είδη καρκινοειδών και 14 διάφορα άλλα είδη. Ο μέγιστος αριθμός βενθικών ειδών συναντάται στον εσωτερικό κόλπο (99), ενώ ο μικρότερος στον κεντρικό (19) ακολουθώντας την κατανομή των μέγιστων και ελάχιστων τιμών βενθικής αφθονίας. Μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής εμφανίζουν τα είδη των πολυχαιτών (Πιν. 101), ενώ το ίδιο



παρατηρείται σε πολλούς κόλπους όπως ο Αμβρακικός (Stergiou *et al.*, 1997; Μπόγδανος και συν., 2000).

Πίνακας 101. Ελάχιστη και μέγιστη συμμετοχή βενθικών ομάδων (%) με βάση τον αριθμό ειδών τους

|               | Ελάχιστο | Μέγιστο |
|---------------|----------|---------|
| Πολύχαιτοι    | 51       | 66      |
| Μαλάκια       | 5        | 23      |
| Εχινόδερμα    | 0        | 4       |
| Καρκινοειδή   | 10       | 21      |
| Λοιπές ομάδες | 7        | 16      |

Μερικά από τα βενθικά είδη που συναντώνται στον Παγασητικό είναι τα εξής: *Corbula gibba*, *Lumbrineris latreilli*, *Monticellina dorsobranchialis*, *Prionospio malmgreni*, *Drilonereis filum* και *Paracydonia paradoxa*. Το βένθος του κόλπου παραμένει σε γενικές γραμμές ίδιο σε σχέση με προηγούμενες μελέτες (Bogdanos & Satsmadjjs, 1983; Θεοδώρου και συν., 1997).

#### Οικολογικοί δείκτες

Γενικά οι βενθικές κοινωνίες του Παγασητικού εμφανίζονται μη διαταραγμένες, χωρίς ενδείξεις ανθρωπογενούς επιβάρυνσης. Ο δείκτης ποικιλότητας H' κυμαίνεται από 3,26 στον κεντρικό μέχρι 5,42 στον εσωτερικό κόλπο. Ο δείκτης ομοιομορφίας J έχει μέγιστη τιμή 0,82 και ελάχιστη 0,73 στην περιοχή του αγωγού, ενώ ο δείκτης αφθονίας των ειδών d έχει μέγιστη τιμή 12,1 στον εσωτερικό κόλπο και ελάχιστη 3,38.

Αξίζει ν' αναφερθεί ότι ο εσωτερικός κόλπος είναι το μόνο τμήμα του κόλπου όπου συναντάμε το είδος *Capitella capitata*, γνωστό δείκτη οργανικής ρύπανσης, παρά το γεγονός ότι η περιοχή χαρακτηρίζεται από τις μέγιστες τιμές των δεικτών ποικιλότητας και αφθονίας των ειδών.

Στην περιοχή μελέτης δεν διακρίνεται κάποια σαφής ομαδοποίηση των επιμέρους περιοχών, αλλά μια διαδοχή αυτών η οποία οφείλεται κυρίως στην αφθονία και τον αριθμό των ειδών και όχι στην πανιδική σύνθεση τους.

Γενικά ο Παγασητικός χαρακτηρίζεται από φυσιολογικά επίπεδα βενθικής αφθονίας και βιομάζας, με εξαίρεση το εσωτερικό τμήμα του που εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές. Εκεί επίσης εντοπίζεται αποκλειστικά το είδος *Capitella capitata*. Αντίθετα, έντονη πανιδική φτώχεια σημειώνεται στον ολιγοτροφικό κεντρικό κόλπο. Κυρίαρχη βενθική ομάδα αποτελούν οι πολύχαιτοι, ακολουθούμενοι από τα μαλάκια και τα καρκινοειδή.

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

28/02

Μια από τις δραστηριότητες που εξετάζονται με σκοπό τη διαχείριση και την οικονομική ανάπτυξη του Παγασητικού κόλπου είναι η εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων υδατοκαλλιέργειας. Σήμερα, στον Παγασητικό λειτουργούν δύο μονάδες πλωτών κλωβών εντατικής εκτροφής ιχθύων: η «Ιχθυοτροφεία Παγασητικού Α.Ε.» στην περιοχή της Σούρπης και η «Υδρόβιο Υδατοκαλλιέργεια ΕΠΕ» στη Μηλίνα, με ετήσια παραγωγή μόλις 92 και 130 τn αντίστοιχα.

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαπενταετίας στην Ελλάδα ο τομέας των υδατοκαλλιεργειών αναπτύχθηκε ραγδαία με αποτέλεσμα να αποτελεί σημαντικό μέρος της πρωτογενούς παραγωγής, κυρίως με την εντατική παραγωγή γόνου σε χερσαίες εγκαταστάσεις (ιχθυογεννητικοί σταθμοί) και την εκτροφή των ιχθύων μέχρι το τελικό εμπορεύσιμο μέγεθος σε θαλάσσιες εγκαταστάσεις (πλωτοί κλωβοί). Σήμερα η χώρα μας κατέχει την πρώτη θέση στην Ευρώπη όσον αφορά την παραγωγή ευρύαλων ιχθύων (60000 τn, σύμφωνα με τον ΣΕΘ -Βάση Δεδομένων FEAP), ενώ λειτουργούν περίπου 22 ιχθυογεννητικοί σταθμοί και 250 μονάδες πάχυνσης. Η εντυπωσιακή πορεία του κλάδου οφείλεται κυρίως στην ιδιωτική πρωτοβουλία, η οποία υποστηρίχθηκε από τις αρμόδιες κρατικές υπηρεσίες και την Αγροτική Τράπεζα Ελλάδος. Η ανάπτυξη των ιχθυοκαλλιεργειών οδήγησε στην παραγωγή προϊόντων άριστης ποιότητας και υψηλής διαιτητικής αξίας σε προσιτές τιμές, στην κάλυψη των εγχώριων αναγκών σε ιχθυηρά, στην ανάπτυξη και αξιοποίηση δυσπρόσιτων περιοχών, στην εισαγωγή συναλλάγματος και στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Η επιτυχής πορεία του κλάδου οφείλεται στις κλιματικές, υδρολογικές και τοπογραφικές συνθήκες των ελληνικών παράκτιων περιοχών που ευνοούν ιδιαίτερα την εκτροφή των ευρύαλων ιχθύων, η οποία εκφράζεται κυρίως με την παραγωγή τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*).

