

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**<<ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ ΒΕΝΘΙΚΩΝ  
ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΟΝ ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟ ΚΟΛΠΟ ΚΑΙ Η  
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΕ ΑΥΤΗ>>**

**ΞΗΡΟΜΕΡΙΣΙΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ**

**Βόλος, 2012**

**<<ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ ΒΕΝΘΙΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΟΝ  
ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟ ΚΟΛΠΟ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΙΣ  
ΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΑΥΤΕΣ>>**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

**1) Δημήτριος Βαφείδης**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και άμεση - έμμεση χρησιμότητά τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπων*,

**2) Χρήστος Νεοφύτου**, Καθηγητής, Ιχθυολογία - Υδροβιολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*,

**3) Κωνσταντίνος Σκόρδας**, Λέκτορας, Περιβαλλοντική Γεωχημεία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*,

*Στην οικογένεια μου και ιδιαίτερα στην λατρεμένη μου αδελφή Αποστολία και σε όλους αυτούς τους πολύτιμους ανθρώπους της ζωής μου που με βοήθησαν να προχωρήσω στα δύσκολα, και μου έμαθαν ότι στη ζωή πάντα υπάρχει η δυνατότητα για μια δεύτερη ευκαιρία.*



*Υπάρχει μεγαλείο σε αυτή τη θεώρηση της ζωής, με τις ποικίλες δυνάμεις, κατά την οποία αρχικά ο δημιουργός έδωσε ζωή σε λίγες μορφές ή σε μία. Και τη στιγμή που αυτός ο πλανήτης στρέφεται σύμφωνα με τους νόμους της βαρύτητας φαίνεται πως από ένα τόσο απλό ξεκίνημα αναπτύχθηκαν και εξελίχθηκαν άπειρες μορφές, τόσο όμορφες και τόσο αξιοθαύμαστες.*  
Darwin(1859)

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δημήτριο Βαφείδη για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους 1) Καθηγητή κ. Χρήστο Νεοφύτου, και 2) Λέκτορα κ. Κωνσταντίνο Σκόρδα για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Αλέξη Λόλα και ιδιαίτερα την Λέκτορα κ. Μαριάνθη Χατζηγιάννου για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά τους για την αμέριστη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια του πειράματος.

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

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη των βενθικών κοινοτήτων στον Παγασητικό κόλπο και η επίδραση της ρύπανσης των βαρέων μετάλλων στις κοινότητες αυτές.

Η περιοχή του Παγασητικού κόλπου χωρίστηκε σε 5 επιμέρους περιοχές (ΑΓΕΤ, Αλμυρός, Αμαλιάπολη, Στόμιο κόλπου, Χόρτο) και 12 σταθμούς. Πραγματοποιήθηκαν 12 δειγματοληψίες στους ισάριθμους σταθμούς με 3 επαναλήψεις για κάθε σταθμό. Σε κάθε δειγματοληψία συλλέχτηκαν δείγματα βένθους και δείγματα ιζήματος για τη μελέτη των φυσικών, βιολογικών και χημικών χαρακτηριστικών.

Στον Παγασητικό κόλπο η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε στην περιοχή της Αμαλιάπολης ενώ η ελάχιστη τιμή της αλατότητας παρατηρήθηκε στην περιοχή της ΑΓΕΤ. Στις βενθικές κοινότητες του Παγασητικού κόλπου υπερισχύουν οι πολύχαιτοι σε αντίθεση με τα γαστερόποδα από τα οποία εντοπίστηκαν μόνον 7 είδη. Σε ολόκληρη την έκταση της επιφάνειας του Παγασητικού κόλπου οι βενθικές κοινωνίες παρατηρείται ότι δεν επηρεάζονται σε σημαντικό βαθμό από τις ανθρώπινες διεργασίες και δραστηριότητες.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Βιοποικιλότητα.....	1
1.1.1. Σχέση βιοποικιλότητας -Βένθους.....	2
1.1.2. Σημασία βιοποικιλότητας.....	6
1.2. Βένθος.....	7
1.2.1. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την εγκατάσταση και εδραίωση μιας βενθικής κοινωνία.....	10
1.2.2. Σχέσεις βενθικών οργανισμών – υποστρώματος.....	11
1.2.3. Βιοποικιλότητα ζωοβένθους.....	12
1.2.4. Το βένθος ως αξιόπιστος δείκτης για το σύστημα.....	12
1.2.5. Μέθοδοι δειγματοληψίας και μελέτης.....	13
1.3. Βαρέα μέταλλα.....	13
1.4. Σκοπός της έρευνας.....	14
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>16</b>
2.1. Περιοχή έρευνας.....	16
2.2. Σταθμοί και μέθοδοι δειγματοληψίας.....	18
2.2.1. Θερμοκρασία - Αλατότητα.....	21
2.2.2. Βένθος.....	25
2.2.3. Ιζήματα.....	25
2.2.4. Βαρέα μέταλλα.....	26
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>28</b>
3.1. Φυσικά χαρακτηριστικά.....	28
3.1.1. Υδάτινη στήλη.....	28
3.1.2. Θερμοκρασία.....	28
3.1.3. Αλατότητα.....	29



3.2. Χημικά χαρακτηριστικά.....	30
3.2.1. Τύπος ιζημάτος.....	30
3.2.2. Ολικές, χημικές αναλύσεις ιζημάτων.....	31
3.3. Βένθος.....	36
3.3.1. Σχετική αφθονία κοινοτήτων και ειδών του βένθους.....	36
3.3.2. Οικολογικοί δείκτες.....	41
3.3.3. Ποικιλότητα βενθικών ειδών στον Παγασητικό κόλπο.....	41
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>43</b>
4.1. Θερμοκρασία.....	43
4.2. Αλατότητα.....	43
4.3. Βένθος.....	44
4.3.1. Βενθικές βιοκοινότητες.....	44
4.3.2. Οικολογικοί δείκτες.....	45
4.4. Ολικές, χημικές, αναλύσεις ιζημάτων.....	45
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>50</b>
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>52</b>
<b>7. ABSTRACT.....</b>	<b>60</b>

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Βιοποικιλότητα

Σύμφωνα με τους Grassle et al. (1991) η ποικιλότητα αποτελεί βασική ιδιότητα της ζωής. Η βιοποικιλότητα εμφανίζεται σε όλα τα επίπεδα βιολογικής οργάνωσης από τα μόρια μέχρι τα οικοσυστήματα και θεωρείται θεμελιώδης για την επιβίωση των φυσικών οικοσυστημάτων αφού παρέχει την ποικιλομορφία που απαιτείται για την επιτυχή αντιμετώπιση των μεταβολών που επιφυλάσσει η φύση. Στη Σύμβαση του Rio de Janeiro για τη Βιοποικιλότητα το 1992, η βιοποικιλότητα ορίζεται ως: «Η ποικιλομορφία των ζωντανών οργανισμών όλων των συστημάτων συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, χερσαίων, θαλάσσιων και άλλων υδάτινων οικοσυστημάτων και των οικολογικών συμπλόκων των οποίων αποτελούν μέρος· σε αυτή περιλαμβάνεται η ποικιλότητα εντός των ειδών και των οικοσυστημάτων».

Καθώς η σημασία της βιοποικιλότητας αναγνωρίζεται σε ευρεία κλίμακα ολοένα και περισσότερο, η επιστημονική βιβλιογραφία και ο τύπος αναφέρουν ότι πολλά θαλάσσια συστήματα, ιδιαίτερα τα παράκτια, έχουν σημαντικά μεταβληθεί και ρυπανθεί, παρουσιάζουν υπεραλίευση και έχουν υποστεί εξάντληση των φυσικών τους πόρων. Τρία είναι κυρίως τα επίπεδα στα οποία παραδοσιακά εστιάζεται το ενδιαφέρον των Επιστημόνων που ασχολούνται με τη Θαλάσσια Βιοποικιλότητα: το επίπεδο του γονιδίου, το επίπεδο του είδους και το επίπεδο της κοινωνίας/οικοσυστήματος.

Ο Sanders το 1968 έκανε δύο βασικές παρατηρήσεις σύμφωνα με τις οποίες η θαλάσσια βιοποικιλότητα ακολουθώντας το χερσαίο πρότυπο παρουσιάζει μια αυξητική τάση από τους πόλους προς τους τροπικούς σε αριθμούς ειδών, ενώ παράλληλα η ποικιλότητα της βενθικής πανίδας αυξάνει με το βάθος (μέχρι το βάθος

των 2000m). Σύμφωνα με τον Gray (1997) είναι πιθανό να υπάρχει πρότυπο κατανομής της βιοποικιλότητας σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος.

Σύμφωνα με την εκ νέου εξέταση των πανιδικών δεδομένων του Sanders από τον Gray (2001), αλλά και από άλλες μελέτες (Coleman et al. ,1978: Gray, 1994) τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα δεν δείχνουν μια ξεκάθαρη αυξητική μεταβολή της αφθονίας των ειδών από τα ρηχά νερά στην βαθιά θάλασσα. Δυνητικά συγκρίσιμες περιοχές μαλακού υποστρώματος τόσο από βενθικά παράκτια περιβάλλοντα όσο και από περιβάλλοντα βαθιάς θάλασσας καταδεικνύουν παρόμοιους αριθμούς ειδών (Gray, 2001).

Για την επεξήγηση των παραπάνω προτύπων έχουν προταθεί διάφοροι μηχανισμοί οι κυριότεροι από τους οποίους είναι: οι βιολογικές αλληλεπιδράσεις, η σχέση περιοχής- ενέργειας-παραγωγικότητας, το εύρος των ειδών ή κανόνας του Rapoport, η υπόθεση του τυχαίου περιοριστικού ορίου, καθώς και ιστορικοί (εξελικτικοί) παράγοντες όπως η γενετική και οικολογική παρέκκλιση (Hubbell, 2001).

Η συμβολή των μηχανισμών αυτών έχει διερευνηθεί αναλυτικά σε αρκετά συγγράμματα (Stevens, 1989: Lamshead, 1993: Rosenzweig, 1995: Crame, 2000: Gray, 2001,1994).

### **1.1.1. Σχέση βιοποικιλότητας και βένθους**

Οι βενθικοί οργανισμοί ζουν πάνω ή μέσα στο υπόστρωμα του βυθού. Μερικοί είναι εδραιωμένοι πάνω του, ενώ άλλοι μετακινούνται. Χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το βάθος που ζουν σε διαπαραλιακούς, υποπαραλιακούς ή υποπαράλιους. Οι κοινότητες των βενθικών οργανισμών ανάλογα με το είδος του υποστρώματος στο οποίο κατοικούν χωρίζονται σε κοινότητες σκληρού (βραχώδεις

περιοχές, κοραλλιογενείς ύφαλοι) και κινητού υποστρώματος (άμμος, λάσπη, εκβολές ποταμών)

Η δια- και ένδο- ειδική ισορροπία κάθε βιοκοινότητας επηρεάζεται σε διαφορετικό βαθμό από τις περιβαλλοντικές και βιολογικές μεταβλητές. Οι κύριες αλλαγές προέρχονται από την επιρροή τοπικών, παρά μεγάλης γεωγραφικής κλίμακας γεγονότων (Turner et al., 1995). Γενικά, η κοινοτική δομή και λειτουργία υπαγορεύονται περισσότερο από τους φυσικούς παράγοντες απ' ό,τι από τις βιολογικές αλληλεπιδράσεις, όπως ο ανταγωνισμός (Brown et al., 2000).

Οι οργανισμοί που ζουν μέσα στο ιζήμα αντιμετωπίζουν αρκετά προβλήματα που σχετίζονται κυρίως με την διαθεσιμότητα του οξυγόνου, την μετακίνηση των οργανισμών μέσα σε αυτό και την τροφοληψία. Η πυκνότητα και η βιομάζα της μακροπανίδας συσχετίζονται με τη ροή απόθεσης του οργανικού υλικού, ενώ η σύνθεση της βιοκοινωνίας και η κάθετη διανομή της επηρεάζονται, και είναι ενδεικτικές, για το τρέχον καθεστώς ροής, την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα τροφής (Flach et al., 2002).

Επειδή κάτω από την επιφάνεια του ιζήματος δεν υπάρχει φως και επομένως δεν γίνεται φωτοσύνθεση, η ενδοπανίδα βασίζεται στην κυκλοφορία του νερού διαμέσου του ιζήματος, για να δεσμεύσει το απαραίτητο οξυγόνο, καθώς το περισσότερο καταναλώνεται από τους αποικοδομητές. Για τον λόγο αυτό η ενδοπανίδα έχει αναπτύξει προσαρμογές για την αντιμετώπιση της περιορισμένης διαθεσιμότητας του οξυγόνου. Πολλοί οργανισμοί ξεπερνούν το παραπάνω πρόβλημα αντλώντας πλούσιο σε οξυγόνο νερό από την επιφάνεια του ιζήματος με σίφωνες ή μέσα από τις τρύπες που έχουν ανοίξει. Άλλοι που ζουν εντελώς βυθισμένοι μέσα στο ιζήμα έχουν ειδικές αιμοσφαιρίνες ή άλλες προσαρμογές που τους επιτρέπουν να δεσμεύουν ακόμα και την πιο μικρή ποσότητα οξυγόνου από το νερό που κυκλοφορεί

ανάμεσα στους κόκκους του ιζήματος. Κάποιοι είναι βραδυκίνητοι για να μειώνουν την κατανάλωση οξυγόνου και ίσως έχουν και μια περιορισμένη ικανότητα για αναερόβια αναπνοή. Τέλος, λίγα ζώα συμβιώνουν με βακτήρια τα οποία τα βοηθούν να ζουν σε ιζήματα με πολύ μικρή διαθεσιμότητα οξυγόνου (Castro & Huber, 1999).

Σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι βενθικοί οργανισμοί είναι η τροφοληψία. Εξαιτίας της απουσίας μεγάλων φυτών, η πανίδα των ιζημάτων εξαρτάται απολύτως από τη οργανική ουσία που φθάνει στο θαλάσσιο πυθμένα. Η ποιότητα αλλά και η ποσότητα της οργανικής ουσίας ποικίλλει τόσο χωρικά όσο και εποχικά (Brown & McLachlan, 1990). Η κυριότερη πηγή τροφής των βενθικών οργανισμών είναι τα οργανικά θρύμματα (αποικοδομητές και νεκρή οργανική ύλη μαζί). Τα διάτομα σχηματίζουν στην επιφάνεια του ιζήματος στρώσεις οι οποίες μπορεί να είναι πολύ παραγωγικές, ενώ το πλαγκτόν το οποίο μεταφέρεται με τις παλίρροιες, έχει μικρή συνεισφορά στην παροχή τροφής. Γι' αυτό οι οργανισμοί του ιζήματος είναι κυρίως ιζηματοφάγοι. Ένας αριθμός ζώων προσλαμβάνει τα θρύμματα τη στιγμή που αυτά πέφτουν στο βυθό και έτσι βρίσκεται στα όρια της διηθηματοφαγίας και της ιζηματοφαγίας. Ορισμένοι Πολύχαιτοι έχουν μακριές, κολλώδεις κεραίες, που τις απλώνουν στο βυθό για να συγκεντρώσουν την τροφή τους, ενώ άλλοι παράγουν ένα βλενώδες υλικό που το χρησιμοποιούν αντί των κεραιών. Υπάρχουν τέλος και οι αιωρηματοφάγοι οργανισμοί οι οποίοι δεν περιμένουν να κατακαθίσουν τα οργανικά θρύμματα αλλά με ειδικές προσαρμογές κρατούν όρθιο το σώμα τους στο νερό και έτσι αιχμαλωτίζουν την τροφή τους. Τα κινητά υποστρώματα έχουν τους δικούς τους αντιπροσωπευτικούς θηρευτές. Ορισμένα Γαστερόποδα χώνονται επιφανειακά στα ιζήματα αναζητώντας Δίθυρα, τα οποία και τρώνε όταν βρουν κάποια τρύπα στο όστρακό τους. Σημαντικοί θηρευτές είναι και διάφορα είδη Πολυχαίτων (Castro & Huber, 1999).

Άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι οργανισμοί που ζουν στα ίζηματα είναι η μετακίνησή τους μέσα σε αυτό (Brown & McLachlan, 1990). Τα ζώα αυτά έχουν αναπτύξει μια ποικιλία μεθόδων για να σκάβουν στο ίζημα. Έτσι πολλά Δίθυρα εκμεταλλεύονται την ικανότητά τους να μεταβάλλουν το σχήμα του μυώδους ποδιού τους για να σκάψουν στο υπόστρωμα. Κάποια είδη Εχινοδέρμων εισέρχονται στο ίζημα με τα αγκάθια τους ή τους βαδιστικούς τους ποδίσκους, ενώ τα περισσότερα Καρκινοειδή που ζουν σε τέτοιου είδους υποστρώματα χρησιμοποιούν τα αρθρωτά εξαρτήματά τους. Τα Ολοθούρια από την άλλη πλευρά, χρησιμοποιούν την ίδια μέθοδο με τους Πολύχαιτους και τα Δίθυρα, μόνο που αντί να μετατοπίζουν το ίζημα το τρώνε, δηλαδή πέπτουν την οργανική ύλη και αποβάλλουν το ίζημα από την έδρα τους (Castro & Huber, 1999).

Η βενθική μακροπανίδα παίζει ουσιαστικό ρόλο στις διαδικασίες του οικοσυστήματος όπως η ανακύκλωση των θρεπτικών και ο μεταβολισμός των ρυπογόνων ουσιών (Ellingsen, 2002). Η δραστηριότητά της μακροπανίδας μπορεί να αλλάξει εντελώς τη φύση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του πυθμένα και της στήλης του νερού, καθώς και τη γεωχημεία των ανώτερων στρωμάτων των ιζημάτων. Εκτός από την εκτέλεση των παραπάνω διαδικασιών, οι δραστηριότητες του συρσίματος και του θαψίματος της ενδοπανίδας διπλασιάζουν την περιοχή της διεπαφής του νερού με το ίζημα, τροποποιώντας ταυτόχρονα τη δομή και τη χημεία του ιζήματος (Reise, 2002). Οι βενθικοί οργανισμοί παρέχουν έναν από τους κύριους μηχανισμούς με τον οποίο το υλικό από την υδάτινη στήλη μεταφέρεται στο ίζημα, είτε άμεσα μέσω της δραστηριότητας της διατροφής τους, είτε έμμεσα από τις μεταβολές που προκαλούν στην βενθική τοπογραφία οι πολύπλοκες δομές των σωλήνων των Δακτυλιοσκόληκων και άλλων οργανισμών (Flach et al., 2002: Gray 2002).

Σε πολλές περιπτώσεις, ισχυρές αλληλεπιδράσεις κατευθύνουν βασικές οικολογικές διαδικασίες, διαδραματίζοντας ένα κύριο ρόλο στην διοχέτευση των διαθέσιμων πόρων. Τέτοιες αλληλεπιδράσεις δημιουργούνται από κάποια είδη, τα οποία μπορούν να τροποποιήσουν την τοπική ποικιλότητα μέσω έμμεσων αποτελεσμάτων, τα οποία είναι δυσανάλογα μεγάλα σε σχέση με την αφθονία τους (Piraino et al., 2002). Αυτά τα είδη ορίστηκαν από τους Mills et al. (1993) ως "τροποποιητές βιότοπων" (habitat modifiers), επειδή τροποποιούν τη χημική σύσταση και/ή τα φυσικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του περιβάλλοντός τους (π.χ. εμπλουτισμός ιζημάτων από ενδοπανιδικούς Δακτυλιοσκώληκες) (Levin et al., 1997).

### **1.1.2. Σημασία βιοποικιλότητας**

Από πολλούς δεν είναι αντιληπτοί οι λόγοι για τους οποίους η προστασία και διατήρηση της βιοποικιλότητας είναι ουσιώδους σημασίας για την ποιότητα της ζωής ακόμη και των ίδιων των ανθρώπων. Δεν καταλαβαίνουν πως γίνεται ο κίνδυνος αφανισμού ενός είδους μπορεί να επηρεάσει την δική τους καθημερινότητα, τόσο σε οικονομικό όσο και σε κοινωνικό-πολιτισμικό επίπεδο. Και όμως η απώλεια της βιοποικιλότητας σε ένα οικοσύστημα μπορεί να φέρει καταστροφικές συνέπειες εξαιτίας των πολύπλοκων τροφικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών και της επίδρασής τους με το περιβάλλον. Κάθε οργανισμός παίζει σημαντικό ρόλο στην ισορροπία του οικοσυστήματος στο οποίο ζει και στηρίζει τη βιωσιμότητα και άλλων μορφών ζωής. Κάθε αλλαγή που μπορεί να επηρεάσει ένα είδος είναι δυνατό να έχει επιπτώσεις σε ένα μεγάλο αριθμό αλληλοεξαρτώμενων οργανισμών. Τέλος τα οικοσυστήματα που χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλία ειδών, είναι περισσότερο παραγωγικά, εύρωστα και με μεγάλη ικανότητα φυσικής

προσαρμογής. Αυτά μπορούν να αποτελέσουν, και για τον άνθρωπο, μια φυσική ασπίδα προστασίας και ένα εργαλείο για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

Στις μέρες μας η βιοποικιλότητα μειώνεται με ταχύτατους ρυθμούς και οι υπηρεσίες των οικοσυστημάτων (παροχή νερού, εδάφους, τροφής) υποβαθμίζονται συνεχώς. Σύμφωνα με μελέτες, σήμερα οι ρυθμοί εξαφάνισης των ειδών είναι περίπου εκατό φορές υψηλότεροι και προβλέπεται ότι θα επιταχυνθούν περαιτέρω, με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος να σημειωθεί ένα νέο φαινόμενο <<μαζικής εξαφάνισης ειδών>>.

Οι κυριότερες ανθρωπογενούς προέλευσης απειλές για την βιοποικιλότητα είναι οι ακόλουθες :

- Η απώλεια, ο κατακερματισμός ή η μετατροπή ενδιαιτημάτων (άναρχη δόμηση και επέκταση της αγροτικής γης)
- Η υπερεκμετάλλευση φυσικών πόρων και ειδών (υπεραλίευση)
- Η ρύπανση
- Η εισαγωγή και εξάπλωση εισβαλώντων ειδών
- Η επιταχυνόμενη, εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας, κλιματική αλλαγή.

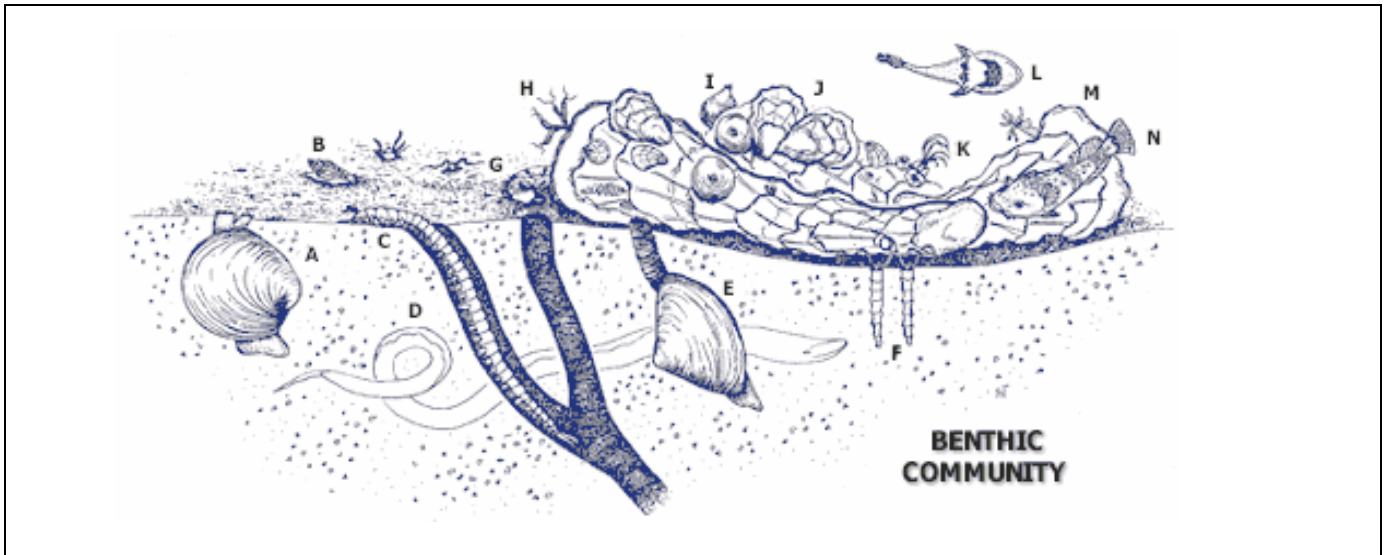
Χρειάζεται πλέον, μια πληρέστερη γνώση και κατανόηση της σημασίας της βιοποικιλότητας και της σημερινής κατάστασης, ένα δίκτυο προστατευόμενων περιοχών σε πλήρη λειτουργία, τόσο στο χερσαίο όσο και στο θαλάσσιο κομμάτι, η ενσωμάτωση της ανάγκης προστασίας και διατήρηση της βιοποικιλότητας σε όλες τις όλες τις συναφείς τομειακές πολιτικές, η επαρκής χρηματοδότηση, η ενημέρωση και ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης.



## 1.2. Βένθος

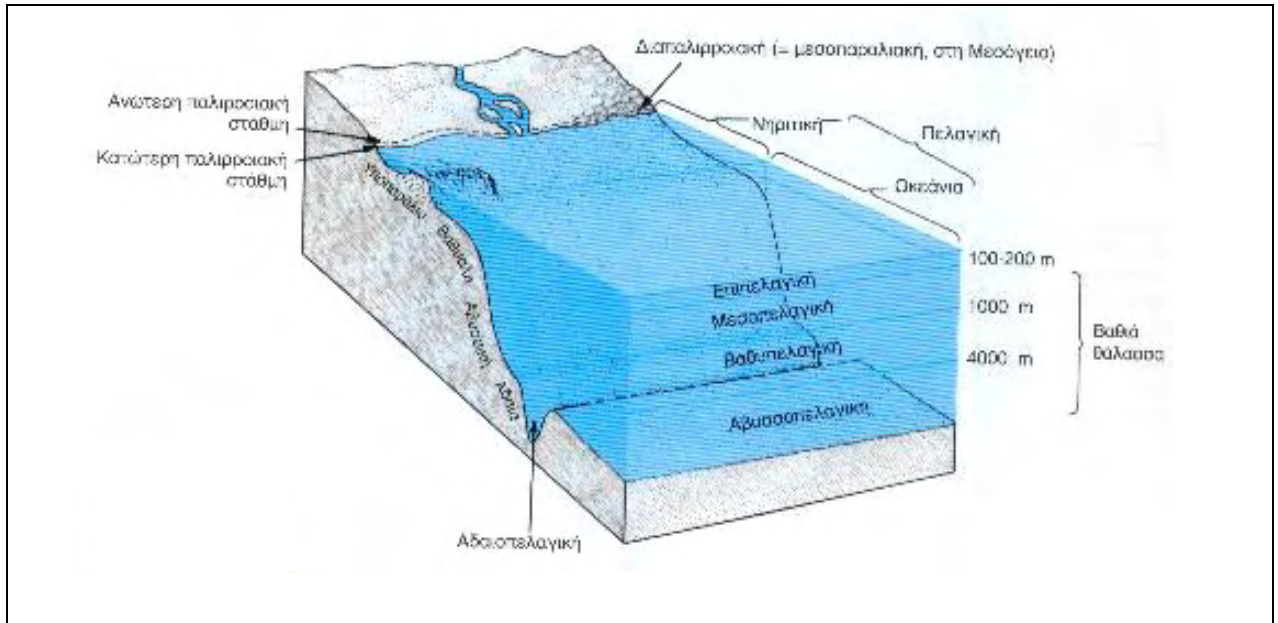
Σαν βένθος ορίζονται όλοι εκείνοι οι οργανισμοί που έχουν στενή εξάρτηση από το βυθό, ζουν και κινούνται επί, εντός ή πλησίον του βυθού. Η βενθική βιοκοινωνία αποτελείται από αντιπροσώπους όλων των τροφικών επιπέδων (βακτήρια, φυτά, σπόγγοι, ανεμώνες, καρκινοειδή, μαλάκια, ψάρια κλπ) και διακρίνεται σε φυτοβένθος και ζωοβένθος. Το φυτοβένθος εξαπλώνεται στην εύφωτη ζώνη, και περιλαμβάνει κυρίως πράσινα, καφέ και κόκκινα φύκη. Τα φύκη παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία μεγεθών και μορφών. Ανάλογα με το μέγεθος των οργανισμών που το αποτελούν, το ζωοβένθος διακρίνεται σε μακροβένθος (>1000μm), μειοβένθος (42-1000μm) και νανοβένθος ή μικροβένθος (<42μm). Ανάλογα με την διάρκεια ζωής τους διακρίνονται σε ετήσια (εφημεροφύκη, εκλειψιοφύκη, υπνοφύκη) και σε πολυετή (φανεροφύκη, χαμαιφύκη, ημιφανεροφύκη, ημικρυπτοφύκη). Πολλά βενθικά φύκη έχουν υψηλό ημερήσιο αναπτυξιακό ρυθμό, αποκτούν μεγάλη βιομάζα και μπορεί να καταλάβουν εκτεταμένες περιοχές σε σύντομο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα η βιομάζα του είδους *Laminaria saccharina* είναι δυνατό να φθάσει τα 24 kg/m<sup>2</sup>. Τέλος, ένας μεγάλος αριθμός διατόμων είναι βενθικά ή ζουν σαν επίφυτα πάνω σε άλλα φυτά.

Ανάλογα των σχέσεων τους με τον πυθμένα οι βενθικοί οργανισμοί διακρίνονται (Εικ 1) στην **επιπανίδα** (epifauna) που περιλαμβάνει τα είδη εκείνα που είναι προσηλωμένα πάνω στο υπόστρωμα ή κινούνται πάνω στην επιφάνειά του, και στην **ενδοπανίδα** (infauna) που περιλαμβάνει τους οργανισμούς που ζουν μέσα στο βυθό.



