
ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν. ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΚΑΒΒΑΔΙΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΒΑΡΕΩΝ
ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΕ ΙΖΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ
ΚΟΛΠΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΟΝΤΑ ΣΕ
ΜΥΔΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της θερινής πρακτικής η οποία διεξήχθη το καλοκαίρι του 2007 στον Τομέα της Γεωλογίας του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (www.hcmr.gr).

Το Ε.Λ.ΚΕ.Θ.Ε. αποτελείται από 5 Ινστιτούτα, το καθένα υπεύθυνο για ένα διαφορετικό θεματικό αντικείμενο.

Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας

Ινστιτούτο Υδατοκαλλιεργειών

Ινστιτούτο Θαλασσίων Βιολογικών Πόρων

Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων

Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας και Γενετικής

Για να μπορέσει το κέντρο να διεκπεραιώσει τα ερευνητικά του προγράμματα, υπάρχει διοικητική και τεχνική υποστήριξη στην οποία συμπεριλαμβάνονται:

- το Ε/Σ ΑΙΓΑΙΟ
- το Ε/Σ ΦΙΛΙΑ
- το σύγχρονο επανδρωμένο υποβρύχιο ΘΕΤΙΣ
- το ρομπότ ROV βαθειάς θάλασσας MAX Rover
- το ρομπότ ROV βαθειάς θάλασσας SUPER ACHILLES

Υπάρχουν επίσης δυο ενυδρεία τα οποία λειτουργούν κάτω από την αιγίδα του ΕΛΚΕΘΕ, τον Υδροβιολογικό Σταθμό Ρόδου ο οποίος ιδρύθηκε το 1934 καθώς και το νεοϊδρυθέν Ενυδρείο Κρήτης.

Το τμήμα πληροφόρησης της Βιβλιοθήκης, παρέχει για τους εξωτερικούς και εσωτερικούς χρήστες, ένα μέγιστο αριθμό πληροφοριών για τις θαλάσσιες επιστήμες, δεδομένα καθώς και αποτελέσματα ερευνών. Το ευρύ επιστημονικό κοινό μπορεί να έχει πρόσβαση στο περιοδικό **Journal of Mediterranean Marine Science**, του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., δημοσιεύσεις του Κέντρου, περιλήψεις δημοσιεύσεων (ΙΘΑΒΙΚ), βιβλιογραφίες, καθώς και γλωσσάρια σε διάφορες γλώσσες.

Πιο αναλυτικά στη πρακτική άσκηση απασχοληθήκαμε με την προετοιμασία, επεξεργασία-ανάλυση και την τελική ερμηνεία των αποτελεσμάτων δειγμάτων από τον Κόλπο του

Θερμαϊκού.

Επίσης στα πλαίσια της θερινής πρακτικής διεξήχθη εκδρομή πεδίου στο Κόλπο του Θερμαϊκού με το ενοικιαζόμενο σκάφος M/S «ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΑ» ιδιοκτησίας Γ. Μητσούδη, το οποίο για την εύρεση της θέσης δειγματοληψίας έχει εξοπλισθεί με φορητό δορυφορικό σύστημα εντοπισμού GPS (Global Positioning System).

Τέλος πραγματοποιήθηκαν σεμινάρια σχετικά με τις μεθόδους και τα όργανα έρευνας στη Θαλάσσια Γεωλογία καθώς και για τη Λιθοακουστική Στρωματογραφία.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.1. Θερμαϊκός κόλπος

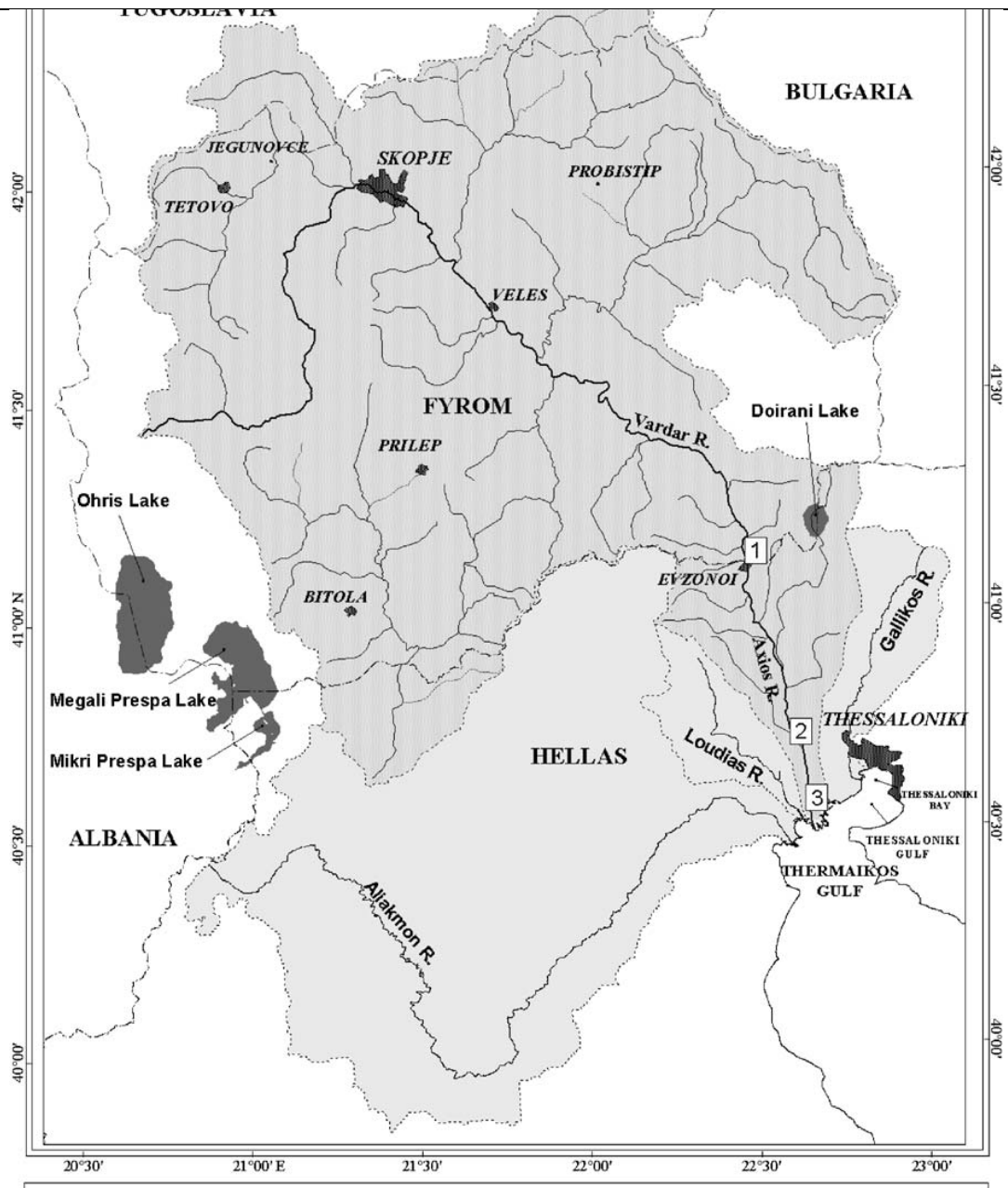
Ο Θερμαϊκός κόλπος είναι ένας κλειστός, σχετικά ρηχός κόλπος του βορειοδυτικού Αιγαίου. Χαρακτηρίζεται από ομαλό πυθμένα με χαμηλές κλίσεις και βάθη από 20 έως 200 μ. το μέγιστο, στη νότια πλευρά του. Το βάθος των 200μ χαρακτηρίζεται ως το βαθύτερο σημείο του ηπειρωτικού περιθωρίου. Στη συνέχεια η ηπειρωτική κατωφέρεια φτάνει μέχρι τα 1500μ μέχρι τη Λεκάνη των Σποράδων. Έτσι όλη η περιοχή είναι σχετικά αποκλεισμένη εκτός από στενά περάσματα ανάμεσα στα νησιά των Σποράδων και στη ΝΑ πλευρά όπου συνδέεται ο Θερμαϊκός κόλπος με το ανοικτό Αιγαίο Πέλαγος (βάθη ~1000μ) (Lykousis et al., 2005).

Η συσσώρευση φερτών υλικών από τα τρία μεγάλα ποτάμια που εκβάλλουν εδώ έχει διαμορφώσει τον πυθμένα αλλά και την μορφολογία της δυτικής και βόρειας ακτογραμμής. Ο Θερμαϊκός Κόλπος δέχεται γλυκό νερό από τρία μεγάλα ποτάμια (Αξιός, Λουδίας, Αλιάκμονας), (Εικόνα 1) τα οποία εκτιμάται ότι όλα μαζί αποστραγγίζουν έκταση περίπου 35.000.000 στρεμμάτων. Η μέση ετήσια παροχή γλυκού νερού που δεχόταν ο Θερμαϊκός ήταν, σύμφωνα με ιστορικά στοιχεία, 276 κυβικά μέτρα το δευτερόλεπτο όμως οι πιο πρόσφατες μετρήσεις αποκαλύπτουν μία δραματική μείωση της ποσότητας γλυκών νερών που δέχεται ο κόλπος, που υπολογίζεται πια ότι είναι περίπου 130 κυβικά μέτρα το δευτερόλεπτο.

Μεγάλη ποσότητα ιζημάτων (περισσότερο από 500 tonnes/km² per year) μεταφέρεται κάθε χρόνο από τέσσερα κυρίως ποτάμια (Αξιό, Αλιάκμονα, Πηνειό και Γαλλικό).

Αντίστοιχη με τη μείωση του γλυκού νερού είναι και η μείωση της ποσότητας φερτών υλών που αποτίθενται στο Θερμαϊκό, οι οποίες είναι ζωτικής σημασίας για το οικοσύστημά του. Μετά τη διευθέτηση των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα στις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα, παρατηρήθηκε αυξημένη παροχή φερτών λόγω και της αυξημένης ταχύτητας του νερού και διάβρωσης των πρανών.

Μετά όμως την κατασκευή των φραγμάτων του Αλιάκμονα το σύνολο σχεδόν των φερτών υλών παρακρατείται, με αποτέλεσμα τη δραστική μείωση της δελταϊκής εξέλιξης, την υφαλμύρωση εδαφών και των υπόγειων νερών, την εισχώρηση θαλασσινού νερού (ιδίως κατά την παλίρροια, αστρονομική και μετεωρολογική) και την γενικότερη υποβάθμιση των υγροτόπων.



Εικόνα 1. Περιοχή Θεσσαλονίκης και οι ποταμοί Αξιός (Vardar), Γαλλικός, Λουδίας και Αλιάκμονας.

2.2. Ιζηματογενή πετρώματα

Τα ιζηματογενή πετρώματα μπορεί να σχηματίζονται σε χερσαίο και θαλάσσιο περιβάλλον (Arrhenius, 1963). Η ταξινόμηση συνήθως αρχίζει με τη διάκριση μεταξύ των αλλόχθονων ιζημάτων, τα οποία περιέχουν σωματίδια που μεταφέρθηκαν στο ιζηματογενές

περιβάλλον από έξω (κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα) και των αυτόχθονων ιζημάτων, τα οποία δημιουργούνται μέσα στο περιβάλλον (μη κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα).

2.3. Η ρύπανση στο Θερμαϊκό κόλπο

2.3.1. Βαρέα μέταλλα

Τα βαρέα μέταλλα είναι μία όχι ορατή αλλά πολύ σημαντική μορφή ρύπανσης για το θαλάσσιο περιβάλλον εξαιτίας της τοξικότητάς τους. Με τον όρο βαρέα μέταλλα εννοούμε εκείνα που έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο του σιδήρου (Fe) και κυρίως τον μόλυβδο (Pb), τον υδράργυρο (Hg), το μαγγάνιο (Mn), τον χαλκό (Cu), το κάδμιο (Cd), το χρώμιο (Cr), το νικέλιο (Ni), το αρσενικό (As) και τον ψευδάργυρο (Zn).

2.3.1.1 Γενικά

Τα βαρέα μέταλλα σχετίζονται με πλήθος ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η χρήση τους στην χημική βιομηχανία είναι ο κανόνας: βιομηχανίες παραγωγής χρωμάτων, φωτογραφικών υλικών, ηλεκτρονικού υλικού, παρασιτοκτόνων, συσσωρευτών, πυρομαχικών, μεταλλουργεία κλπ χρησιμοποιούν σε διάφορες ποσότητες ενώσεις που περιέχουν βαρέα μέταλλα είτε σαν πρώτη ύλη είτε σαν καταλύτες.

Πολλές βιομηχανίες χρησιμοποιούν χάλκινους σωλήνες για την ψύξη των μηχανημάτων τους και λόγω της διάβρωσης σημαντικές ποσότητες χαλκού οδηγούνται στη θάλασσα κατά την έξοδο του νερού από το σύστημα ψύξης.

Η χρήση μόλυβδου στην βενζίνη έχει σαν αποτέλεσμα την απελευθέρωση σημαντικών ποσοτήτων ενώσεων μόλυβδου στην ατμόσφαιρα που εν συνεχεία μέσω των νερών της βροχής οδηγούνται στα ποτάμια ή κατευθείαν στην θάλασσα.