Ωστόσο, οι ποικίλες και πολλαπλές χρήσεις των παράκτιων περιοχών (γεωργία, βιομηχανία, τουρισμός) διαμορφώνουν μια διαφορετική κάθε φορά

κατάσταση η οποία χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Βασική προϋπόθεση για την εγκατάσταση και λειτουργία μιας μονάδας εκτροφής ιχθύων σε κάποια περιοχή είναι η καταλληλότητα της περιοχής και η ορθή χωροταξική τοποθέτηση της μονάδας, προκειμένου να μην έρχεται σε σύγκρουση με ήδη υπάρχουσες οικονομικές δραστηριότητες ή με το σχεδιασμό μελλοντικής ανάπτυξης της ευρύτερης περιοχής.

Το νερό που χρησιμοποιείται στην εκτροφή ιχθύων χαρακτηρίζεται από αλλοιωμένους φυσικοχημικούς χαρακτήρες καθώς επιβαρύνεται με τα προϊόντα μεταβολισμού των ιχθύων (υγρά και στερεά) και τα εναπομείναντα υπολείμματα τροφής. Η επιβάρυνσή του υδάτινου μέσου από τα παραγόμενα ανόργανα και οργανικά προϊόντα εξαρτάται από τον τύπο των εκτρεφόμενων ιχθύων (η τσιπούρα και το λαβράκι είναι σαρκοφάγα), το μέγεθος τους, τον τύπο και την ποσότητα της χορηγούμενης τροφής, το συντελεστή μετατρεψιμότητας, την ιχθυοφόρτιση και την ποσότητα της μη προσλαμβανόμενης από τους ιχθύες τροφής που περιέρχεται αυτούσια στο άμεσο περιβάλλον της μονάδας εκτροφής. Συγκεκριμένα, οι πιθανές συνέπειες από την παρουσία πλωτών κλωβών εκτροφής στο υδάτινο μέσο είναι η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού λόγω μείωσης του διαλυμένου οξυγόνου και αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα, η εμφάνιση του φαινομένου του ευτροφισμού εξαιτίας αύξησης των συγκεντρώσεων των θρεπτικών (άζωτο και φώσφορος), η αύξηση της τοξικής αμμωνίας (μη ιονισμένη μορφή) και των αιωρούμενων σωματιδίων, η παρουσία φαρμακευτικών ουσιών, η αλλαγή της σύνθεσης των ιζημάτων και των βενθικών κοινωτιών, καθώς και η πιθανή αύξηση του μικροβιακού φορτίου (Παπουτσόγλου, 1996).

Η μέση ημερήσια ποσότητα περιττωμάτων (ΗΠΠ) που παράγεται από τους εκτρεφόμενους ιχθύες εξαρτάται από την χορηγούμενη ποσότητα τροφής ημερησίως (T) και το συντελεστή απόδοσης της τροφής (ΣΑ):

$$\text{ΗΠΠ} = 0,95 \times [T - (T \times \Sigma\text{Α})]$$

Χρησιμοποιώντας την παραπάνω εξίσωση και θεωρώντας ότι οι ιχθύες διατρέφονται σε ποσοστό 2% του ζώντος σωματικού βάρους τους καθώς και ότι ο συντελεστής απόδοσης ισούται με 0,5, προκύπτει ότι μια μονάδα με

εκτρεφόμενη βιομάζα 100 tn παράγει ημερησίως 950 kg περιττωμάτων για την εξουδετέρωση των οποίων απαιτούνται περίπου 975 kg οξυγόνου (Παπουτσόγλου, 1996). Η παρουσία των παραπάνω ποσοτήτων περιττωμάτων στο υδάτινο περιβάλλον προκαλεί μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων, του διοξειδίου του άνθρακα, της αμμωνίας, του αζώτου και του φωσφόρου (Alabaster, 1982; Stirling & Dey, 1990; Papoutsoglou, 1991). Είναι γνωστό ότι η εκκρινόμενη ποσότητα αμμωνίας από τους υδρόβιους οργανισμούς μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους τους (Porter *et al.*, 1987), ενώ η μεγαλύτερη έκκριση της λαμβάνει χώρα 24-48 h μετά την τροφοληψία (Echevarria *et al.*, 1993). Παρόλα αυτά, φαινόμενα τοξικότητας είναι πιθανό να εμφανιστούν σε περιόδους αυξημένης θερμοκρασίας λόγω υψηλών ιχθυοφορτήσεων και σε ρυπασμένα ή ανεπαρκούς κυκλοφορίας νερά (Shepherd & Bromage, 1988).

Η εισροή αντιβιοτικών αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα επιβάρυνσης του υδάτινου μέσου από την εκτροφή ιχθύων. Οι αυξημένες ιχθυοφορτήσεις ή/και οι αντίξοες κλιματικές συνθήκες προκαλούν καταπόνηση των ιχθύων και εμφάνιση ασθενειών για την αντιμετώπιση των οποίων και τη μείωση της θνησιμότητας χρησιμοποιούνται αντιβιοτικά. Τα τελευταία προσφέρονται στους ιχθύες κυρίως μέσω των χορηγούμενων συμπηκτων (pellets). Δεδομένης όμως της ποσότητας της τροφής που δεν καταναλώνεται και διαφεύγει στο άμεσο υδάτινο περιβάλλον συσσωρευόμενη στον πυθμένα ένα μέρος των αντιβιοτικών ακολουθεί την παραπάνω πορεία. Συγκεκριμένα, έχει αναφερθεί ότι η οξυτετρακυκλίνη (ευρέους φάσματος αντιβιοτικό) είναι ανθεκτική σε συνθήκες ανοξικού υποστρώματος και η διάρκεια ημίσειας ζωής της ανέρχεται στις 10 εβδομάδες σε εργαστηριακές συνθήκες (Jacobsen & Berglund, 1988). Επίσης, από τους ίδιους ερευνητές, διαπιστώθηκαν στον πυθμένα κάτω από πλωτούς κλωβούς αυξημένες ποσότητες οξυτετρακυκλίνης 12 εβδομάδες μετά τη χορήγηση της στους εκτρεφόμενους ιχθύες. Από τη χορηγούμενη ποσότητα ενός αντιβιοτικού έχει υπολογισθεί ότι μέχρι και ποσοστό 75% καταλήγει στο υδάτινο μέσο και πιθανόν προσλαμβάνεται από τους ιχθυοπληθυσμούς που βρίσκονται κάτω και γύρω από τους κλωβούς, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη

ανθεκτικών βακτηριακών στελεχών στο συγκεκριμένο αντιβιοτικό (Lunestad, 1992).