**Εικόνα 1.** Βενθική βιοκοινωνία (Chesapeake Bay, Η.Π.Α). **A.** Σκληρή γυαλιστερή αχιβάδα (*Mercenaria mercenaria*), **B.** Στρείδι του Ατλαντικού (*Urosalpinx cinerea*), **C.** Πολύχαιτος (*Nereis succinea*), **D.** Ρυγχόκουλο (*Micrura leidyi*), **E.** αμμοκοχύλι (*Mya arenaria*), **F.** Δακτυλιοσκώληκας (*Spiochaetopterus oculatus*), **G.** κάβουρας (*Panopeus herbstii*), **H.** Πολύχαιτος (*Polydora ligni*), **I.** Ασκίδιο (*Molgula manhattensis*), **J.** Στρείδι, **K.** Βάλανος (*Balanus eburneus*), **L.** Ιχθύς (skilletfish, *Gobiesox strumosus*), **M.** Στρείδι της Αμερικής (*Crassostrea virginica*), **N.** Ιχθύς (oyster toadfish, *Opsanus tau*). (πηγη: www.in.gr)

Το βένθος διακρίνεται επίσης σε δυο περιοχές: **φυτικό**, που χαρακτηρίζεται από την παρουσία φυτών και **αφυτικό**, στο οποίο απουσιάζουν τα φυτά γιατί στο βάθος αυτό δεν εισέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία. Βάση τοπογραφικών κριτηρίων (απόσταση από την ξηρά, βάθος νερού, σχέση με ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα) το βενθικό περιβάλλον διακρίνεται στη παλιρροιακή (ανώτερη και ενδιάμεση) ζώνη, στην υποπαράλια ή υποπαλιρροιακή ζώνη, την βαθύαλη, την αβυσσική και την αδαία ζώνη (Εικ 2), και το βένθος χαρακτηρίζεται σαν **επιβένθος** (οργανισμοί που ανευρίσκονται μεταξύ της κατώτερης παλιρροιακής στάθμης και βάθους 200 m), **μεσοβένθος** (200 – 1.000 m), **υποβένθος** (1.000 – 2.000 m) και **αβυσσοβένθος** (> 2.000 m).



**Εικόνα 2.** Υποδιαιρέσεις του θαλάσσιου περιβάλλοντος σύμφωνα με τοπογραφικά και οικολογικά κριτήρια (Κούκουρας, 1999).

### 1.2.1. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την εγκατάσταση και εδραίωση μιας βενθικής κοινότητας;

Οι παράγοντες που καθορίζουν την εγκατάσταση και εξέλιξη των βενθικών βιοκοινωνιών είναι αβιοτικοί και βιοτικοί.

Από τους αβιοτικούς παράγοντες οι κυριότεροι είναι η διαβροχή από το θαλασσινό νερό (για την διαπαλιρροιακή ζώνη), οι φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού και η φύση του υποστρώματος. Είναι γνωστό ότι παράγοντες όπως η ποσοτική και ποιοτική (μήκος κύματος) διείδυση της ηλιακής ακτινοβολίας, η θερμοκρασία, το διαλελυμένο οξυγόνο, η αλατότητα, οι θρεπτικές ουσίες κλπ., είναι σε γενικές γραμμές συνάρτηση του βάθους. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι η μορφή της βενθικής βιοκοινωνίας καθορίζεται μόνο από το βάθος του νερού, διότι ένας δεύτερος βασικός παράγοντας είναι ο εδαφικός, η φυσική και χημική δηλαδή φύση του υποστρώματος.

Διακρίνονται δύο κύριες κατηγορίες υποστρώματος: το σκληρό και το μαλακό. Σαν σκληρό υπόστρωμα χαρακτηρίζονται οι βράχοι (ιζηματογενούς

προέλευσης ή από αποσάθρωση), διάφοροι βενθικοί οργανισμοί (π.χ. κοράλλια, κοχύλια) καθώς και διάφορα έργα ανθρωπογενούς προέλευσης (τεχνητοί ύφαλοι, τεχνικά έργα, αποβάθρες, σκάφη, κλπ). Σαν μαλακό υπόστρωμα χαρακτηρίζεται εκείνο που τα υλικά του μπορούν να μετακινηθούν.

Οι βιοτικοί παράγοντες, δηλαδή οι παράγοντες που προέρχονται από τους ίδιους τους οργανισμούς, μπορούν να επηρεάσουν είτε την τιμή των αβιοτικών παραγόντων ή την ισορροπία της βιοκοινωνίας. Η εγκατάσταση π.χ. ενός πληθυσμού μπορεί να τροποποιήσει τη φύση του υποβάθρου και να επιφέρει αλλαγές στην ισορροπία της βιοκοινωνίας. Τα ασβεστολιθικά φύκη, τα ανθόζωα και τα βρυόζωα π.χ. μετατρέπουν το μαλακό υπόστρωμα σε σκληρό, ενώ το αντίθετο μπορεί να προκαλέσει η εγκατάσταση λιθοφάγων οργανισμών.

Τέλος άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την εγκατάσταση και σύσταση των βενθικών βιοκοινωνιών είναι τα ρεύματα βάθους, η έκχυση γλυκών νερών, και η ρύπανση των υδάτων.

### **1.2.2. Σχέσεις βενθικών οργανισμών – υποστρώματος**

Διακρίνονται 7 κύριες κατηγορίες:

Εδραίοι: Πρόκειται για οργανισμούς που είναι προσκολλημένοι μόνιμα πάνω στην επιφάνεια του υποστρώματος (Υδρόζωα, Σπόγγοι, Βρυόζωα, Ασκίδια, πολλά Γαστερόποδα, Πελεκύποδα, Θυσανόποδα και Πολύχαιτοι).

Περίστρεπτοι εδραίοι: Πρόκειται για προσκολλημένους οργανισμούς που σχηματίζουν ριζοειδείς σχηματισμούς πάνω στην επιφάνεια του υποστρώματος (μερικά Ακτίνια και Πολύχαιτοι).

Εδραίοι με περιορισμένη μετακίνηση: Πρόκειται για οργανισμούς που δεν ζουν προσκολλημένοι στο υπόστρωμα, αλλά εκτελούν περιορισμένες μετακινήσεις (τα περισσότερα Γαστερόποδα και Εχινόδερμα).

Οργανισμοί με δυνατότητα μετακίνησης: Καρκινοειδή, ιχθείς, μερικά Οπισθοβράγχια και Γαστερόποδα.

Οργανισμοί που διεισδύουν στο υπόστρωμα: Πολύχαιτοι, Εντερόπνευστα, Καρκινοειδή, Ελασματοβράγχια, Γαστερόποδα, Εχινόδερμα, Ολοθούρια, Σκαφόποδα).

Οργανισμοί που διαπερνούν το σκληρό υπόστρωμα: Σπόγγοι του γένους Cliona, ο Πολύχαιτος Polybra και πολλά Ελασμοβράγχια).

Ελεύθεροι: Δεν έχουν την δυνατότητα κίνησης και παρασύρονται από τα ρεύματα.

### **1.2.3. Βιοποικιλότητα ζωοβένθους**

Από τα 33 φύλα των παραζώων, τα 6 είναι αποκλειστικά βενθικά (Ποροφόρα, Γναθοστομοειδή, Γαστερότριχα, Θωρακοφόρα και Βραδυπόρα), ενώ 21 φύλα έχουν τουλάχιστο κάποιους αντιπροσώπους στις βενθικές βιοκοινωνίες.

### **1.2.4. Το βένθος ως αξιόπιστος δείκτης για το οικοσύστημα**

Η βενθική βιοκοινωνία αποτελείται από οργανισμούς που έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Έχουν περιορισμένη ικανότητα μετακίνησης και κατά συνέπεια μεγάλη δυνατότητα αποτύπωσης μη αναστρέψιμων αλλαγών του υδάτινου περιβάλλοντος,

- Ζουν μέσα στα ιζήματα και είναι εκτεθειμένοι σε περιβαλλοντικά δυσμενή ερεθίσματα (stressors), όπως χημικά κατάλοιπα και υποξικές συνθήκες (χαμηλά επίπεδα οξυγόνου),
- Ο χρόνος ζωής τους είναι αρκετά μεγάλος, έτσι ώστε να αποτυπωθούν πάνω τους οι επιπτώσεις των περιβαλλοντικά δυσμενών ερεθισμάτων,
- Οι συναθροίσεις που σχηματίζουν εμφανίζουν μεγάλη βιοποικιλότητα και κατά συνέπεια δυνατότητα απόκρισης σε διαφορετικούς τύπους καταπόνησης (stress).

### 1.2.5. Μέθοδοι δειγματοληψίας και μελέτης

Για την μελέτη των βενθικών οργανισμών χρησιμοποιούνται, ανάλογα με τον τύπο του υποστρώματος, δυο μεγάλες κατηγορίες οργάνων:

- (α) Δειγματολήπτες μαλακών υποστρωμάτων (π.χ. Van Veen), και
- (β) Δράγες (για την συλλογή της επιφανίδας).

Επίσης μελέτη των βενθικών οργανισμών γίνεται με καταδύσεις η/και με τη χρήση βαθυσκάφους.

### 1.3. Βαρέα Μέταλλα

Τα βαρέα μέταλλα μπορούν να συμμετέχουν σαν κύρια στοιχεία ή ιχνοστοιχεία στη δομή πυριτικών ή άλλων βαρέων ορυκτών των ιζημάτων. Σε παράκτια ιζήματα, γενικότερα είναι συνηθισμένη η παρουσία ανθεκτικών ορυκτολογικών φάσεων και κρίνονται σε θέματα ρύπανσης και βιοσυσσώρευσης, γεωχημικά αδρανή (Wedepohl, 1978). Είναι πιθανόν να βρίσκονται προσροφημένα σε λεπτοκοκκώδη ιζήματα με μεγάλη ενεργή επιφάνεια τα οποία έχουν την δυνατότητα να προσροφούν κατιόντα μετάλλων από το νερό απελευθερώνοντας άλλα κατιόντα μέσω μηχανισμών ιοντοανταλλαγής (Fostner & Wittmann, 1983), ενώ η

σειρά ικανότητας προσρόφησης είναι  $MnO_2 >$  χουμικά οξέα  $>$  οξείδια του σιδήρου  $>$  αργιλικά ορυκτά (Guy & Chakrabati, 1975).

Στα οξυγονωμένα συστήματα, τα υδροξείδια του σιδήρου και του μαγγανίου μπορούν να αποτελέσουν ουσιαστικό μέσο καταβύθισης βαρέων μετάλλων ( μέσω των μηχανισμών συγκαθίζησης) (Lee, 1975). Οι οργανικές ενώσεις και οι οργανικές επικαλύψεις των αργιλικών ορυκτών αποτελούν παράγοντες ενεργής δέσμευσης βαρέων μετάλλων και προκαλούν υπερκάλυψη της δράσης άλλων παραγόντων (Jonasson, 1977).

Η αποδέσμευση των βαρέων μετάλλων από τις διάφορες φάσεις του ιζήματος καθώς επίσης και η είσοδός τους σε διαλυτή μορφή στη θαλάσσια στήλη έχει επιβλαβείς συνέπειες για το υδρόβιο οικοσύστημα. Αυτή η επαναδιαλυτοποίηση προκαλείται από χημικές αλλαγές στο νερό, από φυσικές διεργασίες και από τη διάχυση. Οι παραπάνω διεργασίες εντείνονται από την δράση των κυμάτων, τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα, τις παλίρροιες και τα ρεύματα που προκαλούν επαναίρωση του ιζήματος και ανάμειξη του νερού και των πόρων με τη θαλάσσια μάζα (Burgess & Scott, 1992).

#### **1.4. Σκοπός της έρευνας**

Αντικείμενο της έρευνας ήταν η μελέτη της βιοποικιλότητας των βενθικών κοινοτήτων του Παγασητικού κόλπου. Σκοπός της ήταν η συμβολή στη γνώση της συστηματικής και της οικολογίας των κοινοτήτων αυτών. Ως εκ τούτου, πέρα από την ποσοτική εκτίμηση και σύνθεση των βενθικών κοινοτήτων, στόχος της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί ο εντοπισμός των κυριότερων βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων που καθορίζουν τη δομή των βενθικών κοινοτήτων, καθώς επίσης και η

γνώση των βιοτικών αλληλεπιδράσεων των κοινοτήτων αυτών σε σχέση με τα βαριά μέταλλα στην περιοχή του Παγασητικού κόλπου.



## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1. Περιοχή έρευνας

Για την υλοποίηση του σκοπού της παρούσας εργασίας επιλέχτηκε ως περιοχή έρευνας ο Παγασητικός κόλπος. Ο Παγασητικός κόλπος χαρακτηρίζεται σχετικά αβαθής και ημίκλειστος κόλπος, με επιφάνεια  $520 \text{ km}^2$  και μέσο όγκο  $36 \text{ km}^3$  ενώ εμφανίζει το μέγιστο βάθος στα  $102 \text{ m}$ . Η ακτογραμμή του παρουσιάζει πολλές εγκολπώσεις, οι μεγαλύτερες από τις οποίες σχηματίζουν τους όρμους του Βόλου και του Αλμυρού. Στο δυτικό και στο βόρειο τμήμα του Παγασητικού κόλπου εκβάλλουν μικρά ποτάμια και χείμαρροι, τα οποία εξομαλύνουν το ανάγλυφο της ξηράς. Γεωμορφολογικά, το μέγιστο βάθος του, παρατηρείται στον ανατολικό κόλπο σε μια περιοχή που έχει σχήμα λεκάνης με έντονο ανάγλυφο. Στο δυτικό και βόρειο τμήμα του κόλπου, ο πυθμένας παρουσιάζει ομαλή κλίση, ενώ στην ανατολική ακτή του το ανάγλυφο εμφανίζεται απότομο (Ψοχιού 2003). Η σχέση διαστρωμάτωσης βάθους-έκτασης είναι από  $0\text{-}50 \text{ m}$  βάθος,  $197,8 \text{ km}^2$  έκταση ζώνης και από  $50\text{-}100 \text{ m}$  βάθος  $474,8 \text{ km}^2$  έκταση ζώνης (Οικονόμου 2006). Ο κόλπος χωρίζεται στην ανατολική λεκάνη που έχει βάθος μεγαλύτερο από  $80\text{m}$  και πυθμένα που καλύπτεται με ιζήματα πλούσια σε ίλυ και φτωχά σε άργιλο και στη δυτική λεκάνη η οποία έχει βάθος μικρότερο από  $80\text{m}$  και πυθμένα ο οποίος καλύπτεται από αμμώδες υλικό χερσαίας και βιολογικής προέλευσης (Perissoratis *et.al* 1998). Το πλάτος του διαύλου είναι  $6,37 \text{ km}^2$ . Η πόλη του Βόλου απέχει περίπου  $36 \text{ km}^2$  (Εικ 2.1).



**Εικόνα 2.1 :** Χάρτης της περιοχής έρευνας (www.in.gr)

Ο κόλπος συγκεντρώνει περιμετρικά πλήθος αστικών, βιομηχανικών, αγροτικών και τουριστικών δραστηριοτήτων. Στο Βόρειο τμήμα του βρίσκεται το λιμάνι και η βιομηχανική πόλη του Βόλου. Το αστικό συγκρότημα του Βόλου, η βιομηχανική περιοχή, οι κωμοπόλεις και οι κοινότητες στην περίμετρο του κόλπου εξαρτώνται άμεσα από το θαλάσσιο χώρο (αλιεία, τουρισμός, θαλάσσιες μεταφορές). Ο κόλπος αποτελεί τον αποδέκτη αστικών λυμάτων, βιομηχανικών και γεωργικών αποβλήτων από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή (Εικ. 2.2).



**Εικόνα 2.2** Γεωγραφικός χάρτης Παγασητικού Κόλπου – Ακριβής περιοχή έρευνας([www.Google.map.gr](http://www.Google.map.gr)) .