Τα αστικά λύματα περιέχουν επίσης κάποιες ποσότητες βαρέων μετάλλων που προέρχονται από την κατανάλωση διαφόρων βιομηχανικών προϊόντων που περιέχουν ενώσεις βαρέων μετάλλων, από την χρήση ορισμένων τύπων απορρυπαντικών κλπ.

Η καύση απορριμμάτων είναι ένας ακόμη παράγων εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας σε σωματίδια που περιέχουν ενώσεις βαρέων μετάλλων και στη συνέχεια καταλήγουν με τα νερά της βροχής στην θάλασσα.

Ένα μέρος των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων που βρίσκονται στη θάλασσα οφείλεται και σε φυσικές πηγές. Κυρίως πρόκειται για διάβρωση πετρωμάτων που είναι πλούσια σε ορυκτά που περιέχουν βαρέα μέταλλα.

2.3.1.2. Βαρέα μέταλλα στο Θερμαϊκό κόλπο

Οι επιστήμονες δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στην ποιότητα του νερού του Θερμαϊκού κόλπου. Από τα μέσα της δεκαετίας του 70 μέχρι και σήμερα γίνονται διάφορες μελέτες στη συγκεκριμένη περιοχή, μετρώντας τις συγκεντρώσεις των ρύπων και των βαρέων μετάλλων. Αυτό μας δίνει πληροφορίες σχετικά με τις καλλιέργειες αλιευμάτων και οστράκων αν ενδείκνυται για ανθρώπινη κατανάλωση, όπως και το μέγεθος της ρύπανσης από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Μία μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά το διάστημα Αύγουστος 1975 - Δεκέμβριος 1976, κατά τη διάρκεια της οποίας έγιναν τρία ταξίδια και συλλέχθηκαν δείγματα ιζήματος με αρπάγη σε 34 σταθμούς. Τα δείγματα αυτά εξετάστηκαν για το μέγεθος των κόκκων, τον οργανικό άνθρακα, το σίδηρο (Fe), το μαγγάνιο (Mn), τον ψευδάργυρο (Zn), το χρώμιο (Cr), το νικέλιο (Ni), το μόλυβδο (Pb), το χαλκό (Cu), το κοβάλτιο (Co) και το κάδμιο (Cd). Η πλειοψηφία των ιζημάτων πάρθηκαν από ρηγά νερά και περιείχαν αρκετά υψηλές ποσότητες οργανικού άνθρακα και λάσπης. Η μελέτη των δειγμάτων παρουσιάζει καθαρά την επίδραση της ίδιας της πόλης της Θεσσαλονίκης, του λιμανιού και των εργοστασίων, καθώς επίσης και την κατανομή των συστατικών των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα, καθοριστική για το Θερμαϊκό κόλπο. Στο νότιο τμήμα παρουσιάζονται σχεδόν οι ίδιες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων με τον Πατραϊκό Κόλπο και το Ιόνιο Πέλαγος, αλλά χαμηλότερες συγκεντρώσεις από τον Παγασητικό Κόλπο.

Επόμενη μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά το διάστημα 1980 – 1982 στο Θερμαϊκό κόλπο. Ο κυριότερος στόχος αυτής της εργασίας ήταν να εξακριβωθεί μέσα από τις αναλύσεις των θαλάσσιων οργανισμών, αν τα είδη που πιάνονται πιο συχνά έχουν συκέντρωση βαρέων μετάλλων επικίνδυνη για τη δημόσια υγεία. Εφόσον τα ψάρια είναι τα τελευταία στην θαλάσσια τροφική αλυσίδα, είναι ενδεικτικά για την ποιότητα του νερού.

Φυσικές και χημικές μετρήσεις του κόλπου έδειξαν ότι η θερμοκρασία κυμαινόταν ανάμεσα στους 9 – 28° C, η χαμηλότερη το χειμώνα και η υψηλότερη το καλοκαίρι. Η αλατότητα ήταν ελαφρώς υψηλότερη συγκρινόμενη με αυτήν της ανοιχτής θάλασσας, και κυμαινόταν από 34 – 38 ‰ με τη χαμηλότερη στην επιφάνεια του νερού και την υψηλότερη στα κατώτερα στρώματα, με μεσαίες μετρήσεις ανάμεσα. Το διαλυμένο οξυγόνο στον κόλπο κυμαίνεται από 3,20 – 6,20 mg / lit, το υψηλότερο το χειμώνα. Δείγματα συλλέχθηκαν από τους κόλπους του Θερμαϊκού, του Στρυμονικού και της Καβάλας, κατά τη διάρκεια δυο ετών (1980 – 1982) και συντηρήθηκαν σε συνθήκες κατάψυξης. Οι μελετούμενοι θαλάσσιοι οργανισμοί ήταν: *Mytilus galloprovincialis*, *Mullus barbatus* και *Merluccius merluccius* και εξετάστηκαν για υδράργυρο, μόλυβδο και κάδμιο.

Τα αποτελέσματα της μελέτης ήταν τα εξής:

Κάδμιο:

Όλοι οι μελετούμενοι θαλάσσιοι οργανισμοί είχαν συγκέντρωση καδμίου μικρότερη από 0,02 ppm (καθαρού βάρους). Οι υψηλότερες τιμές ανιχνεύθηκαν στην κουτσομούρα (70 $\mu\text{g} / \text{kg}$) και στα μύδια (170 $\mu\text{g} / \text{kg}$) στο Θερμαϊκό Κόλπο.

Μόλυβδος:

Οι υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στο μπακαλιάρο (950 $\mu\text{g} / \text{kg}$) στον κόλπο της Καβάλας και το Θερμαϊκό Κόλπο, που είναι οι περισσότερο μολυσμένες από τις περιοχές δειγματοληψίας. Εκτός από αυτές τις υψηλές τιμές στα ψάρια, η συγκέντρωση του μολύβδου στα ψάρια ήταν σημαντικά χαμηλότερη.

Υδράργυρος:

Οι συγκεντρώσεις του υδραργύρου διαφοροποιούνταν ανάλογα με την περιοχή δειγματοληψίας. Εξαιρετικά υψηλές μετρήσεις βρέθηκαν στην κουτσομούρα στον κόλπο της Καβάλας (320 $\mu\text{g} / \text{kg}$) και στον Θερμαϊκό κόλπο (610 $\mu\text{g} / \text{kg}$). Όσο για τα μύδια, υψηλές μετρήσεις παρατηρήθηκαν στις ίδιες περιοχές δειγματοληψίας και κυρίως κοντά στη βιομηχανική περιοχή και το λιμάνι.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει θέσει ως επιτρεπόμενο όριο για το κάδμιο για ανθρώπινη κατανάλωση την τιμή 0,4 – 0,5 $\mu\text{g} \text{ Cd} / \text{ άτομο} / \text{ εβδομάδα}$.

Οι προτεινόμενες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα ψάρια είναι : για το μόλυβδο 0,5 mg / kg , για το κάδμιο 0,05 mg / kg και για τον υδράργυρο 1,0 mg / kg υγρού βάρους.

Οι προτεινόμενες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα ψάρια είναι : για το μόλυβδο 0,5 mg / kg , για το κάδμιο 0,05 mg / kg και για τον υδράργυρο 1,0 mg / kg υγρού βάρους.

Από τα στοιχεία αυτά συμπεραίνεται ότι:

1. Οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων που μελετήθηκαν στους θαλάσσιους οργανισμούς, ήταν σχετικά χαμηλές και κοντά σε αυτές που βρέθηκαν στη βιβλιογραφία για τις μη μολυσμένες περιοχές.
2. Η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων ήταν αρκετά υψηλότερη κοντά στις βιομηχανικές περιοχές και στο λιμάνι
3. Η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων ήταν αρκετά υψηλότερη κοντά στις βιομηχανικές περιοχές και στο λιμάνι και
4. Η συγκέντρωση του καδμίου είχε ελαφρά μειωθεί στους ιστούς των ψαριών.

2.3.1.3 Κυκλοφορία νερού

Η υδροδυναμική κυκλοφορία του νερού είναι πολυπαραγοντική και επηρεάζεται από τους ανέμους, τη μίξη των θαλάσσιων μαζών διαφορετικών φυσικών ιδιοτήτων και τις

παλίρροιες (Αντωνίου, 2007; Poulos et al., 2000). Είναι καταξοχήν ανεμογενής και το κλίμα επηρεάζει κυρίως την επιφανειακή κυκλοφορία του νερού.

Η βαθιά κυκλοφορία του νερού είναι μέτριας ταχύτητας (15cm/sec) με νότια κατεύθυνση προς της βαθιά λεκάνη των Σποράδων.

Η συνολική κατεύθυνση της κυκλοφορίας είναι προς το βορρά από το κεντρικό και ανατολικό τμήμα του κόλπου και αντισταθμίζεται στο δυτικό τμήμα με κατεύθυνση προς το νότο. Συγκεκριμένα κάτω από την επίδραση βόρειων και βορειοδυτικών ανέμων (Βαρδάρης) η κυκλοφορία του νερού είναι όπως αναφέρεται παραπάνω. Στην περίπτωση που πνέουν νότιοι άνεμοι η είσοδος των νερών του Αιγαίου γίνεται από το κέντρο (Επανομή-Αθερίδα) και η έξοδος κατά μήκος των ανατολικών και δυτικών ακτών του.

Τα γλυκά νερά των τριών ποταμών (Αξίος, Λουδίας και Αλιάκμονας) δημιουργούν οριζόντιες βαθμίδες πυκνότητας στον κόλπο με τα ελαφρύτερα νερά να βρίσκονται κατά μήκος των ακτών. Αυτές οι διαφορές πυκνότητας βοηθούν τη διείσδυση των νερών του Αιγαίου στον όρμο της Θεσσαλονίκης (Hyder et al., 2002). Η ταχύτητα καθαρισμού του κόλπου τριπλασιάζεται κατά την περίοδο της μέγιστης παροχής των ποταμών. Η μείωση των παροχών των ποταμών που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια επηρεάζει και τη δυνατότητα καθαρισμού του κόλπου .

2.3.1.4 Μυδοκαλλιέργειες

Ο βυθός της θαλάσσιας περιοχής του βορείου τμήματος του Θερμαϊκού σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στην ιστοσελίδα του φορέα Διαχείρισης του δέλτα του Αξίου (www.axiosdelta.gr) και συγκεκριμένα των περιοχών Νέας Μηχανιώνας, Αγγελοχωρίου, Αγίας Τριάδας, Κυμίνων, Μαλγάρων, Μεθώνης και Μακρύγιαλου αποτελούν τον κατ' εξοχή χώρο παραγωγής και αλιείας των ευγενών όπως αποκαλούνται οστράκων. Στη περιοχή Κλειδίου και ειδικότερα μεταξύ της εκβολής του ποταμού Λουδία και του δέλτα του ποταμού Αλιάκμονα, αναπτύσσεται σημαντική δραστηριότητα στον τομέα των μυδοκαλλιεργιών. Στην περιοχή λειτουργούν σήμερα 43 πλωτές μονάδες καλλιέργειας μυδιών (long line) συνολικής έκτασης 715 στρεμμάτων. Επίσης υπάρχουν 86 μονάδες πασσαλωτών καλλιεργειών, υποστηρικτικές στις πλωτές εγκαταστάσεις, συνολικής έκτασης 132 στρεμμάτων. Η συνολική ετήσια παραγωγή μυδιών ανέρχεται περίπου στους 5.300 τόνους σύμφωνα με την δυναμικότητα των μονάδων, αλλά είναι αστάθμητη λόγω των ιδιοτήτων της καλλιέργειας. Η παραγωγή μυδιών αποτελεί τον κύριο κορμό της αλιευτικής παραγωγής του Ν.Ημαθίας και τον κατατάσσει στην τρίτη θέση πανελληνίως στην παραγωγή μυδιών. Το 90% της παραγωγής μυδιών διακινείται σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης με μέση χονδρική τιμή ανά κιλό με κέλυφος στα 0,50 ευρώ (στοιχεία

έτους 2007). Ωστόσο, όλες οι υφιστάμενες μονάδες μυδοκαλλιέργειας λειτουργούν άναρχα, δεδομένου ότι ο θαλάσσιος χώρος που τις υποδέχεται δεν είναι χωροθετημένος και οργανωμένος, γεγονός που έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον και μάλιστα σε μία περιοχή που είναι ενταγμένη στο δίκτυο Natura 2000 και προστατεύεται από τη σύμβαση Ramsar. Για την άρση αυτής της αρνητικής κατάστασης, ο Δήμος Πλατέος και η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Ημαθίας υπέγραψαν μνημόνιο συνεργασίας για την από κοινού σύσταση Ανώνυμης Εταιρίας με την επωνυμία «Πρωτέας Ημαθίας Α.Ε.» που ως βασικό στόχο θα έχει την χωροθέτηση Περιοχής Οργανωμένης Ανάπτυξης Υδατοκαλλιεργειών (ΠΟΑΥ) στο θαλάσσιο χώρο του Κλειδίου, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη αξιοποίηση της περιοχής και η ανάπτυξη παραγωγικών – επιχειρηματικών δραστηριοτήτων του πρωτογενούς, δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα.

2.4. Περιοχή δειγματοληψίας

Οι σταθμοί δειγματοληψίας καλύπτουν σχεδόν περιμετρικά τον Θερμαϊκό κόλπο και φαίνονται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2. Ο Κόλπος του Θερμαϊκού με τους σταθμούς δειγματοληψίας.