Η λειτουργία πλωτών κλωβών εκτροφής επηρεάζει τους φυσικούς πληθυσμούς ιχθύων που διαβιούν στην άμεσα γειτονική περιοχή τους. Συνήθως γύρω από τις εγκαταστάσεις και λόγω της ύπαρξης άφθονης τροφής -η οποία διαφεύγει από τους κλωβούς- συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός ελεύθερα διαβιώντων ιχθύων που εκμεταλλεύεται την παραπάνω τροφή (Paroutsoglou *et al.*, 1996). Παρόλα αυτά, ενδείξεις επηρεασμού των αυτόχθονων ιχθυοπληθυσμών της ευρύτερης περιοχής δεν υπάρχουν (Alabaster, 1982).

Σ' αυτό το σημείο, οφείλουμε να τονίσουμε το γεγονός ότι μέχρι σήμερα η έρευνα όσον αφορά την επίδραση των υδατοκαλλιεργειών στο υδάτινο περιβάλλον έχει επικεντρωθεί κυρίως στην εκτροφή ιχθύων (ιδίως σολομού) στον Ατλαντικό Ωκεανό. Ωστόσο, οι συνθήκες που επικρατούν στη Μεσόγειο μεταβάλλουν σημαντικά την κατάσταση. Η μειωμένη παλιρροϊκή δράση, η υψηλότερη θερμοκρασία, η μεγαλύτερη ηλιοφάνεια και ο ολιγοτροφικός χαρακτήρας της μεσογειακής λεκάνης δημιουργούν ένα διαφορετικό περιβάλλον. Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή της Μεσογείου έδειξαν επίδραση των ιχθυοκαλλιεργειών στο παρασιτικό φορτίο (Paroutsoglou *et al.*, 1996), τα θρεπτικά, το πλαγκτόν (Pitta *et al.*, 1999) και τη συσσώρευση οργανικού υλικού στο ίζημα κάτω από τους κλωβούς (Karakassis *et al.*, 1998; 2000). Οι Paroutsoglou *et al.* (1996) μελέτησαν τις περιβαλλοντικές παραμέτρους σε δύο μονάδες πλωτών κλωβών εκτροφής ιχθύων στη χώρα μας. Οι εκτρεφόμενοι ιχθύες ήταν τσιπούρα και λαβράκι και οι δυναμικότητες των μονάδων ήταν 350 και 200 tn αντίστοιχα. Το βάθος κάτω από τους κλωβούς εκτροφής ήταν 15-70 m και η ταχύτητα των ρευμάτων 0-8 cm/sec, ενώ οι διατηρούμενες ιχθυοφορτίσεις ήταν περίπου 16 kg/m<sup>3</sup>. Μεταξύ των δύο μονάδων δεν παρατηρήθηκαν διαφορές όσον αφορά την ποιότητα του νερού. Οι συγκεντρώσεις της ολικής αμμωνίας σχετιζόνταν θετικά με τη θερμοκρασία του νερού και το διαλυμένο οξυγόνο -αν και συχνά ήταν μικρότερο των 6 mg/l- δεν κυμάνθηκε ποτέ σε επίπεδα κάτω των 3 mg/l.

Ακόμη, δεν παρατηρήθηκε συσσώρευση περιττωμάτων ή/και μη καταναλωθείσας τροφής στον πυθμένα κάτω από τους πλωτούς κλωβούς. Παρόλα αυτά, κάτω από τους κλωβούς η διαφάνεια του νερού ήταν μειωμένη εξαιτίας της σκίασης και των αιωρούμενων περιττωμάτων. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις νιτρικών που μετρήθηκαν ήταν πολύ κάτω από τα όρια τοξικότητας για το λαβράκι (1 mg/l: Handy & Roxton, 1993). Στην ίδια εργασία αναφέρονται αυξημένα παρασιτικά φορτία στους εκτρεφόμενους ιχθυοπληθυσμούς. Ακόμη, οι Karakassis *et al.* (2000) μελέτησαν στον ελλαδικό χώρο την επίδραση τριών μονάδων πλωτών κλωβών εκτροφής στο ίζημα και τις βενθικές κοινωνίες. Κατά τη διάρκεια της έρευνας δεν παρατηρήθηκαν αζωικές ζώνες, ενώ η σύνθεση του βένθους επηρεάζονταν σε απόσταση μέχρι και 25 m από τα άκρα των κλωβών. Στις δύο από τις τρεις εξεταζόμενες μονάδες το είδος *Capitella capitata*, το οποίο θεωρείται δείκτης διαταραγμένου βενθικού συστήματος, κυριαρχούσε σε απόσταση μέχρι και 10 m από τους κλωβούς. Το περιεχόμενο του ιζήματος σε οργανικό άνθρακα και άζωτο ήταν σημαντικά αυξημένο -κατά έναν παράγοντα 1,5 μέχρι 5- μόνο κάτω από τους κλωβούς εκτροφής. Στην ίδια μελέτη μετρήσεις σωματιδιακού οργανικού άνθρακα (POC) και σωματιδιακού οργανικού αζώτου (PON) δεν έδειξαν επίδραση των μονάδων στην υδάτινη στήλη, ενώ οι αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών που παρατηρήθηκαν δεν συνοδεύονταν από υπέρμετρη αύξηση της φυτοπλαγκτονικής βιομάζας (Καρακάσης και συν., 1996). Επίσης, έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στον πυθμένα κάτω από μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας στο νησί της Κεφαλονιάς έδειξαν την ύπαρξη ενός διακριτού μαύρου στρώματος - ιδιαίτερα κατά τους θερμούς μήνες του έτους, σημείων ανάβλυσσης μεθανίου και υδρόθειου και ίχνη *Beggiatoa* (επίσης δείκτης διαταραγμένου βενθικού συστήματος) σε απόσταση μέχρι 5 m από τους πλωτούς κλωβούς. Επιπλέον, παρατηρήθηκε παρουσία μη καταναλωθείσας τροφής και μεγάλος αριθμός άδειων θυρίδων μυδιών (Καρακάσης και συν., 2001). Στην ίδια μονάδα εκτροφής ιχθύων οι Τσαπάκης και συν. (2000) αναφέρουν στην υδάτινη στήλη έντονη ημερήσια διακύμανση των συγκεντρώσεων φωσφόρου και αμμωνίας με μέγιστα τις μεσημβρινές ώρες, χωρίς όμως επακόλουθη αύξηση της

φυτοπλαγκτονικής βιομάζας. Μια ακόμη μελέτη της επίδρασης τριών μονάδων εντατικής ιχθυοκαλλιέργειας στο υδάτινο περιβάλλον της περιοχής του Αστακού έδειξε ότι παρά τα αυξημένα φορτία φωσφόρου, αμμωνίας και πυριτικών δεν παρατηρήθηκε το φαινόμενο του ευτροφισμού και η υδάτινη στήλη εμφανίζονταν καλά οξυγονωμένη. Αντίθετα, η συσσώρευση οργανικού υλικού στην επιφάνεια του πυθμένα προκαλούσε μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και απελευθέρωση τοξικών αερίων (H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> και NH<sub>3</sub>) (Μπελιάς και συν., 2000).