## 2.2. Σταθμοί και μέθοδοι δειγματοληψίας

Κατά την διάρκεια του 2007 πραγματοποιήθηκαν στον Παγασητικό κόλπο δειγματοληψίες φυσικών (θερμοκρασία, βάθος, αλατότητα), χημικών (βαρέα μέταλλα) και βιολογικών χαρακτηριστικών (βένθος) στην υδάτινη στήλη και στο ίζημα σε επιλεγόμενα δίκτυα σταθμών τα οποία κάλυπταν όλη την περιοχή του κόλπου. Οι σταθμοί οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την συλλογή των φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Η περιοχή έρευνας του Παγασητικού κόλπου για την καλύτερη κατανόησή της και την καλύτερη μελέτη της τόσο για τους βενθικούς οργανισμούς όσο και για τα ιζήματα διαιρέθηκε σε 5 επιμέρους περιοχές. Στις περιοχές αυτές τοποθετήθηκαν 12 σταθμοί και πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις στον κάθε σταθμό για πιο αξιόπιστη

μελέτη και έρευνα. Οι επιμέρους περιοχές αυτές είναι η Αμαλιάπολη, ο Αλμυρός, το Στόμιο Παγασητικού, το Χόρτο και η ΑΓΕΤ. Οι σταθμοί δειγματοληψίας του πειράματος αναφέρονται στον παρακάτω Πίνακα 1.

**Πίνακας 1.** Περιοχές δειγματοληψίας

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΣΤΙΓΜΑ	ΣΤΙΓΜΑ
1	ΑΜΑΛΙΑΠΟΛΗ	24/4	9:13	39 <sup>0</sup> .10.174N	022 <sup>0</sup> 55.522E
2	ΑΜΑΛΙΑΠΟΛΗ	24/4	10:00	39 <sup>0</sup> .09.788N	022 <sup>0</sup> 54.449E
3	ΑΜΑΛΙΑΠΟΛΗ	24/4	10:35	39 <sup>0</sup> .09.793N	022 <sup>0</sup> 54.283E
4	ΑΛΜΥΡΟΣ	24/4	11:18	39 <sup>0</sup> .11.353N	022 <sup>0</sup> 51.823E
5	ΑΛΜΥΡΟΣ	24/4	11:53	39 <sup>0</sup> .10.133N	022 <sup>0</sup> 51.323E
6	ΣΤΟΜΙΟ ΚΟΛΠΟΥ(ΦΑΡΟΣ)	24/4	14:00	39 <sup>0</sup> .05.737N	023 <sup>0</sup> 02.281E
7	ΧΟΡΤΟ	25/4	9:55	39 <sup>0</sup> .14.086N	023 <sup>0</sup> 10.364E
8	ΧΟΡΤΟ	25/4	11:30	39 <sup>0</sup> .14.096N	023 <sup>0</sup> 10.567E
9	ΧΟΡΤΟ	25/4	12:00	39 <sup>0</sup> .14.165N	023 <sup>0</sup> 10.670E
10	ΑΓΕΤ	25/5	11:30	39 <sup>0</sup> .08.190N	023 <sup>0</sup> 01.882 <sup>E</sup>
11	ΑΓΕΤ	25/5	12:00	39 <sup>0</sup> .20.989N	022 <sup>0</sup> 59.406E
12	ΑΓΕΤ	25/5	12:25	39 <sup>0</sup> .21.039N	022 <sup>0</sup> 59.412E

Σε κάθε ένα από τους 12 σταθμούς της δειγματοληψίας παράλληλα με τα δείγματα του βένθους, πάρθηκαν και δείγματα για τη μέτρηση του ιζήματος και τη μέτρηση *in situ* των κυριότερων αβιοτικών παραμέτρων της υδάτινης στήλης (θερμοκρασία και αλατότητα αναλογικά με το βάθος) με τη χρήση αυτογραφικού καταγραφικού οργάνου (CTD) της εταιρείας SEA Bird (Εικ. 2.3).

Η συλλογή του δείγματος του βένθους, πραγματοποιήθηκε με δειγματολήπτη βυθού van Veen 0,1 m<sup>2</sup>. Αυτός ο δειγματολήπτης βένθους είναι κατασκευασμένος από ασάλι για να μπορεί να λαμβάνει δείγματα από κάθε επιθυμητό βάθος. Κατά την

πόνησή του ο δειγματολήπτης παραμένει ανοικτός και μόλις έρχεται σε επαφή με το βυθό τότε ενεργοποιείται ο μηχανισμός κλεισίματος και συλλογής – συγκράτησης του δείγματος. Τα δείγματα κατέφθασαν στο εργαστήριο βενθικών και ασπόνδυλων του τμήματος γεωπονίας, ιχθυολογίας και υδάτινου περιβάλλοντος, όπου έγινε ένας πρώτος διαχωρισμός σε ιζήματα και σε μέταλλα. Τα ιζήματα χωρίστηκαν σε 12 κατηγορίες από τους 12 σταθμούς από τους οποίους έγιναν οι δειγματοληψίες. Σε κάθε σταθμό αναλογούν 3 δείγματα (3 επαναλήψεις σε κάθε σταθμό). Το ίδιο πραγματοποιήθηκε και για τα μέταλλα.



**Εικόνα 2.3:** Συσκευή συνεχούς καταγραφής αβιοτικών παραμέτρων της υδάτινης στήλης (CTD). (πηγή: Α. Λόλας).

### 2.2.1. Θερμοκρασία- Αλατότητα

Η θερμοκρασία του ιζήματος μετρήθηκε χρησιμοποιώντας θερμόμετρο (ακρίβειας 0.1 °C) το οποίο εισαγόταν σε βάθος 5 cm από την επιφάνεια του ιζήματος του δείγματος αμέσως μόλις ο δειγματολήπτης έφθανε στο κατάστρωμα του σκάφους ώστε να προληφθεί αλλαγή της θερμοκρασίας του ιζήματος από την επαφή με τον αέρα.

Η μέτρηση του οξειδοαναγωγικού δυναμικού (Redox) έγινε σε σχετικά αδιατάρακτα δείγματα ιζήματος των σταθμών εισάγοντας ένα ηλεκτρόδιο στην επιφάνεια του ιζήματος. Το ηλεκτρόδιο υποβαλλόταν σε διαδικασία σταθεροποίησης (standardization) με διάλυμα Zobell (1946) μεταξύ δυο σταθμών. Το οξειδοαναγωγικό δυναμικό δίνει μια έμμεση ένδειξη των συνθηκών αναγωγής στο ίζημα (δηλαδή της οξυγόνωσης ή του οργανικού φορτίου του ιζήματος) (Pearson & Stanley 1979). Χαμηλές τιμές Redox συνήθως σημαίνουν χαμηλά επίπεδα οξυγόνου που συνοδεύονται κατά κανόνα από παρουσία υδροθείου και άλλων ενώσεων του θείου (θειούχες, θειϊκές), οι οποίες προέρχονται από την αποικοδόμηση των πρωτεϊνών.

Για τις αναλύσεις χλωροπλαστικών χρωστικών, σωματιδιακού οργανικού άνθρακα και ATP στα επιφανειακά ιζήματα ελήφθησαν υπο-δείγματα σε βάθος 0-2 cm από την επιφάνεια του ιζήματος με μικρούς πυρηνολήπτες (εσωτερικής διαμέτρου 2 cm). Τα δείγματα αυτά αποθηκεύτηκαν σε καταψύκτη στους -22°C για να αποφευχθεί η αλλοίωση τους μέχρι την ανάλυση. Επιπλέον, τα δείγματα των χλωροπλαστικών χρωστικών φυλάχθηκαν σε αδιαφανή δοχεία για να αποφευχθεί η αλλοίωση λόγω ακτινοβολίας. Σε αυτή τη μελέτη παρουσιάζονται τα δεδομένα που προήλθαν από το επιφανειακό στρώμα των 0-2 cm ιζήματος.



## 2.2.2. Βένθος

### α) Στερέωση και συγκέντρωση υλικού

Για το διαχωρισμό ιζήματος-μακροπανίδας χρησιμοποιήθηκε κόσκινο ανοίγματος 0,5 μm. Μετά το κοσκίνισμα, τα δείγματα (με τα αδρότερα μέρη του ιζήματος και την πανίδα) τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία και συντηρήθηκαν με διάλυμα ρυθμισμένης φορμόλης 10% (buffered formalin). Το συγκεκριμένο συντηρητικό και η συγκέντρωση συνιστώνται από πολλούς ερευνητές (Fauchald 1977, Eleftheriou & Holme *et al.* 1984) για στερέωση των ιστών στους περισσότερους οργανισμούς. Η αραίωση έγινε με θαλασσινό νερό.

Τα δείγματα παρέμεναν για 48h σε διάλυμα rose Bengal ώστε να χρωσθούν εκλεκτικά οι ζωντανοί ιστοί και να διευκολυνθεί έτσι το στάδιο της διαλογής (sorting) των οργανισμών. Στη συνέχεια γινόταν έκπλυση των δειγμάτων με νερό σε κόσκινο 0.5 μm και χωρισμός σε δυο μέρη με ανάδευση σε νερό και κοσκίνισμα του υπερκείμενου: ένα με το ελαφρύτερο κλάσμα (που περιείχε κυρίως καρκινοειδή και μικρά άτομα πολυχαίτων) και ένα με το βαρύτερο κλάσμα (που περιείχε τα μεγαλύτερα ζώα και όλο σχεδόν το ίζημα). Ακολουθούσε αναλυτική διαλογή (sorting) με τη βοήθεια στερεοσκοπίου που επαναλαμβανόταν όσες φορές χρειαζόταν ώστε να εξαχθούν όλα τα άτομα (2-3 φορές). Κατά τη διαδικασία της διαλογής (sorting), οι ζωντανοί οργανισμοί διακρίθηκαν σε έξι ομάδες: πολύχαιτα, μαλάκια, εχινόδερμα, σιπουνκουλοειδή, καρκινοειδή και μια τελευταία ομάδα η οποία περιελάμβανε το ζωντανό υλικό το οποίο δεν ήταν δυνατόν να ταξινομηθεί σε κάποια από τις υπόλοιπες ομάδες όπως νύμφες ψαριών ή φυτικό υλικό.

Για τα δείγματα που περιείχαν μεγάλη ποσότητα ασβεστολιθικού υλικού (κελύφη νεκρών γαστεροπόδων και σκαφοπόδων, θαλλοί ασβεστοφυκών μ.λπ.), το υλικό

αυτό ξεχωριζόταν και διαλυόταν με HCl για την ανεύρεση οργανισμών που πιθανόν να το χρησιμοποιούσαν ως καταφύγιο.

## **β) Μέθοδοι προσδιορισμού και ταξινόμησης**

Ο προσδιορισμός των ειδών βασίστηκε στα μορφολογικά χαρακτηριστικά του οστράκου (ανάγλυφο, αξονικές πτυχώσεις, ακτινωτές γραμμές, δόντια, μανδουακό αποτύπωμα, αποτυπώματα μυών, πρωτοκόγχη, επίπωμα, σπειροειδείς γραμμές, φύματα, αγκάθια, ομφαλός, ανάγλυφο πλακών, ύπαρξη θυσάνων ή όχι, θέση φύματος κ.ά.) για τα είδη των μαλακίων που διαθέτουν όστρακο (δίθυρα, σκαφόποδα και τα περισσότερα γαστερόποδα) και στα μορφολογικά χαρακτηριστικά του σώματος του ζώου (ξύστρο, αναπαραγωγικό σύστημα) για τα είδη των μαλακίων που δε διαθέτουν όστρακο (π.χ. Γυμνοβράγχια).

Το υλικό ταξινομήθηκε μέχρι το επίπεδο του είδους, χρησιμοποιώντας στερεοσκόπιο, και στη συνέχεια μετρήθηκε. Όπου δεν ήταν δυνατόν να γίνει αναγνώριση μέχρι το επίπεδο του είδους, λόγω καταστροφής του υλικού, η αναγνώριση έφτασε μέχρι το επίπεδο γένους. Η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την ταξινόμηση περιελάμβανε σειρά εργασιών και βιβλίων όπως των Parenzan (1970, 1974, 1976), Marcus (1972), Tebble (1976), Nordsieck (1977), Aartsen (1981, 1987, 1988), Aartsen *et al.* (1984), Ghisotti (1987), Tornaritis (1987), Sleurs (1989), Tenekidis (1989), Poppe & Gotto (1991, 1993). Η ταξινόμηση έγινε σύμφωνα με τους Sabelli *et al.* (1990).

## **γ) Στατιστική ανάλυση**

Αφού ολοκληρώθηκε η ταξινόμηση του υλικού των μαλακίων μέχρι το επίπεδο του είδους, καθώς και η μέτρηση αυτών τα δεδομένα αναλύθηκαν ως προς



την σύσταση των ειδών, την πυκνότητα (αριθμός ατόμων / m<sup>2</sup>), την ποικιλότητα και την ομοιομορφία διανομής των ατόμων στα δείγματα.

Οι βιολογικοί δείκτες οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω:

Δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener (Shannon & Wiener 1949),  $H' = -\sum p_i \log_2 p_i$  όπου  $p_i$  η σχετική αφθονία ενός είδους ( $i$ ) στο δείγμα. Ο δείκτης αυτός εκφράζει τόσο τον αριθμό των ειδών όσο και το βαθμό της ομοιομορφίας της κατανομής των ατόμων στα διάφορα είδη.

Δείκτης Margalef (Magurran, 1998)  $d = S - 1 / \log N$  όπου  $S$  ο αριθμός των ειδών και  $N$  ο συνολικός αριθμός των ατόμων του δείγματος. Ο δείκτης αυτός εκφράζει τον αριθμό των ειδών σε έναν ορισμένο αριθμό ατόμων

Δείκτης ομοιόμορφης διανομής Pielou (Pielou, 1969)  $J' = H' / \log(S)$  όπου  $H'$  είναι ο δείκτης Shannon-Wiener και  $S$  ο αριθμός των ειδών που βρίσκονται σε κάθε δείγμα. Ο δείκτης αυτός εκφράζει το βαθμό ομοιομορφίας της κατανομής των ατόμων στα διάφορα είδη.

#### δ) Cluster & MDS

Για την διερεύνηση ομοιοτήτων ανάμεσα στα δείγματα όσο αναφορά την πανίδα των μαλακίων εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι της Cluster analysis χρησιμοποιώντας την τεχνική group average linkage και της μη παραμετρικής MDS τεχνικής (Kruskal & Wallis, 1978). Για την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων τα δεδομένα της μαλακοπανίδας μετασχηματίστηκαν στην τέταρτη ρίζα ( $\sqrt[4]{y}$ ) και χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Bray-Curtis

Δείκτης ομοιότητας Bray-Curtis

$$S_{jk} = 100 \left[ \frac{\sum_{i=1}^m \min(y_{ij}, y_{ik})}{\sum_{i=1}^m (y_{ij} + y_{ik})} \right] \text{ ή } C_z = \frac{2W}{A+B}$$

**Όπου:** A είναι το άθροισμα των αφθονιών των ειδών στο δείγμα A,

B είναι το άθροισμα των αφθονιών των ειδών στο δείγμα B και

W είναι το άθροισμα των των ελάχιστων αφθονιών των κοινών ειδών και στα δύο δείγματα.

Για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν διαφορές στατιστικώς σημαντικές ανάμεσα στις ομάδες που προκύπτουν από την μέθοδο Cluster εφαρμόστηκε το ANOSIM test σύμφωνα με τους Clarke & Green (1988).