Οι ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες και βάθη δίνονται από τον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 1. Ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες, βάθη και ονομασίες των σταθμών δειγματοληψίας (Όπου Latitude = γεωγραφικό πλάτος και Longitude = γεωγραφικό μήκος)

Samples No.	Βάθος (m)	Latitude			Longitude		
		Degress	Minutes	Seconds	Degress	Minutes	Seconds
TP 02	17	40	22	14,88	22	33	24,48
TP 05	24	40	20	57,12	22	32	17,52
TP 08	20	40	19	43,68	22	30	10,08
TP 10	16	40	19	43,68	22	34	29,28
TP 11	20	40	18	36,72	22	28	48
TP 13	17	40	18	36,72	22	31	58,08
TP 16	25	40	17	21,12	22	25	59,52
TP 18	22	40	17	21,12	22	28	30,72
Latitude'	Longitude'						
40,3708	22,5568						
40,3492	22,5382						
40,3288	22,5028						
40,3288	22,5748						
40,3102	22,48						
40,3102	22,5328						
40,2892	22,4332						
40,2892	22,4752						

Οι σταθμοί δειγματοληψίας ποικίλουν γεωγραφικά. Ο σταθμός TP 11 βρίσκεται κοντά στο δέλτα του Αξιού. Οι μετρήσεις σε αυτή την περιοχή μπορούν να μας δώσουν αρκετές πληροφορίες σχετικά με το πως επηρεάζεται η υφή και η χημική σύσταση των ιζημάτων από τις εκβολές του ποταμού. Ο σταθμός TP 02 τοποθετείται στο βορειότερο τμήμα του κόλπου, κοντά στην πόλη της Θεσσαλονίκης. Οι σταθμοί TP 10 και TP 13, βρίσκονται και αυτοί υπό την επιρροή των εκκροών από την πόλη της Θεσσαλονίκης. Οι σταθμοί TP 16 και TP 18 βρίσκονται στο νοτιότερο τμήμα του κόλπου της Θεσσαλονίκης. Ο TP-16 βρίσκεται κοντά στις εκβολές των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα. Όλοι οι σταθμοί δειγματοληψίας κυμαίνονται σε βάθος 16 – 25 μ. Το μικρότερο βάθος δειγματοληψίας παρατηρείται στον σταθμό TP 10 με βάθος 16 μ. ενώ το μεγαλύτερο βάθος εντοπίζεται στον TP 16 με βάθος 25 μ.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Τα δείγματα συλλέχθηκαν από την περιοχή του Θερμαϊκού Κόλπου με τη χρήση σκάφους. Κατά τη δειγματοληψία συλλέχθηκαν πυρήνες ιζήματος σε 8 θέσεις (όπως φαίνεται στην εικόνα 2). Στη συνέχεια οι πυρήνες μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε για περαιτέρω επεξεργασία.



Εικόνα 3. Εργαστήριο Ιζηματολογίας

Οι πυρήνες αρχικά τοποθετήθηκαν ανάμεσα σε δύο δοκούς (για να παραμείνουν σταθεροί) και κόπηκαν κατά μήκος με ένα ειδικό κοπτικό εργαλείο. Μετά με τη βοήθεια ενός σχοινού ανοίχτηκαν στα δύο. Στη συνέχεια φωτογραφήσαμε τους πυρήνες και μετρήσαμε το μήκος τους. Έπειτα καθορίσαμε για κάθε πυρήνα τα διάφορα βάθη από τα οποία πήραμε δείγματα και ποιες από τις αναλύσεις θα γίνουν στα βάθη αυτά.

Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι οι εξής:

- A) Κοκκομετρική ανάλυση, με τη μέθοδο του Sedigraph
- B) Χημικές αναλύσεις για τον προσδιορισμό στοιχείων και ιχνοστοιχείων, με τη μέθοδο του XRF

Πίνακας 2. Υποδιαίρεση των πυρήνων σε επιμέρους τμήματα και αναλύσεις που έγιναν σε κάθε ένα από αυτούς (κοκκομετρική ανάλυση και XRF)

	(SEDIGRAPH) (ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ)	(XRF) (ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ)
TP-02		
TP-02(0-2cm)	+	+
TP-02(5-7cm)	+	+
TP-02(10-12cm)	+	

TP-02(15-17cm)	+	+
TP-02(20-22cm)	+	+
TP-02(25-27cm)	+	
TP-02(29-31cm)	+	+
TP-02(34-36cm)	+	
TP-02(38-40cm)	+	+
TP-02(42-44cm)	+	
TP-02(46-48cm)	+	+
TP-02(50-52cm)	+	+
TP-10		
TP-10(0-2cm)	+	+
TP-10(2-4cm)		
TP-10(4-6cm)	+	+
TP-10(6-8cm)		
TP-10(8-10cm)	+	+
TP-10(10-12cm)		
TP-10(12-14cm)	+	+
TP-10(14-16cm)		
TP-10(16-18cm)	+	
TP-10(18-20cm)		
TP-10(20-22cm)	+	+
TP-10(22-24cm)		
TP-10(24-26cm)	+	
TP-10(26-28cm)		
TP-10(28-30cm)	+	+
TP-10(30-32cm)		
TP-10(32-34cm)	+	
TP-10(34-36cm)		
TP-10(36-38cm)	+	
TP-10(38-40cm)		
TP-10(40-42cm)	+	+
TP-10(42-44cm)		
TP-10(44-46cm)	+	
TP-10(46-48cm)		
TP-10(48-50cm)	+	
TP-10(50-52cm)		
TP-10(52-54cm)	+	+
TP-10(54-56cm)		
TP-10(56-58cm)	+	
TP-10(58-60cm)		
TP-10(60-62cm)	+	
TP-10(62-64cm)		
TP-10(64-66cm)	+	+
TP-10(66-68cm)		
TP-10(68-70cm)	+	
TP-10(70-72cm)		
TP-10(72-74cm)	+	
TP-10(74-76cm)		
TP-10(76-78cm)	+	+
TP-10(78-80cm)		

TP-10(80-82cm)	+	
TP-10(82-84cm)	+	+
TP-10(84-85cm)	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ
TP-11		
TP-11(0-1cm)	+	+
TP-11(5-7cm)	+	+
TP-11(11-15cm)	+	+
TP-11(16-19cm)	+	
TP-11(21-25cm)	+	+
TP-11(25-27cm)	+	+
TP-11(29-32cm)	+	
TP-11(35-38cm)	+	+
TP-11(40-43cm)	+	
TP-11(46-50cm)	+	+
TP-13		
TP-13(0-2cm)	+	+
TP-13(4-5cm)μονο pb		
TP-13(7-10cm)	+	+
TP-13(11-12cm)μονο pb		
TP-13(14-17cm)	+	+
TP-13(19-20cm)μονο pb		
TP-13(21-25cm)	+	+
TP-13(25-26cm)μονο pb		
TP-13(28-32cm)	+	+
TP-13(32-33cm)μονο pb		
TP-13(34-38cm)	+	+
TP-16		
TP-16(0-2cm)	+	+
TP-16(2-4cm)		
TP-16(4-6cm)	+	+
TP-16(6-8cm)		
TP-16(8-10cm)	+	+
TP-16(10-12cm)		
TP-16(12-14cm)	+	+
TP-16(14-16cm)		
TP-16(16-18cm)	+	+
TP-16(18-20cm)		
TP-16(20-22cm)	+	+
TP-16(22-24cm)		
TP-16(24-26cm)	+	+
TP-16(26-28cm)		
TP-16(28-30cm)	+	
TP-16(30-32cm)		
TP-16(32-34cm)	+	+
TP-16(34-36cm)		
TP-16(36-38cm)	+	
TP-16(38-40cm)		
TP-16(40-42cm)	+	
TP-16(42-44cm)		
TP-16(44-46cm)	+	+

TP-16(46-48cm)		
TP-16(48-50cm)	+	
TP-16(50-52cm)		
ΣΥΝΟΛΟ	63	41

3.1.2 Χημικές Αναλύσεις

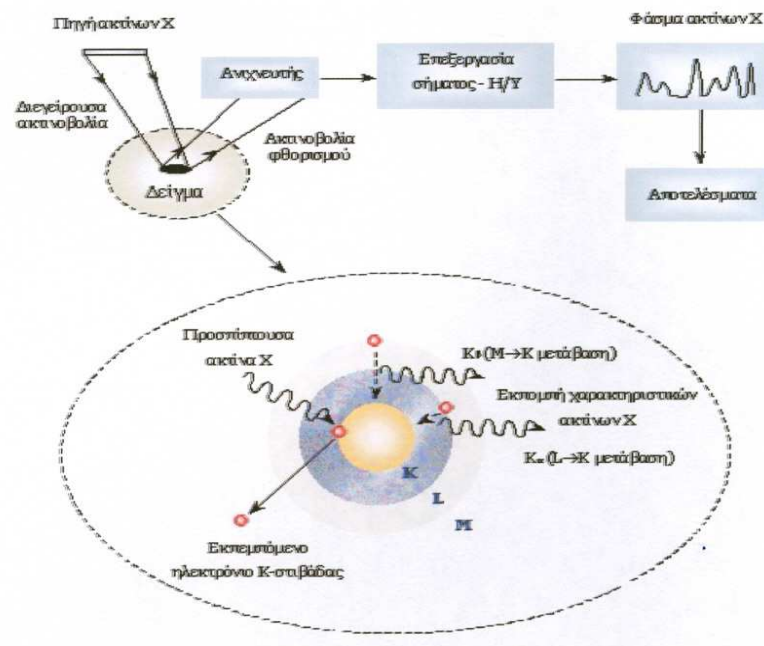
Στα δείγματα που επιλέχθηκαν έγιναν χημικές αναλύσεις που αφορούσαν κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία, για τον προσδιορισμό των οποίων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ανάλυσης με φθορισμό ακτίνων X με τη βοήθεια οργάνου PHILIPS (PW 240, X-Ray Fluorescence) του Βιο-Γεω-Χημικού Εργαστηρίου του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ). Η μελέτη των ιχνοστοιχείων δίνει πληροφορίες για την πιθανή επιβάρυνση του θαλάσσιου συστήματος από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.



Εικόνα 4. X-Ray Fluorescence

Η αρχή λειτουργίας του φθορισόμετρου ακτίνων X είναι η εξής: Ένα ηλεκτρόνιο εσωτερικής ατομικής στιβάδας διεγείρεται από προσπίπτουσα ακτινοβολία κατάλληλης ενέργειας. Κατά τη μετάπτωση του ατόμου στη βασική του κατάσταση, ηλεκτρόνιο ανώτερης ενεργειακής στάθμης καταλαμβάνει την κενή θέση της εσωτερικής στιβάδας και η μετάβαση συνοδεύεται από την εκπομπή φωτονίου ενέργειας στην περιοχή των ακτίνων X. Στο φάσμα ακτίνων X ενός ατόμου που υποβάλλεται στην ανωτέρω διαδικασία, εμφανίζεται μια σειρά χαρακτηριστικών ενεργειακών κορυφών. Η ενεργειακή θέση των κορυφών οδηγεί στην ταυτοποίηση των στοιχείων που περιέχονται στο δείγμα (ποιοτική ανάλυση), ενώ από την έντασή τους προκύπτουν οι σχετικές ή απόλυτες συγκεντρώσεις των στοιχείων του δείγματος (ημι-ποσοτική ή ποσοτική ανάλυση). Μια τυπική διάταξη φασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων X περιλαμβάνει μια πηγή πρωτογενούς ακτινοβολίας (ραδιοϊσότοπο ή

λυχνία ακτίνων X) και ένα σύστημα ανίχνευσης της δευτερεύουσας ακτινοβολίας του δείγματος.



Εικόνα 5. Πηγές πρωτογενούς ακτινοβολίας.

Η πρωτογενής ακτινοβολία προέρχεται συνήθως από ραδιοϊσοτοπικές πηγές ή λυχνίες ακτίνων X [1-5]. Η ενέργεια της πρωτογενούς ακτινοβολίας πρέπει να είναι υψηλότερη, αλλά γειτονική προς την ενέργεια σύνδεσης των ηλεκτρονίων των στιβάδων K και L στα υπό διεγερση άτομων. Στην περίπτωση ραδιοϊσοτοπικών πηγών, η εκπεμπόμενη ακτινοβολία έχει συγκεκριμένη ενέργεια, με αποτέλεσμα κάθε ραδιενεργός πηγή να διεγείρει επιτυχώς ορισμένα μόνο στοιχεία (Πίνακας I.1). Κατά συνέπεια, στις περισσότερες διατάξεις XRF χρησιμοποιούνται συνδυασμοί ραδιενεργών πηγών προκειμένου να αναλυθούν στοιχεία από ευρύ φάσμα του περιοδικού πίνακα. Εναλλακτικά, για την ακτινοβολήση ενός δείγματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί το συνεχές φάσμα λυχνιών ακτίνων X. Αναλόγως με τα στοιχεία που πρόκειται να αναλυθούν, επιλέγεται το υλικό της ανόδου της λυχνίας (Πίνακας I.2).