Η επιλογή κατάλληλης θέσης εγκατάστασης είναι σημαντική για τη λειτουργία και τη μεγιστοποίηση της παραγωγής των μονάδων πλωτών κλωβών εκτροφής ιχθύων, καθώς υπάρχει έντονη εξάρτηση από τα χαρακτηριστικά του υδάτινου περιβάλλοντος. Κάθε φορά εξετάζονται οι παράμετροι που επηρεάζουν την υγεία και τη φυσική κατάσταση των ιχθύων, το κλίμα και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της περιοχής, καθώς και διάφοροι οικονομικοκοινωνικοί παράγοντες. Τα κριτήρια που πρέπει να εξασφαλίζονται σύμφωνα με τους *O Connor et al.* (1991) είναι τα παρακάτω:

- το βάθος της υδάτινης στήλης: οι κλωβοί εκτροφής θα πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 10 m από τον πυθμένα προκειμένου να εξασφαλιστεί επαρκής κυκλοφορία του νερού και αποφυγή καθίζησης των προϊόντων μεταβολισμού των ιχθύων και των υπολειμμάτων τροφής. Στην περίπτωση που αυτό δεν επιτευχθεί υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης υποξικών ή ανοξικών συνθηκών στο ίζημα, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση μεθανίου και υδρόθειου και την μεταβολή της σύνθεσης των βενθικών κοινωνιών.
- η σύσταση του πυθμένα: η υφή του πυθμένα αποτελεί ενδεικτικό στοιχείο για την ταχύτητα των ρευμάτων στην περιοχή· ιλυώδεις πυθμένες δηλώνουν περιορισμένη κυκλοφορία του νερού. Δεδομένου ότι, πρέπει να αποφευχθεί η συγκέντρωση οργανικού υλικού στο ίζημα κάτω από τους κλωβούς, επιλέγουμε περιοχές με αμμώδη πυθμένα -όχι με βραχώδη καθώς σε αυτή την περίπτωση καθίσταται δύσκολη η αγκυροβόληση της μονάδας.



- η ταχύτητα και η κατεύθυνση των ρευμάτων: η παράμετρος αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς καθορίζει την ποιότητα του νερού, αλλά και το ρυθμό και την απόσταση που θα καθιζάνουν στον πυθμένα τα αιωρούμενα προϊόντα μεταβολισμού των ιχθύων και τα υπολείμματα τροφής. Θα πρέπει η ταχύτητα των ρευμάτων να κυμαίνεται από 5 μέχρι 50 cm/sec και οι συστοιχίες των κλωβών να τοποθετούνται κάθετα στη διεύθυνση τους. Η παρουσία των κλωβών οδηγεί σε περιορισμό της κυκλοφορίας και της ανανέωσης του νερού προκαλώντας μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου και του ωφέλιμου όγκου τους, ιδιαίτερα στην περίπτωση υψηλών ιχθυοφορτήσεων.
- η διεύθυνση, η συχνότητα και το ύψος του κυματισμού: η επιλεγόμενη περιοχή θα πρέπει να είναι προστατευμένη από ισχυρούς κυματισμούς προκειμένου να προφυλάσσονται οι εγκαταστάσεις της και να πραγματοποιούνται εύκολα οι διάφορες διαχειριστικές δραστηριότητες. Ως ένας κανόνας αναφέρεται ότι μια μονάδα πλωτών κλωβών εκτροφής θα πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση τουλάχιστον 3 km (fetch) στη διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων, ενώ το ύψος του κυματισμού δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 2 m.
- η ποιότητα του νερού: οι τιμές της θερμοκρασίας, της αλατότητας, του διαλυμένου οξυγόνου, των θρεπτικών καθώς και η κατάσταση των φυτοπλαγκτονικών και βενθικών κοινοτήτων θα πρέπει να ευνοούν την εκτροφή των επιλεγόμενων σε κάθε περίπτωση ειδών ιχθύων. Επίσης η επιλεγόμενη περιοχή δεν θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από την παρουσία αυξημένων ρυπαντικών φορτίων. Όσον αφορά την τοπιούρα και το λαβράκι -που εκτρέφονται ευρύτερα στη χώρα μας- τα άριστα θερμοκρασιακά όρια για την ανάπτυξη τους είναι 23-27 και 25-30 °C, ενώ τα όρια αντοχής τους είναι 5-32 και 5-34 °C αντίστοιχα (Barnabe, 1990). Για τα ίδια είδη οι άριστες τιμές διαλυμένου οξυγόνου είναι >3 mg/l και καθώς αποτελούν ευρύβαλους οργανισμούς απαιτούν αλατότητα 20-30.

Εκτός των παραπάνω η περιοχή που θα επιλεγεί για την εγκατάσταση μιας μονάδας πλωτών κλωβών εκτροφής θα πρέπει να εξασφαλίζει οδική

πρόσβαση, παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και τηλεπικοινωνιών, εργατικό δυναμικό και γειτνίαση με ικανές αγορές των παραγόμενων προϊόντων. Σ' αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι προκειμένου να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει μια μονάδα υδατοκαλλιέργειας σε μια ορισμένη περιοχή της χώρας μας θα πρέπει να υποβάλει κατάλληλη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και να εξασφαλίσει τις απαραίτητες άδειες από τις αρμόδιες υπηρεσίες, τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης και τα εμπλεκόμενα Υπουργεία (Papoutsoglou, 2000).