### **ε) Σχέσεις βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων**

Για να διαπιστωθεί ποιες από τις αβιοτικές παραμέτρους συσχετίζονται καλύτερα με το πολυμεταβλητό πρότυπο διανομής των μαλακίων της περιοχής του Παγασητικού κόλπου εξετάστηκε ο αρμονικός συντελεστής συσχέτισης σύμφωνα με τους Clarke & Ainsworth (1993).

### **2.2.3. Ίζηματα**

Για την ανάλυση της κοκκομετρικής σύστασης του ιζήματος ελήφθησαν 50-100 g αυτού, με τη χρήση πυρηνολήπτη (corer) εσωτερικής διαμέτρου 4.3 cm, που διατηρήθηκαν στην κατάψυξη (-22°C). Η κοκκομετρική ανάλυση του ιζήματος πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την τεχνική που περιγράφεται από τον Buchanan (1984). Η ανάλυση περιελάμβανε υγρό κοσκίνισμα με απιονισμένο νερό σε κόσκινο 63 μm για το διαχωρισμό του κλάσματος της άμμου (και των αδρότερων κλασμάτων) από αυτό της ιλύος και της αργίλου. Στη συνέχεια το μεν αδρό κλάσμα ξηράνθηκε και κοσκινίστηκε από μια σειρά κόσκινα από -2φ (4 mm) έως 4φ (63 μm) ανά 0.5φ (όπου φ ο αρνητικός λογάριθμος της διαμέτρου με βάση το 2). Σύμφωνα με την King (1972) το διάστημα 0.5φ είναι ικανοποιητικό, ενώ μεγαλύτερα διαστήματα ενδεχομένως παράγουν εσφαλμένα αποτελέσματα. Τα μέρη του ιζήματος που

συγκρατούνταν σε κάθε κόσκινο ζυγίζονταν, ενώ το λεπτότερο κλάσμα (με διάμετρο μικρότερη από 63  $\mu\text{m}$ ) υποβλήθηκε σε ανάλυση σύμφωνα με τη μέθοδο της πιπέτας.

Η μέθοδος αυτή, που στηρίζεται στο νόμο του Stokes, περιλαμβάνει λήψη 20 ml από αιώρημα του ιλυώδους κλάσματος (ευρισκόμενου σε σταθερή θερμοκρασία) ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ξήρανση και ζύγιση.

Ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης-α και των φαιοχρωστικών (φαιοφυτίνη, φαιοφορβίνη) στο ίζημα δίνει μια καλή εκτίμηση της φυτικής βιομάζας και της γενικής παραγωγικότητας μιας περιοχής (Greiser & Faubel 1988). Η χλωροφύλλη-α είναι αρκετά ευαίσθητη και μετατρέπεται εύκολα σε φαιοχρωστικές ανάλογα με το φως και με τις αλλαγές του pH. Είναι φθορίζον μόριο και έτσι μπορεί να γίνει χρήση του φθορισμέτρου για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης της. Η μέθοδος του φθορισμού, εκτός του ότι είναι απλή στη χρήση, είναι και είκοσι φορές πιο ευαίσθητη από αυτή του φασματοφωτομέτρου, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η μέτρηση δειγμάτων μικρού όγκου. Τα δείγματα του ιζήματος, που διατηρήθηκαν σε αδιαφανή δοχεία σε θερμοκρασία  $-22^{\circ}\text{C}$ , ξηράθηκαν και ζυγίστηκαν πριν την ανάλυση η οποία βασίζεται σε μια τροποποίηση της τεχνικής των Strickland & Parsons (1972) και Parsons *et al.* (1984). Για την εξαγωγή των χρωστικών από το ίζημα χρησιμοποιήθηκε 90% διάλυμα ακετόνης εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη σταθερότητα της χλωροφύλλης απ' ότι η αιθανόλη και η μεθανόλη (Greiser & Faubel 1988). Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αυτή υπολογίστηκαν οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α και των φαιοχρωστικών σε mg ανά g ιζήματος.

#### 2.2.4. Βαρέα μέταλλα

Τα 12 δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές αριθμημένες σακούλες και μετά από ξήρανση στους 35°C για δύο μέρες, αποσβολώθηκαν σε αχάτινο γουδί. Στη συνέχεια κοσκινίστηκαν σε κόσκινο των 2 μm και το κλάσμα < 2 μm ομογενοποιήθηκε και κονιοποιήθηκε στα 100 μm. Η διαλυτοποίηση των δειγμάτων έγινε με την επίδραση μίγματος οξέων HClO<sub>4</sub>-HNO<sub>3</sub>-HCl-HF και αναλύθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία: Mo, Cu, Pd, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Fe, As, U, Au, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Cr, Mg, Ba, Ti, Al, Na, K, W, Zr, Sn, Y, Nb, Be, και Sc.

Οι παραπάνω αναλύσεις, πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια ACME, Analytical Laboratories Καναδά και χρησιμοποιήθηκε η Φασματοσκοπία Πλάσματος Αργού ως κύρια μέθοδος ανάλυσης.

Για τον έλεγχο της αναπαραγωγικότητας των αναλυτικών αποτελεσμάτων επιλέχθηκαν δύο τυχαία δείγματα από το σύνολο των 12 δειγμάτων και στη συνέχεια αναλύθηκαν δύο φορές. Η αναλυτική αυτή επαναληψιμότητα ήταν <10%. Απο τα στοιχεία που αναλύθηκαν το όριο ανιχνευσιμότητας υπερέβησαν τα ακόλουθα στοιχεία : Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, Fe, As, Th, Sr, V, Ca, P, La, Cr, Mg, Ba, Ti, Al, Na, K, Zr, Sn, Y, Nb, Be, Sc.

Η έρευνα επικεντρώθηκε κυρίως στα ακόλουθα χημικά στοιχεία As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, λόγω της δυνατότητας που έχουν σε υψηλές συγκεντρώσεις στα ιζήματα, να μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα τοξικότητας σε οργανισμούς που ζούν μέσα σε αυτά αλλά και στο θαλάσσιο περιβάλλον γενικότερα. Καθένα από τα δείγματα αυτά αναλύθηκαν με βάση το κριτήριο ποιότητας ERM-PEL (μέση τιμή επίδρασης / πιθανό επίπεδο επίδρασης) (Long 1995)

### **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

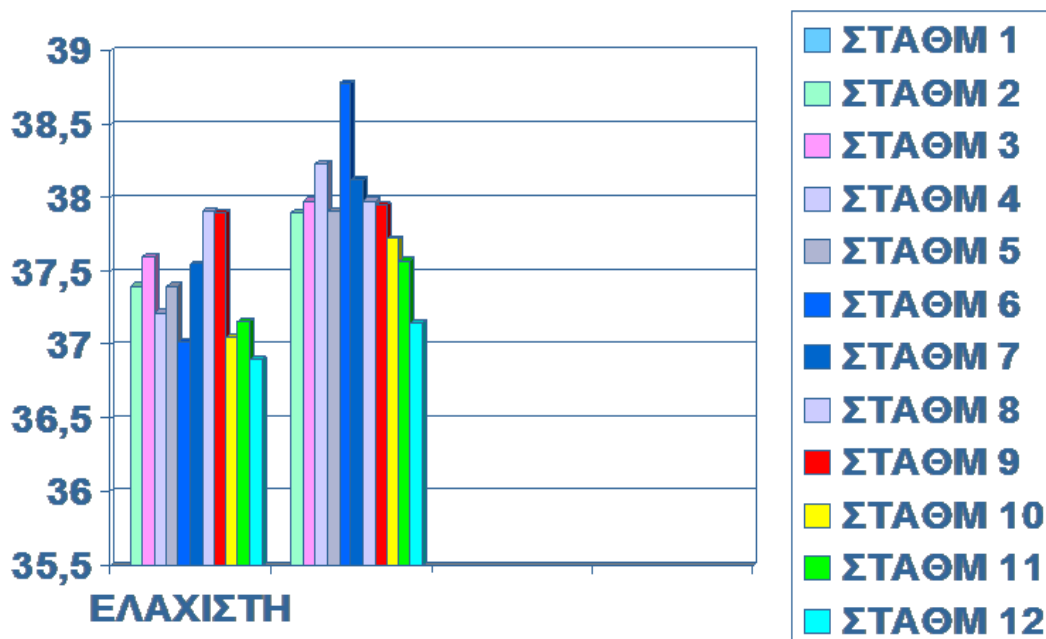
#### **3.1. ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

##### **3.1.1. ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ**

Τα φυσικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής σχετίζονται άμεσα με την κατανομή και την αφθονία των βιολογικών χαρακτηριστικών της, καθώς ελέγχουν σε σημαντικό βαθμό την κατανομή των θρεπτικών και του οξυγόνου με άμεσο αποτέλεσμα τον καθορισμό της παραγωγικότητας της περιοχής μελέτης. Ιδιαίτερα στα παράκτια συστήματα, όπως αυτό του Παγασητικού κόλπου, όπου η επίδραση της ανθρωπογενούς δραστηριότητας είναι κάτι παραπάνω από φανερή, είναι σημαντική η γνώση και η μελέτη των φυσικών παραμέτρων για την εκτίμηση της βιοποικιλότητας των βενθικών κοινοτήτων του κόλπου.

##### **3.1.2. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ**

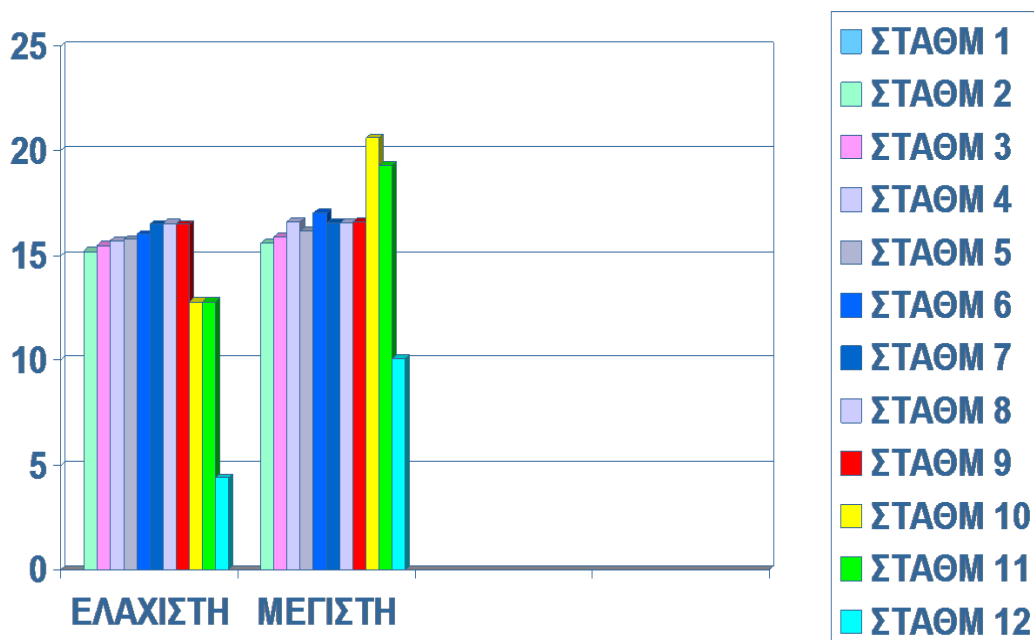
Στον Παγασητικό κόλπο η ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας T ( $37,06^{\circ}\text{C}$ ) παρατηρήθηκε στην περιοχή της ΑΓΕΤ στο δέκατο δηλαδή σταθμό της δειγματοληψίας και η μέγιστη τιμή θερμοκρασίας T ( $38,08^{\circ}\text{C}$ ) παρατηρήθηκε στην περιοχή της Αμαλιάπολης στον πρώτο δηλαδή σταθμό της δειγματοληψίας (Διαγρ.1).



Διάγραμμα 1. Μέγιστη και Ελάχιστη θερμοκρασία

### 3.1.3. Αλατότητα

Στον Παρασητικό κόλπο η μέγιστη τιμή της αλατότητας (S) παρατηρήθηκε στην περιοχή του Χόρτου στον 7<sup>ο</sup> σταθμό της δειγματοληψίας, ενώ η ελάχιστη της τιμή παρατηρήθηκε στην περιοχή της ΑΓΕΤ και ιδιαίτερα στον τελευταίο σταθμό της δειγματοληψίας (12<sup>ο</sup>) (Διαγρ.2).



Διάγραμμα 2. Μέγιστη και Ελάχιστη τιμή αλατότητας

## 3.2. Χημικά Χαρακτηριστικά

### 3.2.1. Τύπος Ιζήματος

Κατά τη διάρκεια της μελέτης των ιζημάτων του Παγασητικού κόλπου, κρίθηκε χρήσιμος ο διαχωρισμός των διαφόρων τύπων του ιζήματος. Στην περιοχή της Αμαλιάπολης και του Αλμυρού τα ποσοστά της άμμου ήταν μεγαλύτερα απ'οτι στην περιοχή του Χόρτου και του Στομίου του Παγασητικού κόλπου όπου η πλειοψηφία των ιζημάτων ήταν λεπτόκοκκα. Τα ιζήματα στην περιοχή της ΑΓΕΤ εμφανίζονται ιλυώδη (Πίν.2) .

**Πίνακας 2.** Τύποι ιζημάτων στον Παγασητικό κόλπο

<b>ΠΕΡΙΟΧΗ</b>	<b>ΤΥΠΟΣ ΙΖΗΜΑΤΟΣ</b>
Αμαλιάπολη	Αμμώδης ίλος
Αλμυρός	Αμμώδης ίλος
ΑΓΕΤ	Ιλυώδες άμμος – Ίλος
Χόρτο	Ιλυώδης άμμος
Στόμιο Παγασητικού (Φάρος)	Ιλυώδης άμμος

### 3.2.2. Ολικές Συγκεντρώσεις, Χημικές Αναλύσεις ιζημάτων

Τα αποτελέσματα των ολικών, χημικών αναλύσεων των ιζημάτων του Παγασητικού κόλπου αναφέρονται στους ακόλουθους Πίνακες 3, 4 ,5,6 .