Ισότοπο	Χρόνος ημιζωής	Ακτινοβολία	Ενέργεια (keV)	Διεγειρόμενα στοιχεία
Fe-55	2.7 y	Mn K	5.9	Al-Cr
Co-57	270 d	Fe K γ γ γ	6.4 14.4 122 136	<Cf
Cd-109	1.3 y	Ag K γ	22.2 88	Ca-Tc W-U
Am-241	470 y	Np L γ	14-21 26	Sn-Tm

Υλικό ανόδου	Τάση ανόδου (kV)	Ρεύμα (mA)	Διεγειρόμενα στοιχεία
Ca (ακτίνες K)	8-10	0.1-1	P, S, Cl
Pd (ακτίνες L)	3-5	0.1-1	P, S, Cl
Pd (ακτίνες K)	35	0.1-1	K-Sn (ακτίνες K), Cd-U (ακτίνες L)
Ti (ακτίνες K)	10	0.1-1	Cl, K, Ca
Mo (ακτίνες K)	30	0.1-1	K-Y (ακτίνες K), Cd-U (ακτίνες L)
W	35	0.1-1	K-Sn (ακτίνες K), Tb-U (ακτίνες L)
W	50	0.1-1	Zn-Ba (ακτίνες K), Tb-U (ακτίνες L)

Ανιχνευτές ακτίνων X: Η ανίχνευση της δευτερογενούς ακτινοβολίας X γίνεται ως επί το πλείστον μέσω ανιχνευτών στερεάς κατάστασης (Πίνακας I.3). Ανιχνευτές τύπου Si(Li) και HPGe, που λειτουργούν σε θερμοκρασία υγρού αζώτου, χρησιμοποιούνται κατά παράδοση λόγω της υψηλής διακριτικής τους ικανότητας. Τα τελευταία χρόνια καθιερώθηκε επίσης η χρήση μικρού μεγέθους ημιαγωγών, όπως HgI₂, Si-PIN, SiDRIFT και CdZnTe, οι οποίοι ψύχονται μέσω θερμοηλεκτρικών κυκλωμάτων (Peltier) σε θερμοκρασίες -30°C. Παρότι η διακριτική τους ικανότητα είναι εν γένει κατώτερη εκείνης των ανιχνευτών Si(Li) και HPGe, η ευκολία ψύξης και οι μικρές διαστάσεις τους, τους καθιστούν ιδιαίτερα ελκυστικούς σε φορητές διατάξεις φασματοσκοπίας XRF.

Πίνακας 1.3 Χαρακτηριστικά επιδόσεων των συνηθέστερων ανιχνευτών ακτίνων X.					
	Si(Li)	HPGe	Si-PIN	CdZnTe	HgI ₂
Διακριτική ικανότητα (eV) (FWHM στα 5.9 keV)	140	150	180	280	200
Ενεργειακή περιοχή (keV)	1-50	1-120	2-25	2-100	2-120
Ψύξη	Υγρό N ₂	Υγρό N ₂	Peltier	Peltier	Peltier

Βαθμονόμηση της διάταξης: Για ποσοτική μελέτη με τη μέθοδο XRF απαιτείται βαθμονόμηση του συστήματος με πρότυπα δείγματα, γνωστής περιεκτικότητας, στην περιοχή συγκεντρώσεων του υπό εξέταση δείγματος. Η ακρίβεια της βαθμονόμησης εξαρτάται ισχυρά από τη μορφολογία του δείγματος, η οποία πρέπει να συμπίπτει κατά το δυνατόν με εκείνη του προτύπου. Σημαντικό είναι επίσης να διατηρείται σταθερή γεωμετρία κατά την παρασκευή και τοποθέτηση των δειγμάτων στο σύστημα XRF. Εναλλακτικά, ποσοτικές αναλύσεις μπορούν να γίνουν μέσω της μεθόδου Θεμελιωδών Παραμέτρων (Fundamental parameters technique), η οποία στηρίζεται σε θεωρητικούς υπολογισμούς που λαμβάνουν υπόψη τις αλληλεπιδράσεις της πρωτογενούς ακτινοβολίας με τα άτομα του δείγματος. Για τον ακριβή προσδιορισμό της περιεκτικότητας ενός δείγματος, είναι απαραίτητη η γνώση της ποιοτικής του σύστασης, ενώ για τον έλεγχο των θεωρητικών αλγορίθμων αρκεί η ανάλυση ενός μόνο προτύπου δείγματος. Όρια ανίχνευσης: Οι ελάχιστες συγκεντρώσεις που είναι δυνατόν να προσδιοριστούν μέσω της φασματοσκοπίας XRF, καθορίζονται τόσο από τα όρια ανίχνευσης του ανιχνευτικού συστήματος όσο και από τα όρια ανίχνευσης της αναλυτικής μεθόδου (π.χ. προετοιμασία του δείγματος, χρονική διάρκεια της μέτρησης κλπ.). Ανάλογα με το είδος του στοιχείου που προσδιορίζεται και τη μήτρα του δείγματος τα κατώτερα όρια ανίχνευσης κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 10 και 100 ppm.

3.1.3 Κοκκομετρική ανάλυση

Στη συνέχεια ακολουθεί κοκκομετρική ανάλυση με τη βοήθεια της συσκευής SEDIGRAPH (Εικόνα 6) η αρχή λειτουργίας της οποίας είναι η εξής η μέθοδος του SEDIGRAPH είναι βασισμένη σε δύο φυσικά φαινόμενα, το νόμο της βαρύτητας (των ίζημάτων που καθιζάνουν) και στο νόμο της απορροφητικότητας της ενέργειας των ακτίνων X. Ο νόμος του Stokes περιγράφει την βαρύτερη ιζηματοπόθεση των σωματιδίων συναρτήσει της διαμέτρου τους και έχει σαν βασική αρχή ότι η τελική ταχύτητα καθόδου των σφαιρικών σωματιδίων σε ένα υγρό, είναι συναρτήσει της διαμέτρου των σωματιδίων. Έτσι ισχύει η εξίσωση 1.

$$v = (D/K)^2 \text{ (Εξίσωση 1)}$$

Η σταθερά K εκτιμάται από τη πυκνότητα των σωματιδίων και τις φυσικές ιδιότητες του υγρού μέσου. Το K ισούται με:

$$K = [(18\eta)/(\rho - \rho_0)g]^{1/2} \text{ (Εξίσωση 2)}$$

Όπου:

ρ : η πυκνότητα του σωματιδίου

ρ_0 : η πυκνότητα του υγρού μέσου

η : το ιξώδες του υγρού

g : η σταθερά της βαρύτητας

Ο νόμος του Stokes εφαρμόζεται μόνο όταν τα σωματίδια καθιζάνουν και επικρατεί στρωτή ροή. Αυτή η συνθήκη ικανοποιείται όταν ισχύει:

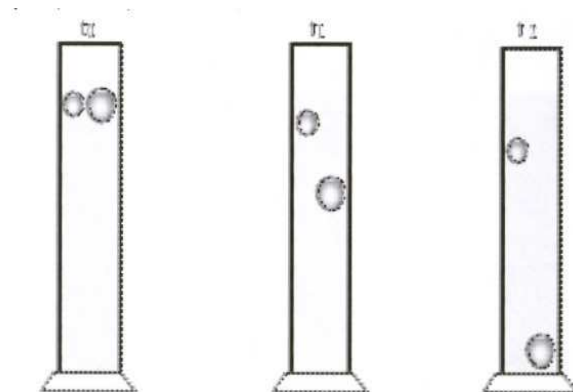
$$(Dv\rho/\eta) < 0.3 \text{ (Εξίσωση 3)}$$

Η αριστερή μεριά της παραπάνω έκφρασης είναι γνωστή ως αριθμός Reynolds. Η ροή του υγρού γύρω από το σωματίδιο παραμένει στρωτή όσο ο αριθμός Reynolds είναι μικρότερος από 0,3. Η μορφή της ροής γίνεται τυρβώδης όταν η σχέση ανάμεσα στις παραμέτρους καταλήξει σε αριθμό Reynolds ο οποίος υπερβαίνει το 0,3. Η ενέργεια που απαιτείται για να δημιουργηθεί τύρβη μειώνει την ταχύτητα κατακάθισης των σωματιδίων και η σχέση ανάμεσα στη ταχύτητα και τη διάμετρο D δεν ισχύει ακριβώς όπως περιγράφεται από την εξίσωση 1. Αναλυτικά ο αριθμός Reynolds διατηρείται εύκολα εντός των πλαισίων τροποποιώντας το ιξώδες ή την πυκνότητα του υγρού μέσου. Το SEDIGRAPH παρέχει μέσω του λογισμικού του κριτήρια για να βοηθήσει τους χρήστες να διαλέξουν το κατάλληλο διαθέσιμο υγρό για την ανάλυση των δειγμάτων. Αν η ταχύτητα καταβύθισης (v) είναι γνωστή, τότε η απόσταση (s) που διανύει με την παραπάνω ταχύτητα είναι εύκολα υπολογίσιμη από την σχέση:

$$s = vt \text{ (Εξίσωση 4)}$$



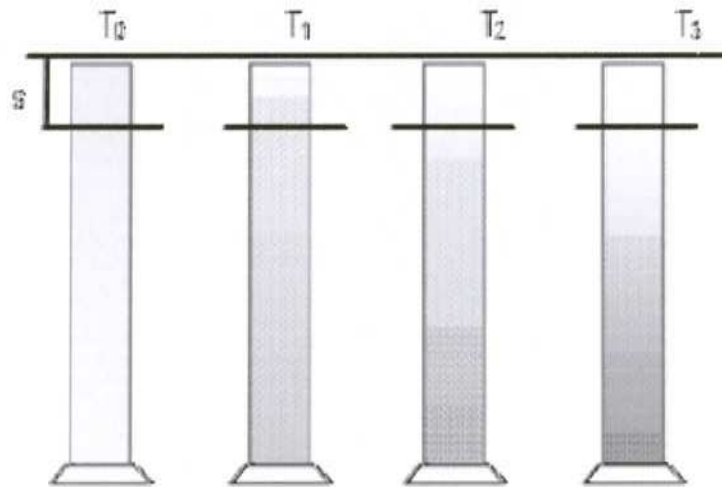
Εικόνα 6. SEDIGRAPH



Εικόνα 7. Στερεά σωματίδια πυκνότητας ρ τα οποία τοποθετούνται σε υγρό διάλυμα

Παρομοίως μετρώντας το χρόνο που απαιτείτε για να βυθιστεί ένα σωματίδιο σε ένα γνωστό βάθος, η ταχύτητα βρίσκεται εύκολα από την εξίσωση 4. Με τα v και K στην εξίσωση 2 να είναι γνωστά, ο νόμος του Stokes μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογισθεί το μέγεθος των σωματιδίων D_t συναρτήσει του χρόνου που απαιτείται για να διανύσουν μια γνωστή απόσταση s .

Ένα απλό πείραμα για να κατανοηθούν τα προηγούμενα είναι να μελετηθεί η υπόθεση ότι ένα σφαιρικό σωματίδιο γνωστής πυκνότητας (Εικόνες 7 και 8) αλλά αγνώστου μεγέθους αφήνεται στην επιφάνεια ενός υγρού γνωστού ιξώδους και πυκνότητας μικρότερης του σωματιδίου. Έτσι μπορούμε να βρούμε ακριβώς το πότε το σωματίδιο θα έχει διανύσει μια συγκεκριμένη απόσταση στο υγρό. Ομοίως εάν πολλά σωματίδια διαφορετικού μεγέθους εισαχθούν ταυτόχρονα στην επιφάνεια ενός υγρού μπορεί να προβλεφθεί πότε ακριβώς τα σωματίδια με το μεγαλύτερο μέγεθος έχουν πέσει κάτω από ένα συγκεκριμένο βάθος.



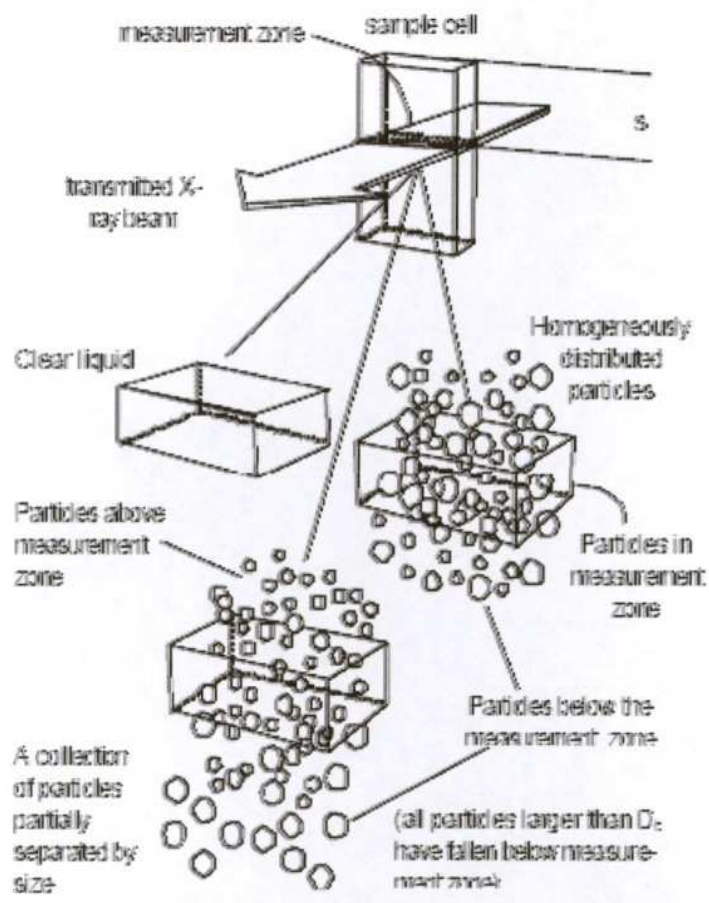
Εικόνα 8. Κύλινδροι που περιέχουν υγρό και αιωρούμενα σωματίδια

Αν υποθέσουμε ότι ομοιογενή εν αιώρηση σωματίδια καταβυθίζονται, σε αυτή τη περίπτωση μπορεί να προσδιοριστεί το εύρος του μεγέθους των σωματιδίων που έχουν καταβυθιστεί κάτω από ένα συγκεκριμένο βάθος του δοχείου και σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Έτσι προσδιορίζει το SEDIGRAPH το μέγεθος των σωματιδίων.