Οι κλιματολογικές συνθήκες, τα άνεμολογικά στοιχεία, η θερμοκρασία, η αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο και η κυκλοφορία του νερού στον Παγασητικό επιτρέπουν την εγκατάσταση μονάδων για την εντατική εκτροφή τσιπούρας και λαβρακιού, ειδών ευρύτατα εκτρεφόμενων στη χώρα μας. Η επιβάρυνση όμως του εσωτερικού κόλπου σε συνδυασμό με την έντονη τουριστική και γεωργική ανάπτυξη πολλών παράκτιων περιοχών περιμετρικά του φαίνεται ότι αποτρέπουν την εγκατάσταση και λειτουργία νέων μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας. Το δυτικό τμήμα του κόλπου πληρεί από άποψη βάθους και σύστασης πυθμένα τις προϋποθέσεις για την εγκατάσταση πλωτών κλωβών εκτροφής, όμως οι πολλαπλές αναπτυξιακές δραστηριότητες που παρατηρούνται προσδίδουν στην περιοχή αυτή βιομηχανικό χαρακτήρα. Επιπλέον, στο ανατολικό τμήμα του κόλπου τα τελευταία χρόνια συναντάται ιδιαίτερα αυξημένη τουριστική κίνηση και οικιστική ανάπτυξη. Παρόλα αυτά, δεν είναι δυνατό να αποκλειστεί η περίπτωση περαιτέρω ανάπτυξης των υδατοκαλλιεργητικών δραστηριοτήτων στον κόλπο χωρίς την πραγματοποίηση μελετών για την εκτίμηση της φέρουσας χωρητικότητας του (carrying capacity). Αξίζει να σημειωθεί ότι η ετήσια παραγωγή των δύο μονάδων εκτροφής ιχθύων που λειτουργούν σήμερα στον κόλπο είναι ιδιαίτερα μικρή και πολύ μικρότερη των αδειών λειτουργίας τους (250 tn).

Πρόσφατες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στις εγκαταστάσεις των δύο μονάδων που λειτουργούν στον Παγασητικό έδειξαν ότι η επίδραση τους - κυρίως αυξημένος συνολικός αριθμός *Vibrio* και *Pseudomonas*- φτάνει το

πολύ μέχρι απόσταση 100 m από τους κλωβούς, ενώ οι τιμές των ολικών κολοβακτηριών, της *E.coli* και των κοπρανώδων στρεπτόκοκκων κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα συγκριτικά με τα επιθυμητά όρια για τα πρότυπα νερών κολύμβησης. Επίσης, δεν ανιχνεύτηκαν σαλμονέλες και τα απομονωθέντα είδη *Vibrio* δεν ήταν παθογόνα για τον άνθρωπο (Γιαγνίση και συν., 2001).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Ο Παγασητικός κόλπος χαρακτηρίζεται ως ολιγοτροφικός χωρίς ενδείξεις ρύπανσης, με εξαίρεση τον εσωτερικό κόλπο που εμφανίζεται μεσότροφος με κάποια ευτροφικά ξεσπάσματα –όπως είναι το φαινόμενο συσσώρευσης «ζελατινώδους αφρού».

Η σχεδόν διαρκής στρωμάτωση του κόλπου και η επικρατούσα αντικυκλωνική κυκλοφορία στο ανατολικό τμήμα του έχουν ως αποτέλεσμα το σύνολο των θρεπτικών που απελευθερώνεται μέσω της ανακύκλωσης από τους βενθικούς οργανισμούς να εγκλωβίζεται στα κατώτερα στρώματα της υδάτινης στήλης, στηρίζοντας μια μικροβιακή τροφική αλυσίδα. Μόνο όταν το θερμοκλινές καταστρέφεται, τα θρεπτικά φτάνουν στην ευφωτική ζώνη και προάγουν την ύπαρξη κλασσικής τροφικής αλυσίδας με αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής. Ο ολιγοτροφικός χαρακτήρας του κόλπου γίνεται επίσης φανερός από την αυξημένη παρουσία του αυτότροφου πικοπλαγκτού στο φυτοπλαγκτονικό σύστημα του.

Ο Παγασητικός αποτελεί αναπαραγωγικό πεδίο για μεγάλο αριθμό ειδών ιχθύων και η κατανομή των αυγών και των προνυμφών τους φαίνεται ότι καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την επικρατούσα αντικυκλωνική κυκλοφορία στο ανατολικό τμήμα του.

Η επεξεργασία των δεδομένων στην παρούσα εργασία έδειξε ότι ο κόλπος διακρίνεται σε τρία επιμέρους τμήματα:

- i. το εσωτερικό, όπου παρατηρείται μικρό βάθος και είσοδο θρεπτικών
- ii. το κεντρικό, που εμφανίζει μεγάλα βάθη, πλήρης στρωμάτωση της υδάτινης στήλης και παγίδευση θρεπτικών στα βαθύτερα στρώματα και
- iii. το εξωτερικό, όπου λαμβάνει χώρα ανταλλαγή υδάτων ανάμεσα στον κόλπο και το Αιγαίο Πέλαγος μέσω του δίαυλου των Ωρεών.

Αν ληφθεί υπόψη η οικονομική σημασία του Παγασητικού κόλπου για την αλιευτική κοινωνία και τον τουρισμό που παρατηρείται περιμετρικά του, καθώς και η υψηλή αισθητική του αξία, γίνεται φανερό ότι η εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης πολιτικής για την αειφορική διαχείριση του κόλπου είναι

απαραίτητη και πρέπει να εξασφαλίζει τη διαρκή παρακολούθηση όλων των παραμέτρων των επιμέρους συστημάτων.

Η λειτουργία του Βιολογικού Καθαρισμού Λυμάτων στην περιοχή έχει συντελέσει στην αποφυγή φαινομένων διατάραξης του Παγασητικού. Παρόλα αυτά, ο κόλπος εμφανίζεται ευαίσθητος στην προσθήκη θρεπτικών. Γι' αυτό το λόγο, είναι αναγκαίο να ληφθούν παρεμποδιστικά μέτρα όσον αφορά την είσοδο σ' αυτόν γεωργικών ρύπων από τις καλλιεργητικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα περιμετρικά του –αλλά και στην ευρύτερη περιοχή του Θεσσαλικού κάμπου, οπότε μεταφέρονται μέσω της σήραγγας που συνδέει την αποξηραμένη λίμνη Κάρλα με τον κόλπο. Αποτελεί άμεση προτεραιότητα η απαγόρευση εισόδου υδάτων από την περιοχή της Κάρλας, καθώς και η ορθή διαχείριση των χειμάρρων που καταλήγουν σ' αυτόν.