**Πίνακας 3.** Αποτελέσματα ολικών συγκεντρώσεων χημικών αναλύσεων των επιφανειακών ιζημάτων του Παγασητικού κόλπου

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe
ΣΤΑΘΜΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%
ΣΤ1	<2	39	37	102	<0,5	203	25	904	4,65
ΣΤ2	<2	14	16	42	<0,5	76	14	648	1,98
ΣΤ3	<2	18	6	43	<0,5	82	12	650	2,32
ΣΤ4	<2	44	27	104	<0,5	202	25	853	4,71
ΣΤ5	<2	49	42	132	<0,5	200	26	1045	4,99
ΣΤ6	<2	17	34	46	<0,5	139	21	1138	3,12
ΣΤ7	<2	35	24	71	<0,5	233	29	676	4,41
ΣΤ8	<2	19	11	38	<0,5	133	16	528	2,61
ΣΤ9	<2	49	13	61	<0,5	272	28	747	4,24
ΣΤ10	<2	10	17	83	<0,5	35	15	435	2,07
ΣΤ11	<2	21	32	95	<0,5	44	11	363	2,26
ΣΤ12	<2	21	19	77	<0,5	49	7	301	1,93

**Πίνακας 4.** Αποτελέσματα ολικών συγκεντρώσεων χημικών αναλύσεων των επιφανειακών ιζημάτων του Παγασητικού κόλπου

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V
ΣΤΑΘΜΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
ΣΤ1	14	<20	<4	9	217	0,4	<5	<5	122
ΣΤ2	9	<20	<4	5	2079	0,5	<5	<5	64
ΣΤ3	7	<20	<4	3	1654	<0,4	<5	<5	92
ΣΤ4	16	<20	<4	10	193	<0,4	<5	<5	129
ΣΤ5	19	<20	<4	9	113	<0,4	<5	<5	138
ΣΤ6	16	<20	<4	5	1496	0,4	<5	<5	61
ΣΤ7	15	<20	<4	5	272	<0,4	<5	<5	134
ΣΤ8	10	<20	<4	4	717	0,5	<5	<5	86
ΣΤ9	12	<20	<4	6	504	<0,4	<5	<5	127
ΣΤ10	26	<20	<4	6	1358	<0,4	<5	<5	32
ΣΤ11	69	<20	<4	5	1032	0,4	<5	<5	49
ΣΤ12	75	<20	<4	6	611	<0,4	7	<5	54

**Πίνακας 5.** Αποτελέσματα ολικών συγκεντρώσεων χημικών αναλύσεων των επιφανειακών ιζημάτων του Παγασητικού κόλπου

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	Ca	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	Al	Na
ΣΤΑΘΜΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	%	%	ppm	ppm	%	ppm	%	%	%
ΣΤ1	5,26	0,053	23	259	2,29	224	0,38	7,42	2,26
ΣΤ2	23,62	0,040	18	128	1,95	61	0,21	2,27	1,08
ΣΤ3	21,72	0,037	11	144	2,46	60	0,28	2,72	1,18
ΣΤ4	4,86	0,056	25	253	2,11	195	0,41	7,43	2,11
ΣΤ5	3,34	0,055	20	328	2,18	212	0,41	7,63	2,05
ΣΤ6	20,66	0,048	18	150	2,25	139	0,16	3,16	1,36
ΣΤ7	6,14	0,043	19	380	3,18	134	0,40	5,98	2,35
ΣΤ8	11,68	0,034	18	181	2,19	74	0,29	4,33	2,40
ΣΤ9	7,83	0,036	18	463	3,29	91	0,39	5,35	2,16
ΣΤ10	26,42	0,037	26	66	1,39	65	0,07	1,64	0,63
ΣΤ11	18,73	0,054	19	82	1,86	92	0,13	2,50	0,85
ΣΤ12	16,11	0,062	16	86	1,96	115	0,16	3,11	1,01

**Πίνακας 6.** Αποτελέσματα ολικών συγκεντρώσεων χημικών αναλύσεων των επιφανειακών ιζημάτων του Παγασητικού κόλπου

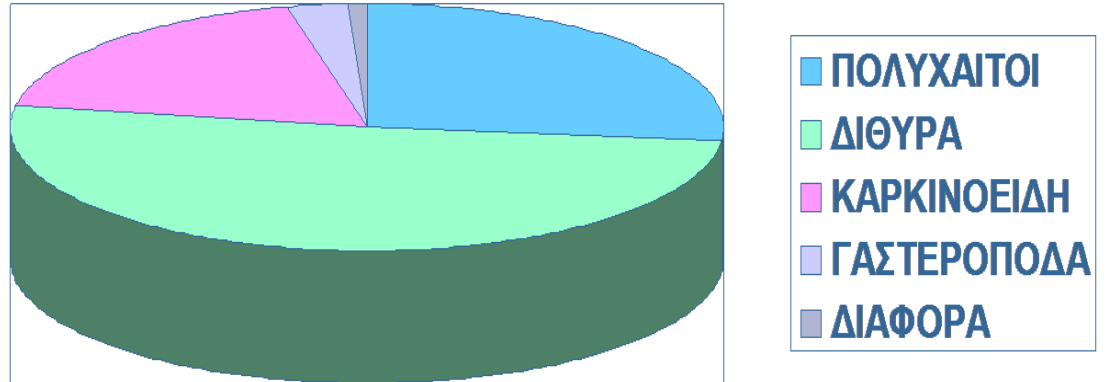
ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	K	W	Zr	Sn	Y	Nb	Be	Sc	
ΣΤΑΘΜΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
ΣΤ1	1,86	<4	45	3	15	9	3	18	
ΣΤ2	0,59	<4	11	<2	16	5	1	8	
ΣΤ3	0,59	<4	10	<2	15	5	1	10	
ΣΤ4	1,72	<4	47	<2	16	10	3	18	
ΣΤ5	1,69	<4	37	4	14	10	3	18	
ΣΤ6	1,02	<4	15	3	12	5	1	8	
ΣΤ7	1,22	<4	17	2	16	8	2	21	
ΣΤ8	0,66	<4	8	<2	17	6	1	14	
ΣΤ9	0,95	<4	11	3	18	7	2	20	
ΣΤ10	0,41	<4	4	3	13	2	1	4	
ΣΤ11	0,56	<4	7	<2	13	3	1	6	
ΣΤ12	0,69	<4	7	<2	11	4	1	6	

### 3.3. Βένθος

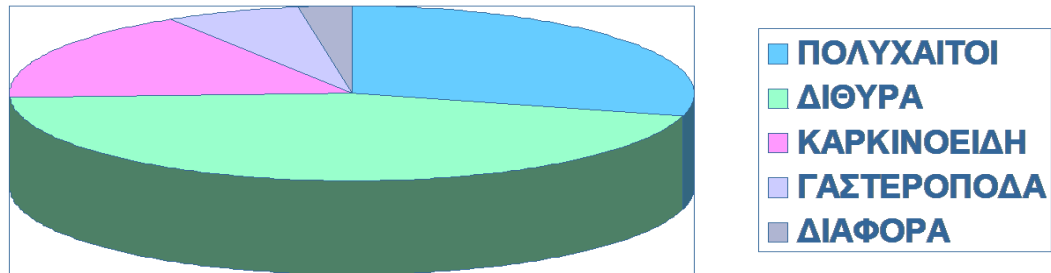
#### 3.3.1. Σχετική αφθονία κοινοτήτων και ειδών του βένθους

Μεγαλύτερο ποσοστό αφθονίας κοινοτήτων αλλά και ειδών παρουσιάστηκε στον Παγασητικό κόλπο η κοινωνία των πολύχαιτων, γεγονός το οποίο δεν παραξενεύει αφού είναι σύνηθες και σε προηγούμενες μελέτες. Εκτός από τους πολύχαιτους, μεγάλο ποσοστό αφθονίας παρατηρείται στα δίθυρα, μικρότερο στα καρκινοειδή και τα γαστερόποδα και ελάχιστο στις άλλες κατηγορίες βενθικών κοινοτήτων. Μέγιστα ποσοστά καταγράφηκαν στη περιοχή του Στόμιου Παγασητικού (για την κοινωνία των πολυχαίτων) και στην περιοχή της Αμαλιάπολης και του Αλμυρού (για την κοινωνία των δίθυρων). Αντίθετα ελάχιστα ποσοστά καταγράφονται στην περιοχή της ΑΓΕΤ για όλες σχεδόν τις κοινωνίες των βενθικών ειδών.

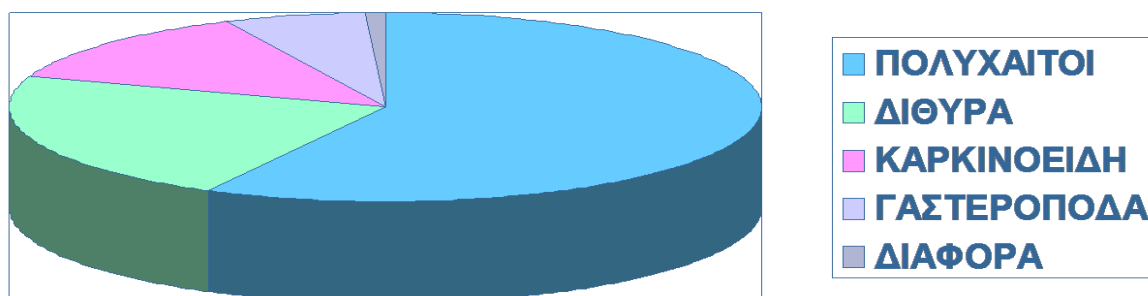
Σε ολόκληρο τον Παγασητικό κόλπο βρέθηκαν 2528 άτομα βενθικών οργανισμών από τα οποία τα περισσότερα ανήκουν στην κοινωνία των πολύχαιτων, δυστυχώς όμως χωρίς αύξηση των ειδών, αφού το βένθος παραμένει σχετικά ίδιο με μικρές αυξομειώσεις των ατόμων σε σχέση με παρόμοιες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στην ίδια περιοχή (Bogdanos & Satsmadjis 1983, Θεοδώρου και συν 1997, Ψόχιου 2003). Αναλυτικότερα, συνολικά βρέθηκαν στον Παγασητικό κόλπο 181 είδη από τα οποία τα 96 ανήκουν στους πολύχαιτους, τα 38 είδη στα δίθυρα, τα 26 είδη στην κοινωνία των καρκινοειδών, τα 14 είδη ανήκουν σε διάφορες κατηγορίες βενθικών, και μόλις τα 7 είδη στην κατηγορία των γαστερόποδων (Διαγρ.3,4,5,6,7, Πίν.7 και Πίν.8) .



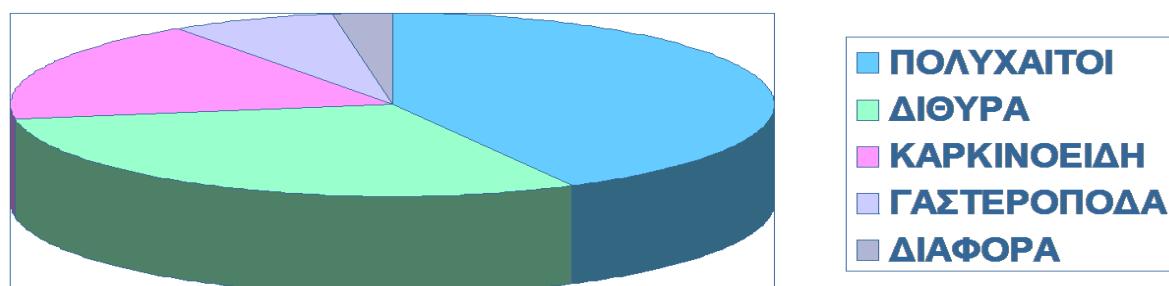
**Διάγραμμα 3.** Αμαλιάπολη



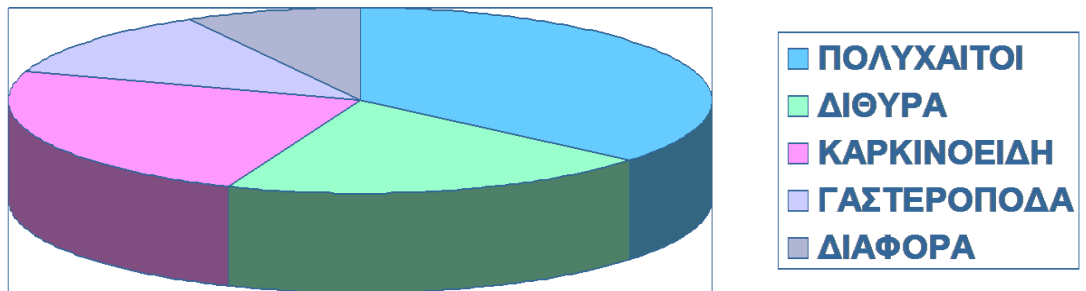
**Διάγραμμα 4.** Αλμυρός



**Διάγραμμα 5.** Στόμιο κόλπου



**Διάγραμμα 6.** Χόρτο



**Διάγραμμα 7. ΑΓΕΤ**



**Πίνακας 7.** Ελάχιστη και μέγιστη ποσοστιαία συμμετοχή βενθικών κοινοτήτων με βάση τα είδη

Κοινωνία	Ελάχιστο %	Μέγιστο %
Πολύχαιτοι	53	58
Δίθυρα	21	22
Καρκινοειδή	14	15
Γαστερόποδα	2	4
Διάφορα	1	1

**Πίνακας 8.** Ελάχιστη και μέγιστη ποσοστιαία συμμετοχή βενθικών κοινοτήτων με βάση την αφθονία

Κοινωνία	Ελάχιστο %	Μέγιστο %
Πολύχαιτοι	50	60
Δίθυρα	20	22
Καρκινοειδή	14	15
Γαστερόποδα	2	2
Διάφορα	1	1

### 3.3.2. Οικολογικοί δείκτες

Η τιμή του δείκτης H' (δείκτης που εξετάζει την ποικιλότητα) που εξετάστηκε κυμαίνεται από 3,32 στην περιοχή της Αμαλιάπολης και του Αλμυρού έως 5,79 στην περιοχή του Στομίου του Παγασητικού και του Χόρτου. Ένας άλλος δείκτης που εξετάστηκε και δείχνει την ομοιομορφία των βενθικών κοινωσιών του Παγασητικού κόλπου, ο δείκτης J (δείκτης που εξετάζει την ομοιομορφία) εμφανίζει την μέγιστη (0,91) αλλά και την ελάχιστη τιμή του (0,80) στην περιοχή της ΑΓΕΤ. Τέλος ο δείκτης d, που δείχνει την αφθονία των ειδών, παρουσιάζει την μέγιστη τιμή του (13,2) και την ελάχιστη (4,08) στην περιοχή του Στομίου του Παγασητικού και του Χόρτου.

### 3.3.3. Ποικιλότητα βενθικών ειδών στον Παγασητικό κόλπο

Ο αριθμός των ατόμων των βενθικών ειδών ανά τάξη σε κάθε μια από τις πέντε περιοχές της δειγματοληψίας, αλλά και αθροιστικά (σύνολο ατόμων ανά κλάση σε κάθε περιοχή ξεχωριστά και σύνολο ατόμων ανά περιοχή) παρουσιάζεται στον Πίνακα 9.

**Πίνακας 9.** Αριθμός ακέραιων ατόμων των βενθικών ειδών ανά τάξη στον Παγασητικό κόλπο

Macrobenthic taxa	ΑΜΑΛΙΑΠΟΛΗ	ΑΛΜΥΡΟΣ	ΣΤΟΜΙΟ	ΧΟΡΤΟ	ΑΓΕΤ	ΣΥΝΟΛΟ
Porifera	1	3	2	3	1	10
Anthozoa	5	8	3	6	2	24
Polychaeta	25	23	23	10	15	96
Polyplacophora	9	12	16	8	5	50
Gastropoda	1	3	2	1	0	7
Bivalvia	10	5	8	3	6	32
Scaphopoda	2	3	6	6	2	19
Cephalopoda	1	3	2	1	1	8
Amphipoda	25	16	30	18	15	104
Isopoda	42	35	49	23	12	161
Echinoderma	19	25	22	14	8	88
Miscellaneous taxa	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>						<b>599</b>

## 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία στους σταθμούς της δειγματοληψίας σε ολόκληρη την επιφάνεια του κόλπου, μειώνεται με το βάθος. Οι μικρότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται στην περιοχή του Χόρτου (στον 7<sup>ο</sup> σταθμό) και της ΑΓΕΤ (όπου παρατηρείται και η ελάχιστη τιμή), πιο αυξανόμενες είναι οι τιμές της θερμοκρασίας στην περιοχή της Αμαλιάπολης (ιδιαίτερα στον 3<sup>ο</sup> σταθμό της περιοχής) και του Αλμυρού (και στους 2 σταθμούς), ενώ ιδιαίτερα αυξημένες είναι οι τιμές της θερμοκρασίας στους δύο πρώτους σταθμούς της Αμαλιάπολης (ιδιαίτερα στον 1<sup>ο</sup> σταθμό παρατηρείται η μέγιστη τιμή), στην περιοχή του Στόμιου κόλπου (Φάρος) και τέλος αυξανόμενες είναι οι τιμές στον 8<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> σταθμό οι οποίοι βρίσκονται στην περιοχή του Χόρτου.