Ποσοτική μέτρηση:

Το SEDIGRAPH χρησιμοποιεί δέσμη ακτίνων X ευθυγραμμισμένη μέσα από μια λεπτή οριζόντια κυψελίδα (Εικόνα 9) όπου μετράει κατευθείαν τη συγκέντρωση της μάζας των σωματιδίων σε ένα υγρό μέσο. Αυτό γίνεται μετρώντας την ένταση I_{max} ενός σημείου αναφοράς των εκπεμπόμενων δεσμών των ακτίνων X που έχουν σταλθεί στο υγρό μέσο που

περιέχει το δείγμα. Περισσότερες ακτίνες X απορροφούνται από τα στερεά σε σχέση με τα υγρά άρα η εκπεμπόμενη δέσμη ακτίνων X εξασθενεί. Όταν η ένταση εξασθενεί πλήρως συμβολίζεται με I_{min} . Όταν η ροή ανάμειξης του υγρού σταματήσει και το ομογενοποιημένο δείγμα αρχίσει να βυθίζεται, καθώς η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας καταγράφεται στο βάθος s κατά τη διάρκεια της ιζηματολογικής ανάλυσης, πρώτα βυθίζονται κάτω από τη ζώνη μέτρησης τα σωματίδια μεγάλου μεγέθους και στη συνέχεια βυθίζονται και τα υπόλοιπα με ταχύτητες ανάλογες του μεγέθους τους. Όσο περισσότερα από τα μεγάλα σωματίδια βυθίζονται κάτω από τη ζώνη μέτρησης και δεν αντικαθίστανται από του ίδιου μεγέθους σωματίδια που καθιζάνουν από πάνω, η εξασθένηση της δέσμης των ακτίνων X μειώνεται.



Εικόνα 9. Κυψέλιδα υποδοχής του δείγματος του SEDIGRAPH.

Κατά τη διάρκεια της ιζηματολογικής ανάλυσης, η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας X αυξάνεται από I_{min} σε I_{max} . Από τις ακραίες εκπεμπόμενες εντάσεις οι μεταξύ τους συμβολίζονται με I_t και μπορούν να εκφραστούν απλά σαν:

$$I_t = I_{\max} \times 10^{-kMt} \quad (\text{Εξίσωση 5})$$

όπου Mt είναι το κλάσμα της μάζας των σωματιδίων στη ζώνη μέτρησης τη χρονική στιγμή t και στο k ενσωματώνονται όλες οι άλλες μεταβλητές που επηρεάζουν την απορροφητικότητα των ακτίνων X . Όταν $Mt = 0$, τότε μηδενίζεται και ο τύπος. Όταν έναν αριθμό τον υψώνουμε στη μηδενική δύναμη, τότε αυτός ισούται με το 1, άρα όταν δεν υπάρχουν σωματίδια στη ζώνη μέτρησης η ένταση I ισούται με την ένταση I_{\max} . Από την άλλη μεριά όταν μια ομογενοποιημένη κατανομή σωματιδίων είναι μέσα στη ζώνη μέτρησης, η συγκέντρωση του δείγματος αυξάνεται μέχρι η εξασθένιση από τις εκπεμπόμενες ακτίνες X (I_{\min}/I_{\max}) να εξασφαλίσει αρκετό διάστημα για πετύχει μια καλή μετρούμενη ανάλυση από το 0 μέχρι το 100% του εύρους της μάζας. Η αριθμητική τιμή του k στην εξίσωση 5 μπορεί να αποφασιστεί ύστερα από τις μετρήσεις των I_{\min} και I_{\max} .

$$I_{\min} = I_{\max} \times 10^{-k} \quad I_{\min}/I_{\max} = 10^{-k}$$

$$k = -\log(I_{\min}/I_{\max}) \quad (\text{Εξίσωση 6})$$

Φυσικά η διαδικασία μέτρησης στο SEDIGRAPH είναι αυτοματοποιημένη (Εικόνα 6). Η ένταση I_{\max} μετριέται όταν στη κυψελίδα υπάρχει μόνο υγρό και η ένταση I_{\min} μετά από την εισαγωγή του δείγματος. Οι υπόλοιπες τιμές της έντασης μετρώνται κατά τη διάρκεια της ιζηματολογικής ανάλυσης, όταν έχει σταματήσει η ροή.

3.1.4 Επεξεργασία

Τα δείγματα τα οποία αναλύθηκαν για ιχνοστοιχεία και κύρια στοιχεία προετοιμάστηκαν ως εξής: αρχικά έγινε η ξήρανση τους και συγκεκριμένα πάρθηκε με πλαστική σπάτουλα ποσότητα ίση με τα 2/3 από το κάθε φιαλίδιο και τοποθετήθηκε σε πήλινη κάψα (Εικόνα 10) και στη συνέχεια οι κάψες με τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε κλίβανο σε θερμοκρασία 70 βαθμών Κελσίου για 24 ώρες.



Πήλινες κάψες (Εικόνα 2.1.1)

Εικόνα 10. Πήλινες κάψες

Στην περίπτωση που στα δείγματα περιέχονταν κελύφη ή φύκια (τα οποία μπορούν να επηρεάσουν τις μετρήσεις λόγω των Οργανικών που περιέχουν), τα δείγματα μεταφέρονταν από τις κάψες σε ποτήρια ζέσεως στα οποία προστίθεται αποσταγμένο νερό και στη συνέχεια το δείγμα που περιέχεται στα ποτήρια ζέσεως ρίχνεται σε κόσκινο των 4 mm, (για να μην συγκρατείται η άμμος) το δείγμα με τη βοήθεια αποσταγμένου νερού οδηγείται μέσω ενός γυάλινου χωνιού σε ποτήρι ζέσεως από το οποίο στη συνέχεια μεταφέρεται σε κάψα η οποία τοποθετείται στον κλίβανο. Το χωνί, το κόσκινο και το ποτήρι ζέσεως αφού ξεπλυθούν με αποσταγμένο νερό χρησιμοποιούνται και για τα επόμενα δείγματα.

Ύστερα από την έξοδο τους από τον κλίβανο, τα δείγματα τρίφτηκαν, συγκεκριμένα όπως είχαν ξεραθεί μέσα στις κάψες, σπάστηκαν με γουδοχέρι και στη συνέχεια το κάθε δείγμα ξεχωριστά μεταφέρθηκε σε ειδικό δοχείο από αχάτι, στο δοχείο τοποθετήθηκαν οι ειδικές μπίλιες από αχάτι (μέσω της κίνησης των οποίων γίνεται το τρίψιμο του δείγματος) και αφού το δοχείο σκεπάστηκε τοποθετήθηκε σε ειδικό μύλο ο οποίος είναι προγραμματισμένος να λειτουργεί για 10 λεπτά στις 250 στροφές το λεπτό. Μόλις σταματήσει ο μύλος οι μπίλιες αφαιρούνται με προσοχή ώστε να μην πάρουν μαζί τους δείγμα το οποίο αφού περαστεί από κόσκινο των 63" μm για να είναι ομοιόμορφο (αν μείνει κάποιος κόκκος μεγάλου μεγέθους ο οποίος δεν τρίφτηκε, και στη συνέχεια δεν ζυγιστεί αλλά χτυπηθεί από τις ακτίνες του XRF τότε, θα έχουμε σφάλμα στις μετρήσεις) μεταφέρεται σε κάψες και επανατοποθετείται στον κλίβανο (στις ίδιες συνθήκες που περιγράφηκαν παραπάνω) για την απομάκρυνση τυχόν υγρασίας. Οι μπίλιες, το δοχείο και το καπάκι από αχάτι, αφού ξεβγαλθούν με αποσταγμένο νερό και ακετόνη (για να στεγνώσουν πιο γρήγορα) τοποθετούνται για λίγα λεπτά στον κλίβανο και στη συνέχεια

ξαναχρησιμοποιούνται για τα υπόλοιπα δείγματα.

Αφού τα δείγματα βγήκαν από τον κλίβανο, αυτά που θα μετρηθούν από το φθορισόμετρο ζυγίζονται σε ζυγό ακριβείας ως εξής: για την μέτρηση των ιχνοστοιχείων των δειγμάτων θα ζυγιστεί ποσότητα από κάθε δείγμα, ίση με 5 gr μαζί με 0,5 gr κεριού (για την συνεκτικοποίηση του δείγματος). Αυτή η ποσότητα θα τοποθετηθεί σε ποτήρι ζέσεως και στη συνέχεια σε βάση αλουμινίου η οποία θα σκεπαστεί με ειδική μεμβράνη (X- Ray Film Milar) για να μην επιμολυνθεί το δείγμα από το μεταλλικό καπάκι του υδραυλικού πιεστήριου (Εικόνα 11). Η πρέσα ασκεί πίεση 210 bar για 1 λεπτό. Τέλος το δείγμα είναι έτοιμο για τη μέτρηση των ιχνοστοιχείων στο φθορισόμετρο. Σε περίπτωση που δεν γίνει απευθείας η μέτρηση, το δείγμα φυλάσσεται σε ξηραντήρα (Εικόνα 12).



Εικόνα 11. Υδραυλικό Πιεστήριο

Στα δείγματα τα οποία πρόκειται να μετρηθούν για κύρια στοιχεία πάρθηκαν τρεις μετρήσεις, 5,4 gr Lithium Tetraborate $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$, 0,6 gr από το δείγμα σε σκόνη και 0,5 gr Νιτρικό Λίθιο LiNO_3 (Εικόνα 13).



Εικόνα 12. Ξηραντήρας



Εικόνα 13. Δείγματα τα οποία περιέχουν 5,4 gr Lithium Tetraborate $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$, 0,6 gr από το δείγμα σε σκόνη και 0,5 gr Νιτρικό Λίθιο LiNO_3

Στη συνέχεια έγινε ανάμειξη των δειγμάτων και η μεταφορά τους σε ποτηράκια από πλατίνα στα οποία προστέθηκαν σταγόνες Βρωμιούχου Λιθίου BrLi (6,25gr/25ml), ύστερα τα δείγματα τοποθετήθηκαν στη Συσκευή Σύντηξης σε Θερμοκρασία 1000 βαθμών Κελσίου για 15 λεπτά (Εικόνα 14). Ύστερα το δείγμα παίρνει τη σύσταση ύαλου και αναλύεται από το φθορισόμετρο για κύρια στοιχεία (Εικόνα 15).



Εικόνα 14. Συσκευή Σύντηξης



Εικόνα 15. Ύαλος δείγματος

Στα αποτελέσματα των ζυγίσεων πρέπει να συμπεριληφθεί και η Απώλεια Καύσης Lost off Ignition (LOI), κατά την οποία το δείγμα τοποθετείτε σε

πορσελάνινο ποτηράκι και στη συνέχεια σε πυργεντήριο στους 1000 βαθμούς Κελσίου και έτσι μπορούμε να βρούμε τη ποσότητα του βάρους που χάνεται από το δείγμα μας λόγω της καύσης του.

Στο εργαστήριο Ιζηματολογίας έγινε η προετοιμασία των δειγμάτων τα οποία προέρχονται από τον κόλπο του Θερμαϊκού (Εικόνα 2), προκειμένου αυτά να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω ανάλυση.

Η μεθοδολογία η οποία χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δειγμάτων ως προς τα ποσοστά τους σε άμμο, ιλύς και άργιλο, είναι η ακόλουθη:

Από το κάθε δείγμα πάρθηκε ποσότητα ιζήματος ίση με 3 - 5 gr. (Στη προκειμένη περίπτωση δεν μας ενδιαφέρει η ακρίβεια στη ζύγιση του κάθε δείγματος επειδή τα δείγματα στη συνέχεια θα τοποθετηθούν στον κλίβανο και θα αλλάξει το βάρος τους).



Εικόνα 16. Τα δείγματα με Calgon

Η ποσότητα του ιζήματος τοποθετήθηκε σε ύαλο ορολογίου και στη συνέχεια ζυγίστηκε σε ζυγό. Στη συνέχεια τα δείγματα θα τοποθετηθούν στον κλίβανο στους 60 βαθμούς Κελσίου για 24 ώρες.