Για την καλύτερη κατανόηση του οικοσυστήματος του Παγασητικού είναι απαραίτητη η περαιτέρω και συνεχής έρευνα η οποία θα καταδείξει τους παράγοντες που ελέγχουν τους μηχανισμούς πρωτογενούς παραγωγής, τις τροφικές σχέσεις και την εξάρτησή τους από την είσοδο θρεπτικών και τις διεργασίες αναγέννησης, τη σύζευξη του βενθικού και πελαγικού συστήματος και τους βιογεωχημικούς κύκλους. Όλα αυτά, βέβαια, θα πρέπει να εξεταστούν με βάση την υδροδυναμική του κόλπου

Επιπλέον, τα μέτρα που έχουν ληφθεί από την πολιτεία και την τοπική κοινότητα για τον περιορισμό της αλιευτικής δραστηριότητας στον Παγασητικό έχουν ως αποτέλεσμα την ύπαρξη εύρωστων πληθυσμών ιχθύων, από τους οποίους ένας μεγάλος αριθμός αναπαράγεται εντός του κόλπου. Τα παραπάνω μέτρα, λοιπόν, είναι σκόπιμο να συνεχίσουν να εφαρμόζονται –με ταυτόχρονη έρευνα σχετικά με τη μετακίνηση ορισμένων ειδών σε κάποια στάδια της ζωής τους ανάμεσα στον κόλπο, το διάυλο των Ωρεών και κατ' επέκταση το βόρειο Ευβοϊκό και το Αιγαίο Πέλαγος. Διερεύνηση επίσης απαιτείται για την κατανόηση των σχέσεων του ιχθυοπλαγκτού με την ύπαρξη τροφής στο οικοσύστημα και την εμφάνιση ακραίων καταστάσεων –όπως η συσσώρευση «ζελατινώδους αφρού».

Όσον αφορά την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών, η οποία είναι έντονη σε άλλους κλειστούς και ημίκλειστους κόλπους της χώρας μας, στον Παγασητικό εμφανίζεται ιδιαίτερα περιορισμένη. Παρόλα αυτά, τα διαχειριστικά μέτρα που πρόκειται να ληφθούν από τις αρμόδιες αρχές θα πρέπει να στηριχθούν σε επιστημονικά δεδομένα και νέες έρευνες που θα οδηγήσουν στην εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κόλπου, προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν συγκρούσεις με την τοπική κοινωνία και τις ήδη εδραιωμένες οικονομικές δραστηριότητες.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Ξενόγλωσση

- Anagnostou C., Kaberi H., Karageorgis A., 1998. Application of the geoaccumulation index in the evaluation of the anthropogenic impact on marine sediments. *Fresenius Envir. Bull.*, 7, 631-634.
- Alabaster J.S., 1982. Report of the EIFAC workshop on fish farm effluents, Silkeborg, Denmark, 26-28 May 1981. EIFAC Tech. Pap., 41, p 166.
- Barnabe G., 1990. Rearing bass and gilthead bream. In: *Aquaculture vol 2* (Ed Barnabe G.). Ellis Horwood Ltd, London, pp 647-686.
- Caragitsou E., Siapatis A., Economou A., Papaconstantinou C., 1992. Ichthyoplankton distribution in the Aegean Sea in summer 1990. *FAO Fisheries Report*, 477, 151-162.
- Christou E.D., 1998. Interannual variability of copepods in a Mediterranean coastal area (Saronikos Gulf, Aegean Sea). *J. Mar. Sys.*, 15, 523-532.
- Daoulas C., Economou A., 1986. Seasonal variation of egg size in the sardine *Sardina pilchardus*, Walb, of the Saronikos Gulf: causes and a probable explanation. *J. Fish Biol.*, 28, 449-457.
- Echevarria G., Zarauz N., Lopez-Ruiz J., Zamora S., 1993. Study on nitrogen excretion in the gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.): influence of nutritional state. *Comp. Biochem. Physiol.*, 105, 17-19.
- Friligos N., 1987. Eutrophication assessment in Greek coastal waters. *Toxic. Env. Chem.*, 15, 185-196.
- Friligos N., 1988. Nutrient enrichment and circulation of water masses in the Pagassitikos Gulf (Aegean Sea). *Oceanol. Acta*. In: *Oceanographie pelagique mediterraneenee* (Ed. Minas H. J. et Nival P.), 111-122.
- Friligos N., Gotsis-Skretas O., 1989. Eutrophication and red-tide in Aegean coastal waters. *Toxic. Env. Chem.*, 24, 171-180.
- Friligos N., Balopoulos E., Psyllidou-Giouranovits R., 1997. Eutrophication and hydrography in the Amvrakikos Gulf, Ionian Sea. *Fresenius Envir. Bull.*, 6, 21-26.
- Gabrielides G., Friligos N., 1977. Nutrient distribution in the Pagassitikos Gulf. *Thalassia Jugoslavica*, 13, ½, 45-51.
- Gabrielides G., 1978. Some chemical aspects of Pagassitikos Gulf, Greece. *Rev. Int. Ocean. Med.*, 51-52, 25-33.
- Gabrielides G. P., Theocharis A. C., 1978. Physical and chemical characteristics of Pagassitikos Gulf, Greece. *Thalassographica*, 2, 2, 135-154.
- Georgakopoulou-Grigoriadou E., Voutsinou-Taliadouri F., Gotsis-Skretas O., Psyllidou-Giouranovits R., 1997. Water quality assessment through organochlorine and biological analyses in a semi-enclosed embayment (Pagassitikos Gulf, Hellas). *Fresenius Envir. Bull.*, 6, 154-159.
- Gotsis-Skretas O., Pagou K., Moraitou-Apostolopoulou M., Ignatiades L., 1999. Seasonal variability in primary production and standing stocks of phytoplankton and zooplankton in the Cretan Sea and the Straits of the Cretan Arc (March 1994-January 1995). *Prog. Ocean.*, 44, 625-649.
- Gray J., 1974. Animal-sediment relationships. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 12, 223-261.
- Handy R.D., Poxton M.G., 1993. Nitrogen pollution in mariculture: toxicity and excretion of nitrogenous compounds by marine fish. *Rev. Fish Biol. Fisher.*, 3, 205-241.