### 4.2. ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Η Αλατότητα σε ολόκληρη την επιφάνεια του κόλπου αυξάνεται με το βάθος. Οι μικρότερες τιμές της αλατότητας παρατηρούνται στην ευρύτερη περιοχή της ΑΓΕΤ (όπου είναι και η ελάχιστη τιμή της αλατότητας). Μέσες τιμές της αλατότητας παρατηρούνται στην περιοχή της Αμαλιάπολης (και στους 3 σταθμούς), στην περιοχή του Αλμυρού και στην περιοχή του Στόμιου κόλπου (Φάρος). Αυξημένες είναι οι τιμές της αλατότητας στην περιοχή του Χόρτου όπου παρατηρείται και η μέγιστη τιμή της.

### 4.3. ΒΕΝΘΟΣ

#### 4.3.1 ΒΕΝΘΙΚΕΣ ΒΙΟΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ

Το είδος φαίνεται να αποτελεί τη βασική μονάδα της βιοποικιλότητας, καθώς εμπεριέχει διάφορα επίπεδα, από το γενετικό μέχρι και το οικολογικό. Κατά κύριο λόγο, οι οργανισμοί που συλλέγονται στις έρευνες των βιοκοινοτήτων προσδιορίζονται μέχρι και το επίπεδο του είδους. Πλήθος αναφορών υποστηρίζουν τη χρήση ανώτερων ταξινομικών ομάδων ως υποκατάστατα της κατανομής των ειδών για την αξιόπιστη απόδοση της βιοποικιλότητας (Warwick 1988, Noss 1990, Gaston and Williams 1993, Ferraro and Cole 1995, Olsgrad *et al.* 1998, Karakassis & Hatziyanni 2000).

Στη συγκεκριμένη έρευνα, παρατηρήθηκε μεγάλη αφθονία τόσο στις κοινότητες, όσο και στα είδη των βενθικών οργανισμών και στους δώδεκα σταθμούς της δειγματοληψίας. Μεγάλο ποσοστό αφθονίας συναντήθηκε στους πολύχαιτους αλλά και στα δίθυρα και τα ασπόνδυλα, ενώ μικρότερο ποσοστό στα καρκινοειδή τα γαστερόποδα και τα ασπόνδυλα γεγονός που παρατηρείται και σε αντίστοιχες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν νωρίτερα (Καμπόση 2009 , Πατελοδήμου2010).

Δυστυχώς δεν υπήρξε αύξηση των ειδών αφού το βένθος παραμένει σχετικά ίδιο με μικρές αυξομειώσεις των ατόμων σε σχέση με παρόμοιες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στην ίδια περιοχή (Bogdanos & Satsmadjis 1983, Θεοδώρου και συν 1997, Ψόχιου 2003). Η καλή συσχέτιση μεταξύ των ταξινομικών ομάδων τους ισχύει, κυρίως, σε επιβαρημένες περιοχές εξαιτίας της ρύπανσης και μάλιστα όσον αυξάνει η επιβάρυνση του συστήματος φαίνεται να αυξάνει και η συσχέτιση μεταξύ ταξινομικών επιπέδων (Vanderklift 1996 & Olsgrad *et al.*1998).

### 4.3.2 Οικολογικοί Δείκτες

Σε ολόκληρη την έκταση του όγκου του Παγασητικού κόλπου οι βενθικές κοινότητες παρατηρείται ότι δεν επηρεάζονται σε σημαντικό βαθμό από τις ανθρώπινες διεργασίες και δραστηριότητες. Ο Παγασητικός κόλπος όπως διαφαίνεται και από άλλες εργασίες (Καμπόση 2009, Πατελοδήμου 2010) χαρακτηρίζεται από φυσιολογικά και με μικρές διακυμάνσεις επιπέδων βενθικής αφθονίας και βιομάζας με εξαίρεση 2 μόνον από τις προς μελέτη περιοχές. Υψηλή θέση στις βενθικές κοινότητες κατέχουν οι πολύχαιτοι, τα δίθυρα και τα καρκινοειδή και έπειτα τα γαστερόποδα και οι υπόλοιπες κατηγορίες.

### 4.4. Ολικές Συγκεντρώσεις, Χημικές Αναλύσεις ιζημάτων

- *Νικέλιο*

Η συγκέντρωση νικελίου στα επιφανειακά θαλάσσια ιζήματα της περιοχής που μελετάτε κυμαίνεται από 35-272ppm με μέση τιμή τα 139ppm. Η μέση τιμή του στα ιζήματα της περιοχής είναι υψηλότερη σε σύγκριση με τα ιζήματα άλλων περιοχών τόσο του Ελληνικού χώρου όσο και της Μεσογείου με εξαίρεση την περιοχή της Σικελίας με μέση τιμή τα 269ppm (Shaw & Bush 1978).

Με εφαρμογή των κριτηρίων ποιότητας ERM-PEL (μέση τιμή επίδρασης / πιθανό επίπεδο επίδρασης ) (Long 1995) παρατηρούμε ότι 9 από τα 12 δείγματα της έρευνας, παρουσιάζουν συγκεντρώσεις μεγαλύτερες του 51,6 ppm και ότι σε 11 από τα 12 δείγματα της έρευνας είναι μεγαλύτερο από το 42,8 ppm.

Η προέλευση καθώς και η κατανομή του νικελίου στα επιφανειακά θαλάσσια ιζήματα ελέγχεται από πετρολογικούς λόγους και το πιθανότερο είναι ότι η ύπαρξή της οφείλεται στο φαινόμενο της αποσάθρωσης των πετρωμάτων που εμφανίζονται στον Παγασητικό κόλπο.

- **Χρώμιο**

Η συγκέντρωση του χρωμίου στα δείγματα είναι από 66-463 ppm με μέση τιμή τα 210 ppm. Η μέση τιμή του χρωμίου είναι μεγαλύτερη από άλλες περιοχές τόσο του Ελλαδικού χώρου όσο και της Μεσογείου.

Με εφαρμογή των κριτηρίων ποιότητας ERM-PEL (μέση τιμή επίδρασης / πιθανό επίπεδο επίδρασης ) (Long,1995) παρατηρούμε ότι τα 2 από τα 12 δείγματα της έρευνας, παρουσιάζουν συγκεντρώσεις μεγαλύτερες του 370 ppm και ότι σε 6 από τα 12 δείγματα της έρευνας μεγαλύτερες από 160 ppm.

Η προέλευση και η κατανομή του χρωμίου στα θαλάσσια επιφανειακά ιζήματα, ελέγχεται από πετρολογικούς λόγους ( όπως και το νικέλιο).

- **Κοβάλτιο**

Η συγκέντρωση κοβάλτιου στα προς ανάλυση δείγματα κυμαινόταν από 7-29 ppm με μέση τιμή τα 19 ppm. Η τιμή αυτή μάλιστα είναι η δεύτερη υψηλότερη στον Αμβρακικό κόλπο και υψηλότερη σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές στη Μεσόγειο (Sharp & Nardi 1978).

Με εφαρμογή των κριτηρίων ποιότητας ERM-PEL (μέση τιμή επίδρασης / πιθανό επίπεδο επίδρασης ) (Long 1995) παρατηρούμε ότι το κοβάλτιο είναι διαβαθμισμένο μέταλλο για το περιβάλλον.

Το κοβάλτιο είναι τοξικό μέταλλο σε θαλάσσιους οργανισμούς όταν οι συγκεντρώσεις του ξεπερνούν τα 10 ppm μέσα σε αυτούς τους οργανισμούς.

- **Αρσενικό**

Η συγκέντρωση αρσενικού στα προς ανάλυση δείγματα κυμαίνεται από 7-75 ppm με μέση τιμή τα 24 ppm.

Με εφαρμογή των κριτηρίων ποιότητας ERM-PEL (μέση τιμή επίδρασης / πιθανό επίπεδο επίδρασης ) (Long 1995) παρατηρούμε ότι το αρσενικό σε 1 από τα

12 δείγματα παρουσιάζει υψηλότερη τιμή από τα 70 ppm ενώ σε 2 από τα 12 δείγματα, τιμή της τάξεως των 41,6 ppm. Κανένα δείγμα δεν υπερβαίνει τα 93 ppm.

Γενικότερα το αρσενικό παρουσιάζει τοξικότητα στα ψάρια όταν οι τιμές ξεπερνούν τα 13 ppm (Paoletti 1975).

- **Χαλκός**

Η συγκέντρωση χαλκού στα επιφανειακά θαλάσσια ιζήματα κυμαίνεται από 10-49 ppm και με μέση τιμή τα 28 ppm. Έχει την δεύτερη χαμηλότερη μέση τιμή σε σχέση με άλλες περιοχές του Ελλαδικού χώρου και τη Μεσόγειο.

Με εφαρμογή των κριτηρίων ποιότητας ERM-PEL (μέση τιμή επίδρασης / πιθανό επίπεδο επίδρασης ) (Long,1995) παρατηρούμε ότι ο χαλκός σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν παρουσιάζει συγκεντρώσεις μικρότερες των 270 ppm και 108 ppm αντίστοιχα.

Γενικότερα οι τιμές του χαλκού στον Παγασητικό κόλπο συγκρίνονται με αντίστοιχες μη ρυπασμένες περιοχές οι οποίες βρίσκονται τόσο στον Ελλαδικό χώρο όσο και στην Μεσόγειο.

- **Μόλυβδος**

Η συγκέντρωση μόλυβδου στην υπό έρευνα περιοχή του Παγασητικού κόλπου κυμαίνεται από 6-42 ppm με μέση τιμή τα 23 ppm. Η μέση τιμή αυτή είναι εύκολα συγκρίσιμη με περιοχές του Ελλαδικού χώρου και της Μεσογείου που δεν είναι τόσο ρυπασμένες.

Με εφαρμογή των κριτηρίων ποιότητας ERM-PEL (μέση τιμή επίδρασης / πιθανό επίπεδο επίδρασης ) (Long,1995) παρατηρούμε ότι ο μόλυβδος, σε κανένα από τα προς έρευνα δείγματα δεν ξεπερνά τα 218 ppm και τα 112 ppm αντίστοιχα.



- **Ψευδάργυρος**

Η συγκέντρωση ψευδαργύρου στα δείγματα της περιοχής έρευνας κυμαίνεται από 38-132 ppm με μέση τιμή τα 74,5 ppm. Η μέση αυτή τιμή στα επιφανειακά θαλάσσια ιζήματα είναι συγκρίσιμα σε σχέση με τα μη ρυπασμένα επιφανειακά θαλάσσια ιζήματα περιοχών του Ελλαδικού χώρου αλλά και της Μεσογείου.

Με εφαρμογή των κριτηρίων ποιότητας ERM-PEL (μέση τιμή επίδρασης / πιθανό επίπεδο επίδρασης ) (Long,1995) παρατηρούμε ότι ο ψευδάργυρος ως στοιχείο κανένα από τα δώδεκα δείγματα δεν υπερβαίνει τα κριτήρια ποιότητας που έχουν τιμές 410 ppm και 271 ppm αντίστοιχα.

- **Μαγγάνιο**

Η συγκέντρωση μαγγάνιου στα δείγματα της περιοχής έρευνας κυμαίνεται από 301-1138 ppm με μέση τιμή τα 691 ppm. Η μέση τιμή του μαγγανίου στα ιζήματα της προς έρευνα περιοχής είναι μεγαλύτερη από αντιστοιχες του Ελλαδικού χώρου αλλά μικρότερη σε σχέση με αυτή της Μεσογείου.

Με εφαρμογή των κριτηρίων ποιότητας ERM-PEL (μέση τιμή επίδρασης / πιθανό επίπεδο επίδρασης ) (Long,1995) παρατηρούμε ότι το μαγγάνιο σε 3 από τα 12 δείγματα παρουσιάζει μη τοξικές συγκεντρώσεις, δηλαδή τιμές έως 460 ppm. Σε 8 από αυτά, παρουσιάζει τιμές μεγαλύτερες του κριτηρίου τοξικότητας και μόνον σε 1 δείγμα έχουμε υπέρβαση της τοξικότητας αυτής.

- **Σίδηρος**

Η συγκέντρωση σιδήρου στα δείγματα της περιοχής του Παγασητικού κόλπου κυμαίνεται από 1,93 % έως 4,99 % με μέση τιμή 3,27 %. Συγκρινόμενη με τις αντίστοιχες περιοχές του Ελλαδικού αλλά και του Μεσογειακού χώρου εμφανίζεται

ότι η συγκέντρωση σιδήρου είναι η δεύτερη μικρότερη και τρίτη υψηλότερη αντίστοιχα μέση τιμή.

Με εφαρμογή των κριτηρίων ποιότητας ERM-PEL (μέση τιμή επίδρασης / πιθανό επίπεδο επίδρασης ) (Long,1995) παρατηρούμε ότι ο σίδηρος ως στοιχείο, σε 2 από τα 12 δείγματα, παρουσιάζει μη τοξικές συγκεντρώσεις ενώ σε 5 από τα 12 δείγματα, παρουσιάζει τοξικές συγκεντρώσεις, αφού υπερβαίνουν και τα δύο κριτήρια και αντίστοιχα σε ρυπασμένα θαλάσσια ιζήματα.

## 5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων μπορούν να διεξαχθούν πολλά και ποικίλα συμπεράσματα σχετικά με την προσπάθεια προσέγγισης και μελέτης της βιοποικιλότητας των βενθικών κοινοτήτων. Οι πέντε περιοχές που επιλέχθηκαν στον Παγασητικό κόλπο, παρουσιάζουν παρόμοια μορφολογία πυθμένα με εξαίρεση την περιοχή της ΑΓΕΤ όπου τα ιζήματα εμφανίζονται ιλυώδη.

Η θερμοκρασία παρουσιάζει μέγιστη τιμή στην περιοχή της Αμαλιάπολης ενώ η αλατότητα στην περιοχή του Χόρτου. Αυτό που ταυτίζεται είναι η περιοχή της ΑΓΕΤ στην οποία και η θερμοκρασία αλλά και η αλατότητα παρουσιάζουν την ελάχιστη τιμή τους.

Σχετικά με την σχετική αφθονία των κοινοτήτων και των ειδών του βένθους στον Παγασητικό κόλπο, παρατηρείτε κυριαρχία των πολύχαιτων ιδιαίτερα στην περιοχή του Στομίου του Παγασητικού κόλπου και για την κοινωνία των δίθυρων μεγάλη αφθονία στις περιοχές της Αμαλιάπολης και του Αλμυρού. Τέλος για μια ακόμη φορά τα αποτελέσματα αφθονίας κοινοτήτων και ειδών στην περιοχή της ΑΓΕΤ βρίσκονται στα ελάχιστα επίπεδά τους, αποτέλεσμα λογικό αν αναλογιστεί κανείς ότι στην περιοχή αυτή όπως αναφέρθηκε η θερμοκρασία και η αλατότητα είναι στα χαμηλότερα επίπεδα τους.