Εικόνα 17. Ο Κλίβανος

Μετά από τον κλίβανο (Εικόνες 17), τα δείγματα ζυγίστηκαν ως προς το ολικό ξηρό τους βάρος (άμμο, ιλύς και άργιλο) σε ζυγό ακριβείας πέντε δεκαδικών ψηφίων και οι ποσότητες που ζυγίστηκαν τοποθετήθηκαν σε ποτήρια ζέσεως των 50 ml στα

οποία στη συνέχεια προστέθηκαν 20 ml Calgon (περιεκτικότητας 5,5 gr/l) για την αποσυγκόλληση των κόκκων (Εικόνες 16 και 18).



Εικόνα 18. Δείγματα με Calgon

Αφού τα δείγματα αναδεύτηκαν ήπια, αφέθηκαν για 24 ώρες σε συνθήκες περιβάλλοντος. Ύστερα από τις 24 ώρες το δείγμα διαχωρίστηκε σε κόσκινο διαμέτρου 63 mm η ποσότητα του δείγματος που παρέμεινε στο κόσκινο (η άμμος) μετά από το διαχωρισμό, ξεπλύθηκε με απιονισμένο νερό, συγκεντρώθηκε σε καθαρό ποτήρι ζέσεως, τοποθετήθηκε στον κλίβανο στους 60 βαθμούς Κελσίου για 24 ώρες και στη συνέχεια ζυγίστηκε στο ζυγό ακριβείας (Εικόνα 19).



Εικόνα 19. Ζυγός ακριβείας



Εικόνα 20. Προϊόν Διαχωρισμού

Το προϊόν του διαχωρισμού (Εικόνα 20) (63mm - ιλύς και άργιλος) τοποθετήθηκε στον περιστρεφόμενο δίσκο του SEDIGRAPH και αφού εισαχθήκανε τα στοιχεία του δείγματος (όνομα και θέση στο δίσκο) και το μηχάνημα έχει προγραμματιστεί κατάλληλα, ξεκίνησε η κοκκομετρική ανάλυση.



Εικόνα 21. SEDIGRAPH

Στη συνέχεια έγινε η ανάλυση των δειγμάτων ως προς το ποσοστό τους σε ιλύς και άργιλο μέσω του μηχανήματος SEDIGRAPH στο οποίο τοποθετούμε τα ποτηράκια με τα επεξεργασμένα δείγματα στον περιστρεφόμενο δίσκο του μηχανήματος (Εικόνα 22) και εισάγουμε τα στοιχεία του δείγματος (βάρος άμμου των δειγμάτων, όνομα δείγματος και θέση στο δίσκο) στο λογισμικό που χρησιμοποιείτε για τη λειτουργία του μηχανήματος και αφού προγραμματίσουμε το μηχάνημα, αρχίζει η κοκκομετρική ανάλυση.



Εικόνα 22. Ο περιστρεφόμενος δίσκος του SEDIGRAPH

Στη διάρκεια της κοκκομετρικής ανάλυσης το μηχάνημα εκτελεί τα παρακάτω βήματα:

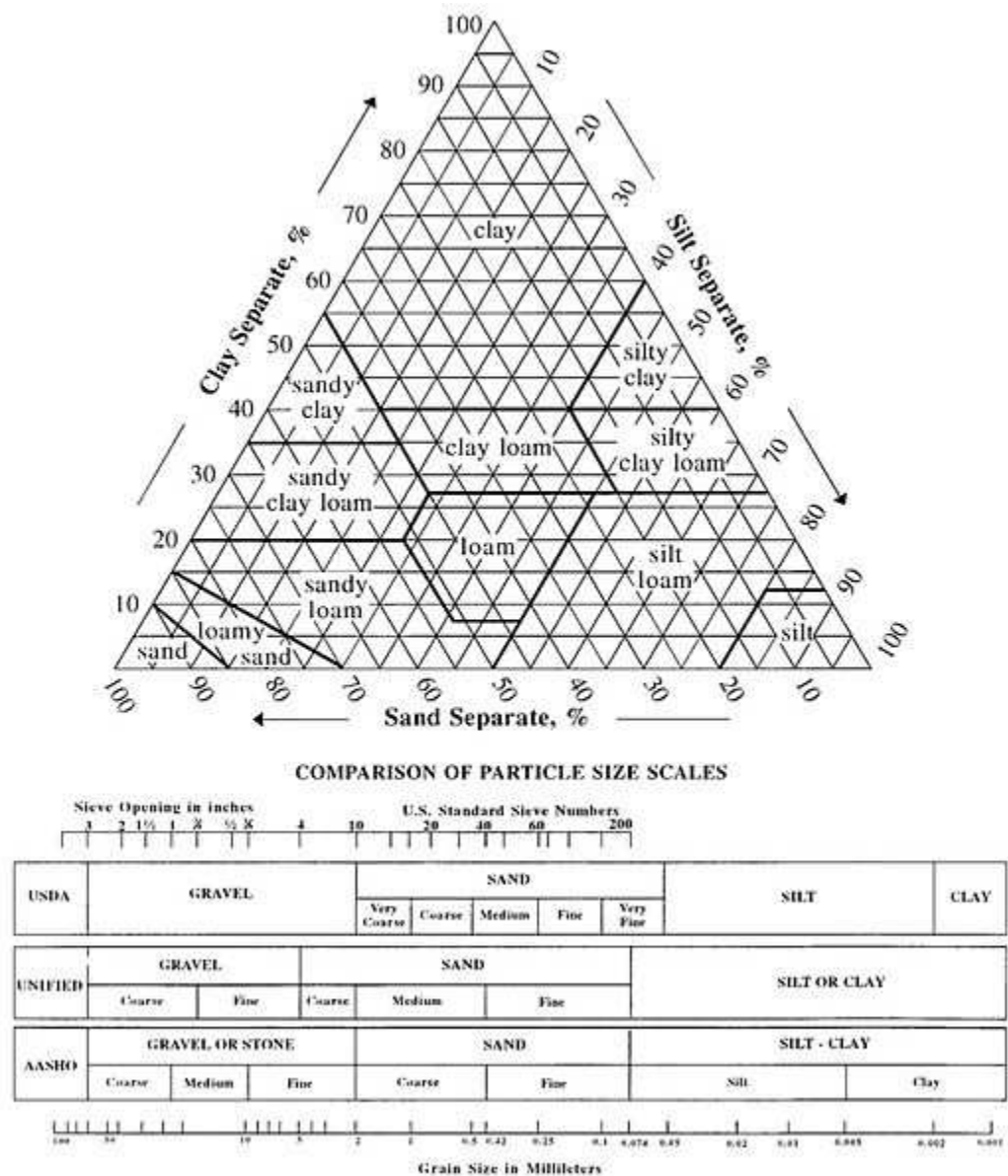
- Ανάδευση του δείγματος με τη βοήθεια υπερήχων,
- Μεταφορά δείγματος στον κυρίως περιέκτη του μηχανήματος,
- Από τον περιέκτη γίνεται αυτόματα η εισαγωγή του δείγματος στη κυψελίδα του θαλάμου των ακτίνων X,
- Έλεγχος δειγμάτων για τυχόν ύπαρξη φυσαλίδων,
- Αρχίζει η κυρίως ανάλυση η οποία διαρκεί 12 λεπτά (min) και η οποία μετράει μέγεθος κόκκων από 63mm έως 1mm,
- Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το κάθε δείγμα εκτυπώνονται σε διάγραμμα.
- Τέλος το μηχάνημα και οι σωληνώσεις ξεπλένονται αυτόματα με διάλυμα Calgon πριν γίνει η επόμενη ανάλυση.

3.1.5 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Τα ιζήματα μετά τη μηχανική ανάλυση και τον υπολογισμό του ποσοστού της άμμου, ιλύος και αργίλου, με βάση τα αποτελέσματα του SEDIGRAPH κατατάσσονται σε ορισμένες κατηγορίες.

Συστήματα ταξινόμησης των ιζημάτων που χρησιμοποιούν την υφή του εδάφους ή την κατανομή του μεγέθους των κόκκων έχουν αναπτυχθεί από διάφορους επιστήμονες. Μερικοί από αυτούς είναι οι εξής : Bureau of Soils, (1890-95), Attenberg (1911), MIT (1931), Soils department of Agriculture (1938).

Το τριγωνικό διάγραμμα που χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα είναι το λεγόμενο USDA ή FAO τρίγωνο το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 23 και αποτελείται από 12 κατηγορίες.



Εικόνα 23. Τριγωνικό διάγραμμα κατά FAO

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η περιεκτικότητα των προς εξέταση δειγμάτων σε άμμο, σε ιλύ και σε άργιλο είναι η εξής:

Πίνακας 3. Τα ποσοστά άμμου, ιλύος και αργίλου στους πυρήνες TP-02, TP-10, TP-13, TP-11 και TP-16.

SPICOSA

RESULTS OF GRAIN-SIZE ANALYSIS OF CORE SAMPLES

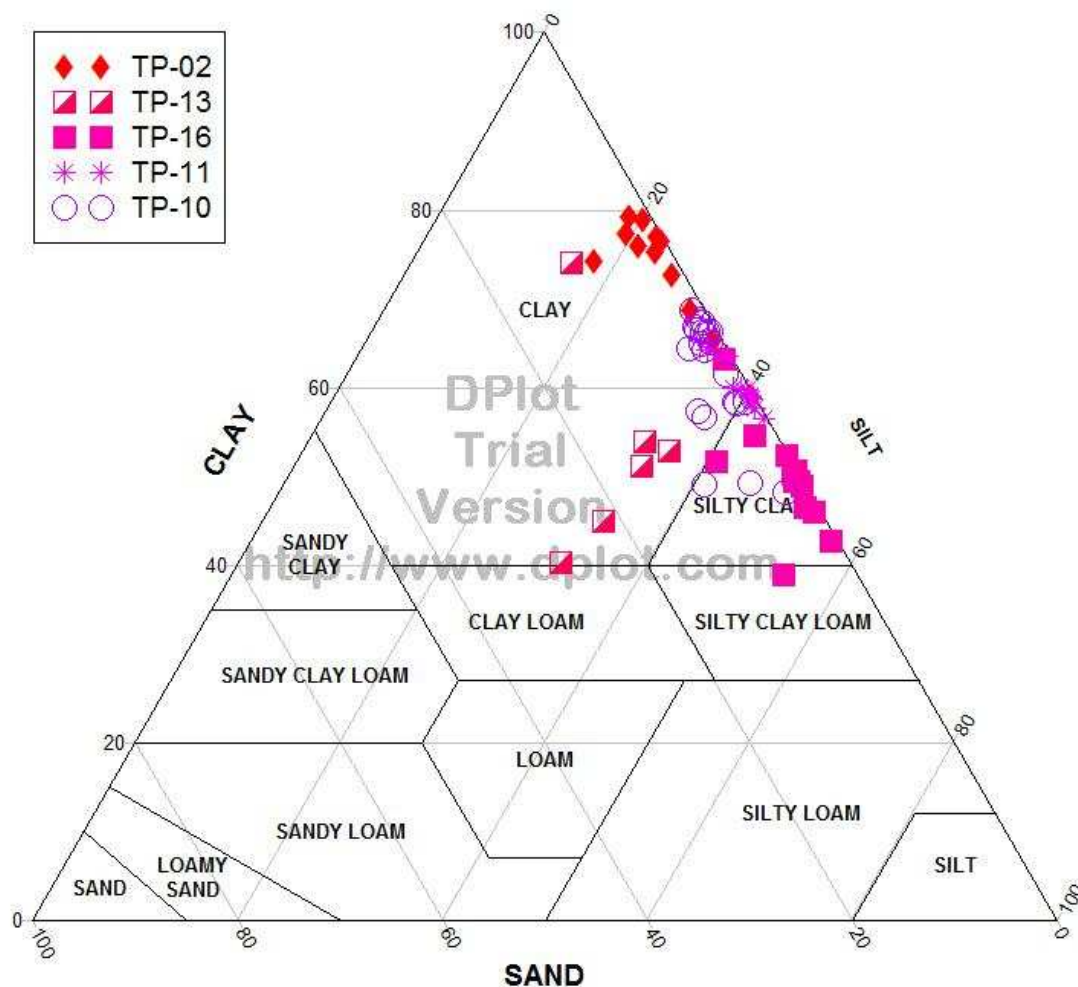
Core	Sample Name	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
TP-02	(0-2)cm	8,19	17,69	74,12
	(5-7)cm	2,31	18,58	79,11
	(10-12)cm	3,43	19,35	77,22
	(15-17)cm	2,90	21,13	75,97
	(20-22)cm	1,67	23,05	75,28
	(25-27)cm	1,34	26,03	72,63
	(29-31)cm	1,55	29,73	68,72
	(34-36)cm	1,04	33,77	65,19
	(38-40)cm	0,40	23,10	76,50
	(42-44)cm	0,33	40,66	59,00
	(46-48)cm	1,05	20,19	78,77
TP-13	(50-52)cm	0,59	22,49	76,92
	(0-2)cm	10,51	15,52	73,96
	(7-10)cm	13,41	32,64	53,94
	(14-17)cm	15,13	33,81	51,06
	(21-25)cm	11,47	35,69	52,84
	(28-32)cm	21,82	33,25	44,93
TP-11	(34-38)cm	28,39	31,42	40,18
	(0-1)cm	2,15	33,72	64,13
	(5-7)cm	1,71	38,31	59,98
	(11-15)cm	1,01	39,16	59,83
	(16-19)cm	0,76	41,49	57,74
	(21-25)cm	0,46	40,80	58,74
	(25-27)cm	0,50	35,98	63,52
	(29-32)cm	0,48	40,57	58,95
	(35-38)cm	0,56	39,80	59,64
	(40-43)cm	0,59	40,40	59,02
TP-10	(46-50)cm	0,42	43,15	56,44
	(0-2)cm	1,13	32,59	66,28
	(4-6)cm	1,24	31,11	67,65
	(8-10)cm	2,39	32,80	64,81
	(12-14)cm	1,51	32,17	66,33
	(15-18)cm	0,72	32,96	66,32
	(20-22)cm	0,99	31,75	67,26
	(24-26)cm	1,30	29,98	68,72
	(28-30)cm	2,03	31,17	66,80
	(32-34)cm	2,44	33,38	64,18
	(36-38)cm	2,08	31,57	66,35
	(40-42)cm	1,73	36,84	61,43
	(44-46)cm	1,33	33,63	65,04