- Jacobsen P., Berglind L., 1988. Persistence of oxytetracycline in sediments from fish farms. *Aquaculture*, 70, 365-370.
- Karageorgis A.P., Sioulas A.I., Anagnostou C.L., 2002. Use of surface sediments in Pagassitikos Gulf, Greece, to detect anthropogenic influence. *Geo Mar. Let.*, 21, 200-211.
- Karakassis I., Tsapakis M., Hatziyanni E., 1998. Seasonal variability in sediment profiles beneath fish farm cages in the Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 162, 243-252.
- 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. *J. Mar. Sci.*, 57, 1462-1471.
- Kesary K., Panagiotidis P., Pancucci-Papadopoulou, 2002. Environmental planning in Pagassitikos Gulf and the potential relationship with mucilage events. *Proc. of the VI Intern. Conf. Prot. Rest. Env.*, 395-402.
- Kormas K.A., Kapisir K., Thessalou-Legaki M., Nicolaidou A., 1998. Quantitative relationships between phytoplankton, bacteria and protists in an Aegean semi-enclosed embayment (Maliakos Gulf, Greece). *Aquat. Microb. Ecol.*, 15, 255-264.
- Krom M.D., Kress N., Brenner S., 1991. Phosphorus limitation of primary productivity in the Eastern Mediterranean Sea. *Limn. Ocean.*, 36, 424-432.
- Lunestad B.T., 1992. Fate and effects of antibacterial agents in aquatic environments. In: *Chemotherapy in aquaculture: from theory to reality* (Eds Michel C., Alderman D.J.), pp 152-161.
- Margalef R., 1968. *Perspective in ecological theory*. University of Chicago Press, Chicago, 111.
- Mihalatou H.M., Moustaka-Gouni M., 2002. Pico-, nano-, microplankton abundance and primary productivity in a eutrophic coastal area of the Aegean Sea, Mediterranean. *Int. Rev. Hydrobiology*, 87, 439-456.
- O' Connor B., Hartnett M., Costelloe J., 1991. Site selection and environmental monitoring in the mariculture industry: an integrated protocol. In: *Aquaculture and the Environment* (Eds De Pauw N., Joyce J.). European Aquaculture Society Special Publication No 16, Gent, Belgium, pp 191-202.
- Pancucci-Παπαδοπούλου Μ., 2000. Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Πολιτικής για την Αειφόρο Διαχείριση του Παγασητικού Κόλπου. Τελική Έκθεση. ΕΚΘΕ
- Pancucci-Παπαδοπούλου Μ., Σαλωμίδου Μ., Σύμπουρα Ν., Ζενέτου Α., 2000. Εξέλιξη των βενθικών βιοκοινωνιών στον Παγασητικό κόλπο. Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, I, 322-327.
- Papachristou, Haritonidis S., 1992. Present status of eutrophication in Pagassitikos Gulf, Magnesia, Greece. *Biological indicators-pollution sources*.
- Papatheodorou G., Alexandropoulou S., 1996. A comparative application of factor analysis in heavy metal concentrations: an example of Pagassitikos Gulf, Greece. *Proc. 3<sup>rd</sup> Intern. Conf. Env.Poll.*, 180-187.
- Papoutsoglou S.E., 1991. Impact of aquaculture on the aquatic environment in relation to applied production systems. In: *Aquaculture and the Environment* (Eds De Pauw N., Joyce J.). European Aquaculture Society Special Publication No 16, Gent, Belgium, pp 71-77.
- Papoutsoglou S., Costello M.J., Stamou E., Tziha G., 1996. Environmental conditions at sea-cages and ectoparasites on farmed European sea-bass, *Dicentrarchus labrax* (L.) and gilthead sea bream, *Sparus aurata* (L.) at two farms in Greece. *Aquac Res*, 27, 25-34.



- Papoutsoglou S.E., 2000. Monitoring and regulation of marine aquaculture in Greece: licensing, regulatory control and monitoring guidelines and procedures. *J. Appl. Ichthyol.*, 16, 167-171.
- Petihakis G., Triantafyllou G., Theodorou A., 2000a. A numerical approach to simulate nutrient dynamics and primary production of a semi-enclosed coastal ecosystem (Pagassitikos Gulf, Western Aegean, Greece). *Period. Biol.*, 102, 339-348.
- Petihakis G., Triantafyllou G., Theodorou A., 2000b. Enrichment of Pagassitikos Gulf by run off fertilizers: a modeling study. *Period. Biol.*, 102, 130-136.
- Petihakis G., Triantafyllou G., Koliou A., Theodorou A., 2002. Exploring the dynamics of a marine ecosystem (Pagassitikos Gulf, Western Aegean, Greece) through the analysis of temporal and spatial variability of nutrients. *Littoral*, in press.
- Pielou E. C., 1969. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13, 131-144.
- Pitta P., Karakassis I., Tsapakis M., Zivanovic S., 1999. Natural vs. mariculture induced variability in nutrients and plankton in the Eastern Mediterranean. *Hydrobiologia*, 391, 181-194.
- Porter C.B., Krom M.D., Robbins M.G., Brickell L., Davidson A., 1987. Ammonia excretion and total N budget for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and its effect on water quality conditions. *Aquaculture*, 66, 287-297.
- Shannon C. E., Weaver W., 1963. The mathematical theory of communication. Urbana Press, Illinois, 117.
- Shepherd J., Bromage N., 1988. Intensive fish farming. BSP Professional Books, Oxford.
- Siokou-Fragou I., 1996. Zooplankton annual cycle in a Mediterranean coastal area. *J. Plan. Res.*, 18, 203-223.
- Stergiou K.I., Christou E.D., Georgopoulos D., Zenetos A., Souvermezoglou C., 1997. The Hellenic Seas: physics, chemistry, biology and fisheries. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 35, 415-538.
- Stirling H.P., Dey T., 1990. Impact of intensive cage fish farming on the phytoplankton and periphyton of a Scottish freshwater loch. *Hydrobiologia*, 190, 193-214.
- Theocharis A., Laskaratos A., 1985. Water type formation and spreading in Pagassitikos Gulf (NW Aegean). *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 29, 3, 37-38.
- Theodorou A. I., 1995. Ecological monitoring studies for Volos Sea Outfall (Pagassitikos Gulf, Western Aegean Sea). *Wat. Sci. Tech.*, 32, 273-280.
- Voutsinou-Taliadouri F., Satsmadjis J., 1982. Trace metals in the Pagassitikos Gulf, Greece. *Est. Coast. Shelf Sc.*, 15, 221-228.
- Voutsinou-Taliadouri F., Balopoulos E. T., 1989. Geochemical and water flow features in a semiclosed embayment of the Western Aegean Sea (Pagassitikos Gulf, Greece) and physical oceanographic and geochemical conditions in Thermaikos Bay (Northwestern Aegean). *Wat. Sci. Tech.*, 21, 1881-1886.
- Voutsinou-Taliadouri F., Georgakopoulou-Grigoriadou E., 1989. Heavy metal concentrations in surface sediments from Pagassitikos Gulf, Greece. *Toxic. Env. Chem.*, 20-21, 53-58.
- Voutsinou-Taliadouri F., Balopoulos E.T., 1991. Geochemical and physical oceanographic aspects of the Amvrakikos Gulf (Ionian Sea, Greece). *Toxic. Env. Chem.*, 31-32, 177-185.
- Yannopoulos A., 1971. The most important nursery fish grounds in the Saronikos and South Evvoikos Gulf. *Halia*, 286, 307-308.