Ως προς τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, οι βενθικές κοινωνίες σε ολόκληρο το φάσμα του Παγασητικού κόλπου δεν φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά από την ανθρώπινη δραστηριότητα αφού η διακύμανση της αφθονίας τους φαίνεται να είναι φυσιολογική. Με βάση τον δείκτη  $H'$  ο οποίος εξετάζει την ποικιλότητα των βενθικών κοινωνιών η τιμή της κυμάνθηκε από 3,32 (Αμαλιάπολη και Αλμυρός) – 5,79 (Στόμιο και Χόρτο). Η ομοιομορφία των κοινωνιών (δείκτης  $J$ ) παρουσιάζει την ελάχιστη τιμή του 0,80 στην περιοχή της ΑΓΕΤ και τέλος ο δείκτης  $d$  που εξετάζει

την αφθονία των ειδών παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή 13,2 του στην περιοχή του Στομίου του Παγασητικού κόλπου και την ελάχιστη τιμή του 4,08 στην περιοχή του Χόρτου. Δεν υπάρχει δυστυχώς, αύξηση των ειδών σε ολόκληρη την επιφάνεια του κόλπου.

Καταλήγοντας, και όσο αφορά την μελέτη των ολικών χημικών αναλύσεων των ιζημάτων στον κόλπο του Παγασητικού, παρατηρούνται 9 βαρέα μέταλλα τα οποία ξεπερνάμε τις τιμές ανιχνευσιμότητας και η έρευνα επικεντρώθηκε σε αυτά λόγω της δυνατότητας που έχουν να προκαλέσουν προβλήματα τοξικότητας σε οργανισμούς που ζουν μέσα στο θαλάσσιο περιβάλλον. Από την έρευνα προέκυψε ότι υπάρχει στον Παγασητικό η χαμηλότερη σε συγκέντρωση τιμή χαλκού (με μέση τιμή τα 28ppm) και η υψηλότερη συγκέντρωση σε τιμή νικέλιου (με μέση τιμή τα 139ppm), που εξηγείται λόγω της έντονης αποσάθρωσης των πετρωμάτων στον Παγασητικό κόλπο.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### 6.1. Ξένη Βιβλιογραφία

- Agemian, H., Chau., A.S.Y., (1976). Evaluation of extraction techniques for the determination of metals in aquatic sediments.: *The Analyst* 101, 761-767.
- Bogdanos, C. (1979). Macrozoobenthic study of Pagassitikos gulf, *Biol. Gallo-Hellenica*, 8, 55-60
- Bogdanos,C., : Satsmadjis, J. (1983). The macrozoobenthic of an Aegean embayment, *Thalassographica*, 6, 77-105
- Bogdanos, C., Satsmadjis, J. (1985 a). Quantitative effect of sediment coarseness and depth on the macrobenthos of an unpolluted and close Mediterranean gulf. *Rev.Int.Ocean.Med.* LXXVII-LXXVIII, , 74-85
- Bogdanos, C., Satsmadjis, J. (1985 b). The benthic fauna of different soft substrata in the Pagassitikos gulf *Thalassographica*, 8, 43-69
- Bogdanos, C., Satsmadjis, J.(1985) Quantitative effect of sediment coarseness and depth on the macrobenthos of an unpolluted and close mediterranean gulf vol. 77-78, pp. 73-85
- Buchanan, J.B.(1971). Sediment analysis. In *Methods for the Study of Marine Benthos*, N. Holme & A.D. McIntyre (Eds), IPB Handbook 16, pp. 41-65. Oxford: Blackwell Scientific Publications Co Inc .
- Colwell & Lees, (2000). The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 15:70-76.
- *Crame*, JA (2000). *The Evolutionary Biology of the Bivalvia*. Geological Society. London. Special Publications. 177, 1-9

- 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*: Journal of Fish Biology, v. 28, no. 4, p. 449–457.
- Fedorov, N.F., Shifrins, M., (1968). Sewage Moscow
- Friligos, N., Gotsis-Skretas. (1988). Relationships of phytoplankton with certain environmental factors in the South Euboikos gulf, 8(1), 59-73
- Friligos, N., Gotsis-Skretas. (1989). Eutrophication and red-tide in Aegean coastal waters Toxicol. Environ. Chem., 24: 171-180
- Gabrielides, G.P., Theocharis, A.C. (1977). Physical and chemical characteristics of Pagassitikos gulf, Greece. *Thalassographica* 113-115
- Grassle, J.F. (1991) Deep-sea benthic biodiversity. *Bioscience* 41, 464±9.
- Gray, J.S. (1994) Is the deep sea really so diverse? Species diversity from the Norwegian continental shelf. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 112, 205±9.
- Gray, J.S. (1997). *J Parasitol* 83: 307–10.
- Gray, J.S. (2001). Antarctic marine benthic biodiversity in a world-wide latitudinal context. *Polar Biol* 24:633–641
- Hubbeell, S.P. (2001). *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton university press, Princeton, NJ.
- I.O.F.R. (1976). Pagassitikos system project, Data Report 1, P.S.P.-1 cruise 20-26 August 1975
- Karageorgis, A.P., Sioulas, A.I. and Anagnostou, C.L., 2002. Use of surface sediments in Pagassitikos Gulf, Greece, to detect anthropogenic influence. *Geo-Marine Letters* 21, 200–211

- Kastalsky, A.A., Mints, D.M.(1962). Treatment of water for domestic and industrial use House Higher Education, Moscow
- Lamshead, J. (1993) Recent developments in marine benthic biodiversity research. *Oceanis* 19, 5±24.
- Papatheodorou, G., Alexandropoulou, S. (1996). A comparative application of factor analysis in heavy metal concentrations: an example of Pagasitikos gulf, πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας, 1997 Τόμος 1, 97-100
- Petihakis G., Triantafyllou G. and A. Theodorou, 2002: A time dependent ecosystem operational tool for Pagasitikos gulf. Part-II, Simulation of biochemical variables in space and time. EGS XXVII General Assembly, Nice, France, 21 - 26 April 2002.
- Petihakis G., Triantafyllou G.N and A. Theodorou, 2000: A numerical approach to simulate nutrient dynamics and primary production of a semi enclosed coastal ecosystem (Pagassitikos Gulf Western Aegean Greece). Littoral 2000 Fifth International Conference – Responsible Coastal Zone Management – The Challenge of the 21st Century, 13-17 Sept 2000, Cavtat – Dubrovnik, Croatia
- Rosenzweig, M.L. (1995). Species diversity in space and time. Cambridge university press, New York
- Sanders, H.L. (1968) Marine benthic diversity: a comparative study. *Am. Nat.* 102, 243±82.
- Simboura, N., A. Zenetos, M.A. Pancucci-Papadopoulou, M. Thessalou-Legaki & S. Pappaspyrou (1998) A baseline study on benthic species distribution in

two neighbouring gulfs, with and without access to bottom trawling. P.S.Z.N.I., *Mar. Ecol.*, 19(4): 293-309

- Shannon, C.E., Weaver N. (1949). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Illinois, USA.
- Stevens, G.C. (1989). The latitudinal gradients in geographical range: how so many species coexist in the tropics. *American Naturalist* 132, 240-256.
- Theodorou, A.J. 1995. Ecological Monitoring Considerations for Volos Sea Outfall, *Water Science and Technology* Vol. 32. , No. 2, pp. 273-280.
- Voutsinou, F., Satsmadjis, J. (1982). Trace metals in the Pagassitikos gulf. *Estuarine. Coastal and Shelf Science*, 15, 221-228
- Voutsinou, F., Balopoulos E.T. (1989). Geochemical and water flow features in a *semi closed* embayment of the Western Aegean sea and physical oceanographic and geochemical conditions in Thermaikos Bay P. Hyder et al. / *Continental Shelf Research* ,22, 2573–2597
- Voutsinou-Taliadouri F, Georgakopoulou-Grigoriadou E. (1989). Heavy metal concentrations in surface stations from Pagassitikos Gulf, Greece. *Toxicol Environ Chem* 1989;20:53-58.



## • 6.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ασημακοπούλου, Γ., Γκότση-Σκρέτα, Ο.(2000). Πρωτογενής παραγωγή και χλωροφύλλη του φυτοπλαγκτού και αυτότροφου πικοπλαγκτού στον Παγασητικό κόλπο. 9ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, 312-317
- Βογιατζής, Σ. & Στάμου, Α.,(1994) Βασικές αρχές και σχεδιασμός συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων 2η Έκδοση, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος,
- Γιαγνίση, Μ., Κουτσοδήμου, Μ., Ανδριανοπούλου, Α., Νέγκας, Ι., Πύργος, Γ., Αλέξη, Μ.( 2001). Επίδραση της υδατοκαλλιέργειας στην μικροβιολογία του θαλάσσιου νερού του Παγασητικού κόλπου , Πρακτικά 10<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, Χανιά
- Γκότση – Σκρέτα, Ο. (1986). Προκαταρκτική μελέτη φυτοπλαγκτού του Παγασητικού κόλπου. Τεχνική έκθεση ΕΚΘΕ.
- Δημοτικό κέντρο ερευνών-μελετών Βόλου. Ρύπανση κλειστών κόλπων, περίπτωση Παγασητικού κόλπου. Πρακτικά συμποσίου 1985
- Ζερβουδάκη, Σ., Χρήστου, Ε. (2000). Κατανομή του μεσοζωοπλαγκτού και παραγωγή αυγών των κωπηπόδων στον Παγασητικό κόλπο τον Απρίλιο και Μάιο 1999. 9ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας 317-322
- Θεοδώρου, Α.Ι.(2000). Ανάπτυξη ολοκληρωμένης πολιτικής για την Αειφορική διαχείριση του Παγασητικού κόλπου
- Θεοδώρου, Α. Ι., Μπουλταδάκη, Α., Παναγιωτάκη, Π. και Πνευματικάτος Η. (1997). Οικολογική κατάσταση του Παγασητικού κόλπου και δυνατότητες χρήσης

παράκτιων περιοχών του για εκτροφή ιχθύων. Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης, Αθήνα: 29-49

- Καίσαρη, Α., Παναγιωτίδης, Π., Παπαδοπούλου, Α.(2008) Περιβαλλοντικός σχεδιασμός του Παγασητικού κόλπου και πιθανή σχέση του με τις μαζικές εμφανίσεις «ζελατινωδούς αφρού», 3<sup>ο</sup> Περιβαλλοντικό Συνέδριο

- Καμπόση, Α. (2009). Εκτίμηση της βιοποικιλότητας των ασπόνδυλων της αλιείας με μηχανότρατα στον Παγασητικό κόλπο. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Π.Θ., Βόλος

- Καραγκίτσου, Ε. (1990). Οικολογία του ιχθυοπλαγκτού στον Αμβρακικό κόλπο. *Πρακτικά, 11<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, Πρέβεζα, 10-13.4.2003.* Σελ. 35-38.

- Καρακάσης, Ι., Παπαδοπούλου, Κ.Ν., Τσαπάκης, Μ., Χατζηγιάννη, Ε., Μαιδανού, Μ.(1996). Αλληλεπίδραση υδατοκαλλιεργειών και θαλάσσιου περιβάλλοντος : Πρώτα αποτελέσματα (Poster). Πρακτικά 18ου Συνεδρίου Ελληνικής Εταιρείας Βιολογικών Επιστημών, Καλαμάτα 17-19 Απριλίου, 156-158.

- Κόλιου-Μητσιού, Α. (1991). Αναγνώριση, εκτίμηση και αντιμετώπιση των πηγών ρύπανσης του Παγασητικού κόλπου. 2<sup>ο</sup> Συνέδριο περιβαλλοντικής επιστήμης και τεχνολογίας- Μόλυβος Μυτιλήνης Σεπτ 1991

- Κόλιου-Μήτσιοι, Α.(2000). Ανάπτυξη ολοκληρωμένης πολιτικής για την Αειφόρο διαχείριση του Παγασητικού κόλπου, Βόλος

- Κόλλιας, Π.(1978). Αποχετεύσεις, εγκαταστάσεις καθαρισμού λυμάτων-αποβλήτων, Αθήνα

- Κωτσοβίνος, Ν. (1989). Ανανέωση νερών Παγασητικού κόλπου Βόλος, Ημερίδα 22-11-1989 με θέμα ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ-ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Κεντρικής Ελλάδας.
- Λασκαράτος, Α. & Θεοχάρης, Α. (1984). Συμβολή στη μελέτη της Φυσικής Ωκεανογραφίας του Παγασητικού κόλπου. Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, 50-55
- Μητσιός, Ι., Γάτσιος, Φ.Α., Σαραντόπουλος, Δ.Α. (2000). Προσεγγίσεις στην εκτίμηση της ρύπανσης των ρεμάτων του Νομού Μαγνησίας από γεωργικές και άλλες δραστηριότητες
- Μπαρμπετσέας, Σ. & Ζωδιάτου, Η. (1990). Ανασκόπηση επί των φυσικών χαρακτηριστικών του Παγασητικού κόλπου. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας
- Μπογδάνος, Κ. (1985). Βένθος. Η κατάσταση των βιοκοινωνιών του πυθμένα στον Παγασητικό κόλπο. Τεχνική έκθεση ΕΚΘΕ
- Μπογδάνος, Κ. (1986). Ωκεανογραφική μελέτη βένθους. Τεχνική έκθεση ΕΚΘΕ
- Μπογδάνος, Κ. (1990). Μακροβένθος μαλακού υποστρώματος. Τεχνική έκθεση ΕΚΘΕ
- Πατελοδήμου, Σ. (2010). Εκτίμηση της βιοποικιλότητας των ασπόνδυλων μέσης αλιείας στον Παγασητικό κόλπο. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Π.Θ., Βόλος

- Πετράκης, Γ.(2000). Ανάπτυξη ολοκληρωμένης πολιτικής για την Αειφόρο διαχείριση του Παγασητικού κόλπου . Πρακτικά, Τόμος III, 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, 2009
- Πνευματικάτος, Δ. (1985). Επίδραση της ρύπανσης στον αλιευτικό πλούτο του Παγασητικού κόλπου ΦΠΕ: 429
- Σιώκου- Φράγκου, Ι. (1990). Μελέτη της σύνθεσης και της κατανομής του ζωοπλαγκτού στον Παγασητικό κόλπο. Τεχνική Έκθεση, Νοέμβριος 1989, 343
- Στεργίου, Κ.(1989) Τα οικοσυστήματα του Ευβοϊκού και του Παγασητικού κόλπου. Τεχνική έκθεση ΕΚΘΕ, 1989, 343
- Φριλίγκος, Ν., Μπαρμπέτσας, Σ. και Ψυλλίδου, Ρ. (1987). Προκαταρκτικά συμπεράσματα φυσικοχημικών παραμέτρων νερού Παγασητικού κόλπου. Τεχνική έκθεση ΕΚΘΕ

## ABSTRACT

The aim of the present study was to describe the population structure of the benthic societies in Parasitic Gulf and the impact of the pollution of heavy metals in these. The specific area was divided in five regions (AGET, Almiros, Amaliapolis, Stomio Gulf, Chorto) and twelve stations. Twelve samples were developed in these stations with three revisions for every one of them.

In every sample were gathered benthic models as well as sediment models for the study of physical, biological and chemical characteristics. Amaliapolis had the maximum temperature value and the lowest salinity value was in the region of AGET.

In the Gulf and the benthic societies prevail the polychaetes unlike with the gastropods who appeared with only seven species. In the whole area of Parasitic Gulf, there is no important impact in the benthic societies from the human activities.