SPICOSA grain-size-computations

Core	Sample Name	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
TP-10	(48-50)cm	1,31	32,70	65,99
	(52-54)cm	3,89	31,77	64,34
	(56-58)cm	6,47	36,25	57,27
	(60-62)cm	2,51	49,37	48,12
	(64-66)cm	1,31	40,25	58,43
	(68-70)cm	6,21	37,11	56,68
	(72-74)cm	2,34	39,26	58,39
	(76-78)cm	2,39	39,50	58,10
	(80-82)cm	5,47	45,29	49,24
	(82-84)cm	10,02	40,90	49,08
TP-16	(0-2)cm	1,09	49,56	49,35
	(4-6)cm	0,55	49,98	49,47
	(8-10)cm	0,54	50,65	48,81
	(12-14)cm	0,32	49,14	50,54
	(16-18)cm	7,39	40,90	51,71
	(20-22)cm	0,94	35,88	63,18
	(24-26)cm	1,43	52,17	46,40
	(28-30)cm	0,78	49,00	50,22
	(32-34)cm	0,20	47,43	52,37
	(36-38)cm	0,76	56,56	42,68
	(40-42)cm	0,83	53,30	45,88
	(44-46)cm	2,34	43,18	54,48
	(48-50)cm	7,28	53,78	38,93

Total samples= 63

29.11.2007



Εικόνα 24. Τριγωνικό διάγραμμα της κοκκομετρικής ανάλυσης των πυρήνων

Το FAO τριγωνικό διάγραμμα (Εικόνα 24) παρουσιάζει την ταξινόμηση των ιζημάτων του κάθε πυρήνα ως εξής:

- Ο πυρήνας TP – 02 που προέρχεται από το λιμάνι της Θεσσαλονίκης έχει υλικό καθαρά αργιλώδες.
- Σε αντίθεση, ο πυρήνας TP – 16 που συλλέχθηκε κοντά στην περιοχή του δέλτα του ποταμού Αξιού, έχει υλικό ιλυοαργιλώδες και σε μεγάλα βάθη μεγάλα ποσοστά άμμου στα 48 cm, έχει 7,28% άμμο.
- Ο πυρήνας TP – 11 που συλλέχθηκε επίσης κοντά στην περιοχή του δέλτα του ποταμού Αξιού, αλλά σε μικρότερα βάθη, έχει υλικό περισσότερο αργιλώδες σε σχέση με το TP-16 και ποσοστό άμμου μικρότερο από 1 % κατά μέσο όρο (0,864 %)..
- Ο πυρήνας TP – 13 που συλλέχθηκε στην περιοχή που βρίσκεται απέναντι

σχεδόν από την Αγία Τριάδα έχει υλικό ιλυοαργιλώδες και τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άμμο σε σύγκριση με τους άλλους πυρήνες.

- Ο πυρήνας TP – 10 έχει υλικό αργιλώδες σε βάθη μέχρι 55 cm, ενώ στα μεγαλύτερα βάθη είναι ιλυοαργιλώδες. Σε μεγάλα βάθη παρουσιάζει αύξηση του ποσοστού της άμμου.

Με βάση τα στοιχεία για τη σύσταση των ιζημάτων (Πιν. 3) στα επιφανειακά στρώματα παρατηρούνται τα εξής:

- Το μικρότερο ποσοστό της άμμου είναι 1,09 και παρατηρείται στον πυρήνα TP – 16, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό είναι 10,51 και παρατηρείται στον πυρήνα TP – 13.
- Το μικρότερο ποσοστό της ύλης είναι 15,52 και παρατηρείται στον πυρήνα TP – 13, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό είναι 49,56 και παρατηρείται στον πυρήνα TP – 16.
- Το μικρότερο ποσοστό της αργίλου είναι 49,38 και παρατηρείται στον πυρήνα TP – 16, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό είναι 74,12 και παρατηρείται στον πυρήνα TP – 02.

Τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης για τη ιζήματα των πυρήνων TP-11, TP-13 και TP-16 παρουσιάζονται στον πίνακα και εκφράζονται σε $\mu\text{g}/\text{gr}$ (ppm).

Πίνακας 4. Βαρέα μέταλλα στα ιζήματα του TP-11

<u>Βάθος</u> <u>cm</u>	Mn (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Pb (ppm)
0'-1	999.20	151.80	49.90	267.30	148.50	18.30	73.30
5-7	932.20	158.40	51.90	257.70	142.60	19.20	65.70
11-15	880.50	153.10	55.20	218.70	135.80	21.80	63.10
16-19							
21-25	894.60	169.20	54.00	233.50	129.20	19.70	57.00
25-27	912.10	162.20	53.30	229.70	132.10	20.50	59.40
29-32							
35-38	923.20	188.30	53.60	245.90	128.30	17.80	57.80
40-43							
46-50	918.20	170.30	52.40	236.00	125.70	18.80	55.50

Πίνακας 5 Βαριά μέταλλα στα ιζήματα του TP-13

Βάθος cm	Mn (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Pb (ppm)
0'-2	695.3	120.8	36.8	200.10	98.1	13.2	56.7
4-5							
7-10	696.1	126.3	36.3	194.10	92.7	17.1	42.6
11-12							
14-17	730.1	123.5	36.5	193.70	92.7	17.3	41.3
19-20							
21-25	687.7	119.1	34.9	190.30	90.8	14.8	43.4
25-26							
28-32	613.4	90.7	27.2	157.70	76.2	14.2	43.3
30-32							
32-33							
34-38	557.2	75.9	22.4	146.10	68.3	12.1	36.2

Πίνακας 6 Βαριά μέταλλα στα ιζήματα του TP-16

Βάθος cm	Mn (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Pb (ppm)
0'-2	905.0	166.0	64.2	385.10	224.4	18.0	102.1
2-4							
4-6	899.3	167.2	65.5	402.50	248.4	18.2	115.0
6-8							
8-10	883.9	160.4	67.5	450.10	261.8	18.5	119.5
10-12							
12-14	976.1	164.6	68.6	398.10	263.9	20.7	116.0
14-16							
16-18	946.6	181.6	66.6	733.60	263.4	18.6	134.1
18-20							
20-22	950.7	161.4	65.6	918.9	259.1	18.8	148.4
22-24							
24-26	909.2	163.7	68.9	1149.30	289.2	22.5	163.5
28-30							
30-32							
32-34	885.1	149.8	72.5	937.50	253.7	21.1	165.4
42-44							
44-46	956.8	193.4	68.6	747.60	262.0	22.9	142.7

Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής και χημικής ανάλυσης παρουσιάζονται σε διαγράμματα της παραμέτρου ενδιαφέροντος (ποσοστιαία αναλογία άμμου, ιλύος, αργίλου και συγκέντρωση βαρέων μετάλλων Mn, Zn, Pb, Ni, As, Cu, Cr) σε σχέση με το βάθος για τους πυρήνες ιζημάτων TP-11, TP-13 και TP-16.

Στον πυρήνα **TP-11** (εικόνες 25, 26 και 31) η ποσότητα της αργίλου είναι σταθερή με το βάθος ενώ η ποσότητα της άμμου αυξάνεται μέχρι τα 11 cm.

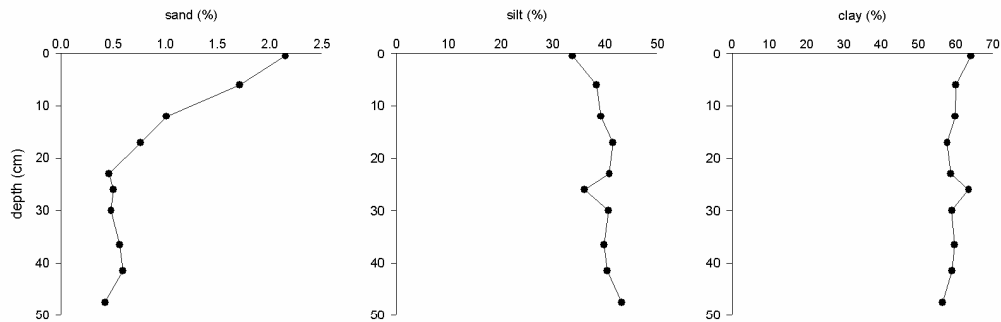
Το μαγγάνιο κυμαίνεται από 880,5 έως 999,2 ppm και έχει υψηλές τιμές μέχρι τα 10 cm. Η αυξημένη συγκέντρωση στα βάθη αυτά ίσως οφείλεται σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Το ίδιο παρατηρείται και στο Cr και οι τιμές του κυμαίνονται από 218,7 έως 267,3 ppm. Τα δύο στοιχεία έχουν πολύ καλό βαθμό συσχέτισης $R=0,9$. Ο μόλυβδος κυμαίνεται από 55,5 έως 73,3 ppm και ο Zn από 125,7 έως 148,5 ppm. Και τα δυο στοιχεία παρουσιάζουν υψηλές τιμές μέχρι τα 20 cm σε σχέση με τα βαθύτερα ιζήματα.

Σε αντίθεση το As, ο Cu και το Ni που κυμαίνονται αντίστοιχα από 17,8 έως 21,8 ppm, από 49,9 έως 55,2 ppm και από 151,8 έως 188,5 ppm, παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές στα πρώτα 10 cm του πυρήνα σε σχέση με τα βαθύτερα ιζήματα.

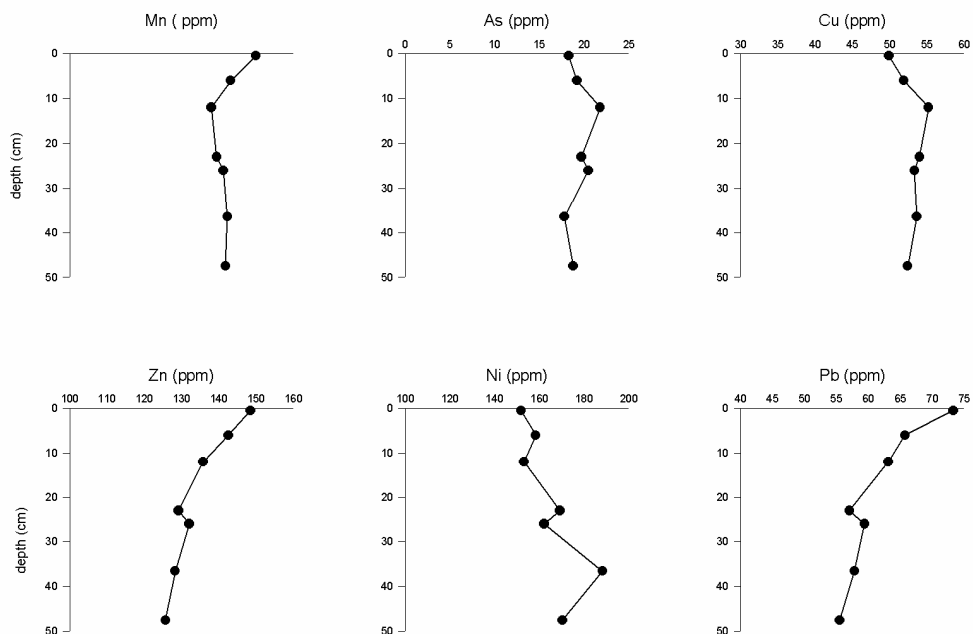
Στον πυρήνα **TP-16** (εικόνες 29, 30 και 31) η ποσότητα της αργίλου είναι σχετικά σταθερή σε σχέση με το βάθος και κυμαίνεται από 38,93 έως 63,18 %. Η ποσότητα της άμμου κυμαίνεται από 0,2 έως 7,39 % και παρουσιάζει δυο κορυφές. Μία στα 20 cm και μία στα 50 cm. Γενικά, για όλο το βάθος του πυρήνα TP-16 δεν παρουσιάζονται αξιόλογες μεταβολές στις συγκεντρώσεις των μετάλλων. Συγκεκριμένα το Mn κυμαίνεται από 883,9 έως 976,1, το Ni από 149,8 έως 193,4, ο Cu από 64,2 έως 72,5, ο Zn από 224,4 έως 289,2 το As από 18 έως 22,9 ppm. Παρατηρείται ότι ο Pb αυξάνεται κάτω από το βάθος των 15 cm μέχρι τα 25 cm και μετά παραμένει σταθερός. Οι τιμές του κυμαίνονται από 102,1 έως 165,4 ppm. Το χρώμιο παρουσιάζει παρομοίως σταθερές τιμές μέχρι τα 15 cm, γύρω στα 400 ppm, και στη συνέχεια αυξάνεται με το βάθος και φτάνει τα 1149,30 ppm σε βάθος 25 cm. Ο βαθμός συσχέτισης Cr-Pb είναι $R=0.96$.