## Ελληνική

- Αναγνώστου Χ. Λ., Σιούλας Α., Καραγεώργης Α. Π., 1997. © «Δείκτης Γεωσυσσώρευσης» στα επιφανειακά ιζήματα του Παγασητικού κόλπου. Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, 97-100.
- Ασημακοπούλου Γ., Γκότση-Σκρέτα Ο., 2000. Πρωτογενής παραγωγή και χλωροφύλλη-α του φυτοπλαγκτού και αυτότροφου πικοπλαγκτού στον Παγασητικό κόλπο (Ανοιξη 1999). Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας I, 312-316.
- Γιαγνίση Μ., Κουτσοδήμου Μ., Ανδριοπούλου Α., Νέγκας Ι., Πήγος Γ., Αλέξη Μ., 2001. Επίδραση της υδατοκαλλιέργειας στην μικροβιολογία του θαλασσινού νερού του Παγασητικού κόλπου. Πρακτικά 10<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, 209-212.
- Γκότση Ο., Ψόχιου Ε., Λεμπέσης Γ., Μπράμπα Δ., Θεοδώρου Α.Ι., Μπαλόπουλος Ε., 2000. Εποχιακή διακύμανση φυτοπλαγκτού και περιβαλλοντικών παραμέτρων σε ημικλειστή θαλάσσια περιοχή (Αμβρακικός κόλπος). Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, 1, 512-516.
- ✓ Θεοδώρου Α. Ι., Παναγιωτάκη Π., Μπουλταδάκη Α., Πνευματικός Η., 1997. Οικολογική κατάσταση του Παγασητικού κόλπου και δυνατότητες χρήσης παράκτιων περιοχών του για εκτροφή ιχθύων. Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης, 23, 29-49.
- ✓ Θεοδώρου Α. Ι., 2000. Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Πολιτικής για την Αειφόρο Διαχείριση του Παγασητικού Κόλπου. Τελική Έκθεση.
- ✓ Bogdanos C., Satsmadjis J., 1983. The macrozoobenthos of an Aegean embayment. Thalassographica, 6, 77-105.
- Καραγκίτσου Ε., 1990. Οικολογία του ιχθυοπλαγκτού στον Αμβρακικό κόλπο. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, 592-600.
- Καραγκίτσου Η., Σιαπάτης Α., Αναστασοπούλου Α., 2000. Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Πολιτικής για την Αειφόρο Διαχείριση του Παγασητικού Κόλπου. Τελική Έκθεση. ΕΚΘΕ.
- Καρακάσης Ι., Παπαδοπούλου Κ.Ν., Τσαπάκης Μ., Χατζηγιάννη Ε., Μαϊδανού Μ., 1996. Αλληλεπίδραση υδατοκαλλιεργειών και θαλάσσιου περιβάλλοντος: πρώτα αποτελέσματα. 18<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΕΒΕ, 17-19 Απριλίου, Καλαμάτα.
- Καρακάσης Ι., Τσαπάκης Μ., Smith M., Rumohr H., 2001. Μελέτη των βενθικών επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργειών με τη μέθοδο της φωτογράφησης διατομής ιζήματος (SPI). Πρακτικά 10<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, 205-208.
- ✓ Κολιού-Μήτσιου Α., 1991. Αναγνώριση, εκτίμηση και αντιμετώπιση των πηγών ρύπανσης του Παγασητικού κόλπου. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Συνεδρίου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, 544-553.
- ✗ Κολιού-Μήτσιου, 2000. Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Πολιτικής για την Αειφόρο Διαχείριση του Παγασητικού Κόλπου. Τελική Έκθεση.
- ✓ Μήτσιος Ι. Κ., Γάτσιος Φ. Α., Σαραντόπουλος Δ. Α., 2000. Προσεγγίσεις στην εκτίμηση της ρύπανσης των ρεμάτων του Νομού Μαγνησίας από γεωργικές και άλλες δραστηριότητες. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, 553-560.
- ✗ Μπαλόπουλος Ε., Παπαγεωργίου Ε., Χαραλαμπάκης Α., Παπαδόπουλος Β., 1987. Μετρήσεις θαλάσσιων ρευμάτων στο δυτικό Αιγαίο Πέλαγος: Παγασητικός Κόλπος. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, 318-321.



- Μπαρμπετοσάς Σ., 1993. Υδρολογικά χαρακτηριστικά Παγασητικού κόλπου κατά τον Σεπτέμβριο 1992. Πρακτικά 4<sup>οο</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, 477-478.
- Μπαρσάκης Σ., Θεοδώρου Α. Ι., 1997. Εκτίμηση κλιματολογικών θερμικών ανταλλαγών στην επιφάνεια του Παγασητικού κόλπου και του κόλπου της Καβάλας. Πρακτικά 5<sup>οο</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, I, 319-322.
- Μπελιάς Χ., Μπίκας Β., Σκούλλος Μ., Δασενάκης Μ., 2000. Επιδράσεις εντατικής ιχθυοκαλλιέργειας λαβρακιού και τσιπούρας στον κόλπο του Αστακού: Μέταλλα. Πρακτικά 6<sup>οο</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, I, 344-374.
- Μπόγδανος Κ., Λεμπέσης Γ., Ψόχιου Ε., Μπράμπα Δ., Θεοδώρου Α.Ι., Μπαλόπουλος Ε., 2000. Χωροχρονικές διακυμάνσεις του βενθικού οικοσυστήματος στον Αμβρακικό κόλπο. Πρακτικά 2<sup>οο</sup> Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανική, 569-576.
- Παπουτοόγλου Σ.Ε., 1996. Υδατοκαλλιέργειες και ρύπανση του υδάτινου περιβάλλοντος. Στο: Το Ελληνικό Περιβάλλον. Εκδόσεις Σαββάλας, pp 89-107.
- Περισοράτης Κ., Ζαχαράκης Π., Ανδρινόπουλος Α., 1993. Ιζηματολογία των επιφανειακών ιζημάτων του Παγασητικού κόλπου και του διαύλου του Τρίκερι, Δ. Αιγαίο Πέλαγος. Τεχνική Έκθεση ΙΓΜΕ.
- Πετράκης Γ., 2000. Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Πολιτικής για την Αειφόρο Διαχείριση του Παγασητικού Κόλπου. Τελική Έκθεση. ΕΚΘΕ.
- Τσαπάκης Ε., Χατζηγιάννη Ε., Πήττα Π., Καρακάσης Ι., 2000. Ημερήσια διακύμανση της ποιότητας του νερού μέσα σε κλωβούς εκτροφής τσιπούρας. Πρακτικά 6<sup>οο</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, I, 346-349.
- Ζερβουδάκη Σ., Χρήστου Ε., 2000. Κατανομή του μεσοζωοπλαγκτού και παραγωγή αυγών των κωπηπόδων στον Παγασητικό κόλπο τον Απρίλιο και Μάιο 1999. Πρακτικά 6<sup>οο</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, I, 317-321.



*[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.]*