Στον πυρήνα **TP-13** (εικόνες 27, 28 και 31) ότι η άμμος αυξάνεται πολύ κάτω από τα 25 cm. Τα βαριά μέταλλα έχουν γενικά μικρότερες συγκεντρώσεις συγκριτικά με τα ιζήματα των TP-11 και TP-16. Ο μόλυβδος έχει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μέχρι τα 10 cm και μετά παραμένει σταθερός. Οι τιμές του Pb κυμαίνονται από 36,2 έως 56,7 ppm. Ο χαλκός, το Ni, ο Zn, το Cr και το Mn έχουν σταθερές τιμές μέχρι τα 20 cm και μετά ελαττώνονται σε σχέση με το βάθος, οι τιμές τους κυμαίνονται από 22,4 έως 36,8 ppm, από 75,9 έως 126,3 ppm, από 68,3 έως 98,1 ppm, από 146,1 έως 200,1 ppm και από 557,9 έως 730,1 ppm αντίστοιχα. Το αρσενικό έχει μικρότερες συγκεντρώσεις μέχρι τα 10 cm και μετά παραμένει σταθερός σε σχέση με το βάθος. Οι τιμές του κυμαίνονται από 36,2 έως 56,7 ppm.

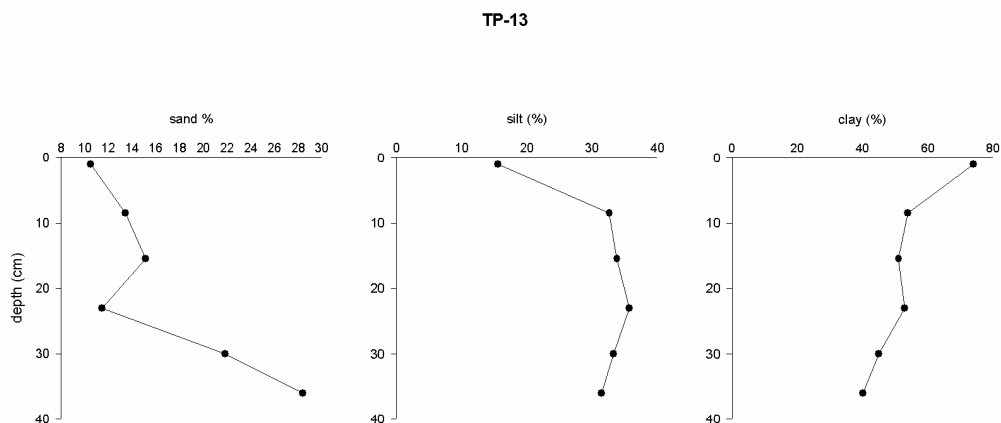
TP-11



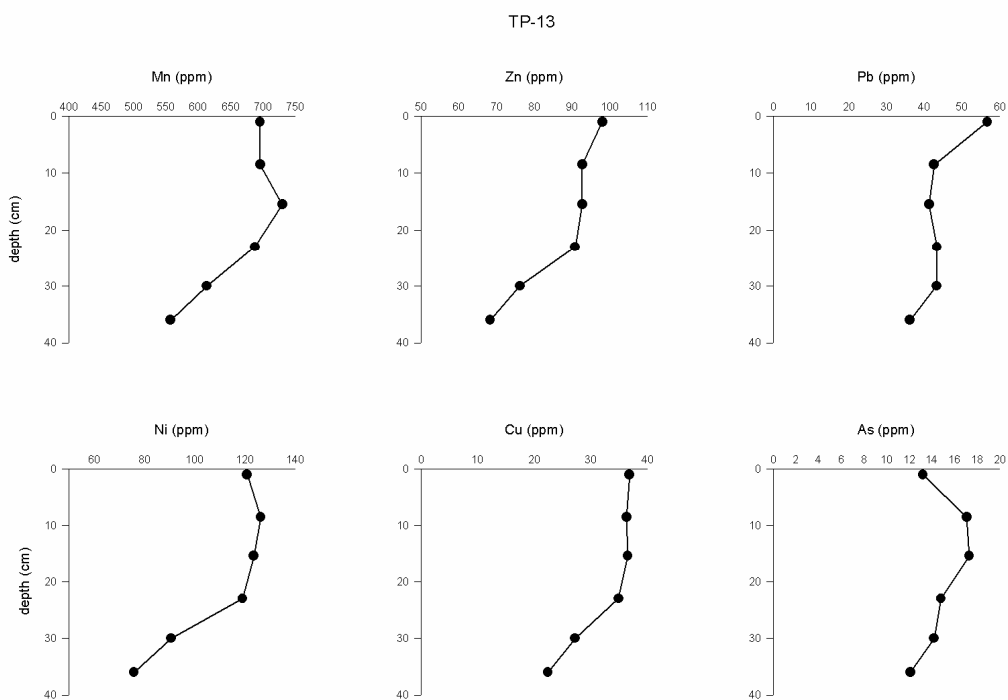
Εικόνα 25. Διάγραμμα μεταβολής του ποσοστού, της άμμου, ιλύος και αργίλου με το βάθος, πυρήνας TP-11.



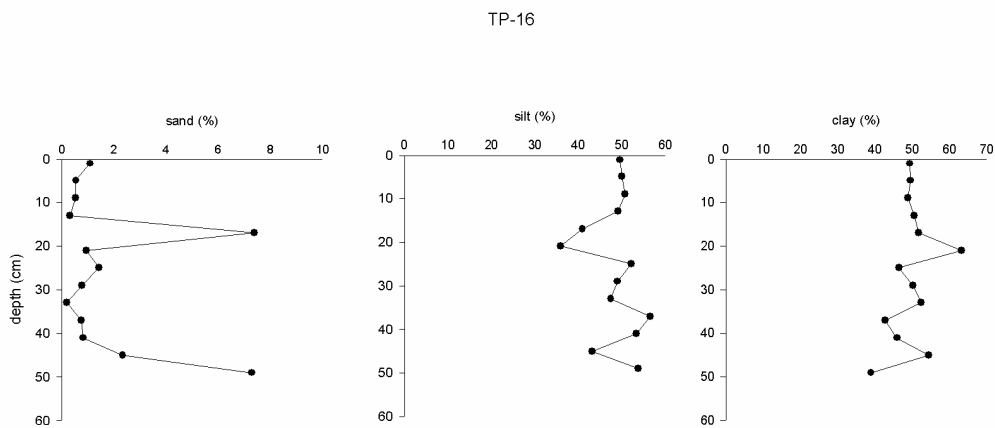
Εικόνα 26. Διάγραμμα μεταβολής της συγκέντρωσης των μετάλλων με το βάθος, πυρήνας TP-11.



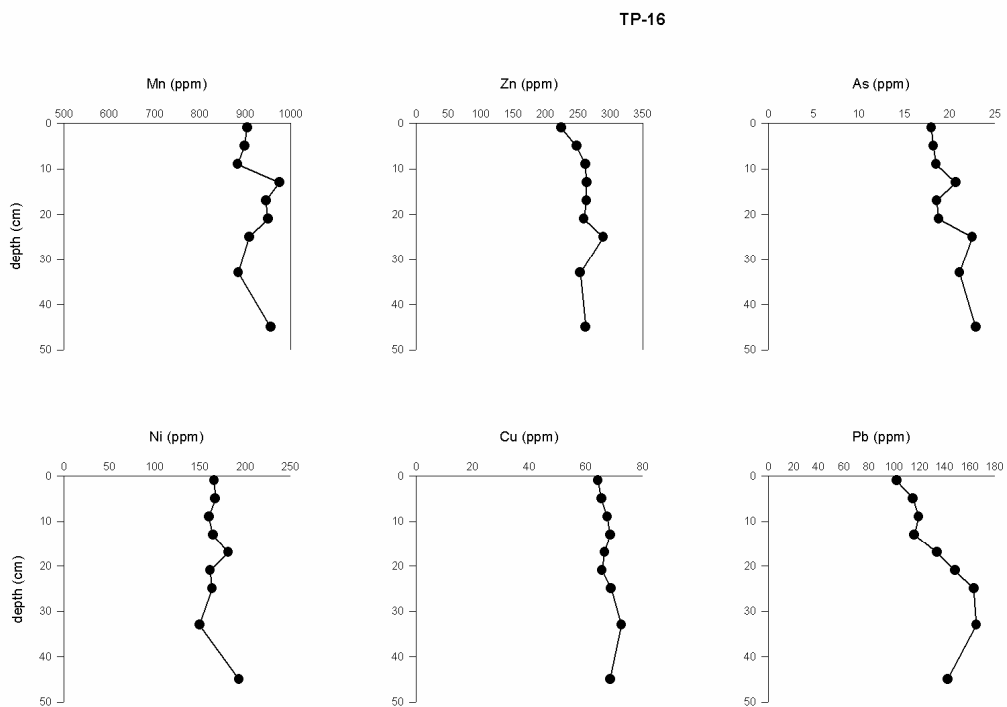
Εικόνα 27. Διάγραμμα μεταβολής του ποσοστού, της άμμου, ιλύος και αργίλου με το βάθος, πυρήνας TP-13.



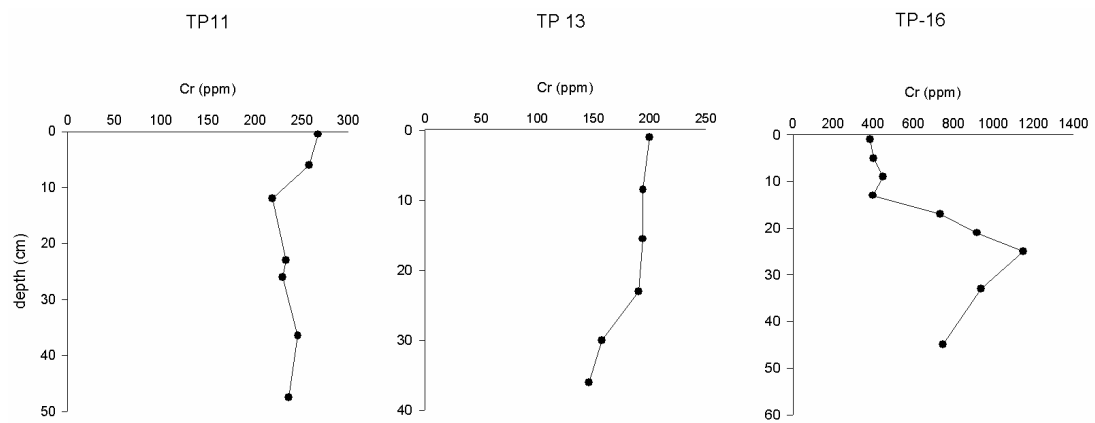
Εικόνα 28. Διάγραμμα μεταβολής της συγκέντρωσης των μετάλλων με το βάθος, πυρήνας TP-13.



Εικόνα 29. Διάγραμμα μεταβολής του ποσοστού, της άμμου, ιλύος και αργίλου με το βάθος, πυρήνας TP-16.



Εικόνα 30. Διάγραμμα μεταβολής της συγκέντρωσης των μετάλλων με το βάθος, πυρήνας TP-16.



Εικόνα 31. Διάγραμμα μεταβολής της συγκέντρωσης του Cr με το βάθος, στους πυρήνες TP-11, TP-13 και TP-16.

5.ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα ιζήματα που μελετήθηκαν είναι σε μεγάλο βαθμό λεπτόκοκκα σε όλο το μήκος των πυρήνων που εξετάστηκαν εκτός από ορισμένες περιπτώσεις. Ο πίνακας 7 παρουσιάζει συνοπτικά τα ποσοστά της άμμου και της αργίλου καθώς και τη συγκέντρωση σε βαριά μέταλλα των ιζημάτων των πυρήνων TP-11, TP-13 και TP-16.

Είναι φανερό πως τα ιζήματα τα οποία συλλέχτηκαν στη δυτική πλευρά του κόλπου, πυρήνες TP-11 και TP-16, παρουσιάζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση σε βαριά μέταλλα συγκριτικά με τα ιζήματα του πυρήνα TP-13 ο οποίος συλλέχτηκε στην ανατολική πλευρά του κόλπου. Οι δύο αυτοί πυρήνες βρίσκονται κοντά στις εκβολές του Αξιού ποταμού. Επιπλέον ο πυρήνας TP-16 έχει υψηλότερες συγκεντρώσεις σε Cu, Zn, Cr, και Pb συγκριτικά με το TP-11. Οι διαφορές αυτές ίσως οφείλονται στη μεγαλύτερη εγγύτητα του TP-16 και με τις εκβολές του Αλιάκμονα σε σχέση με το TP-11 και την επιβάρυνση που δέχονται τα θαλάσσια ιζήματα της περιοχής από το φορτίο αυτού του ποταμού. Επιπλέον στον πυρήνα TP-16, ο Pb και το Cr παρουσιάζουν πολύ καλό βαθμό συσχέτισης $R=0,96$ και έχουν παρόμοιο προφίλ οι συγκεντρώσεις τους σε σχέση με το βάθος. Αυτό ίσως οφείλεται στις ίδιες πηγές ρύπανσης και για τα δύο μέταλλα.

Πίνακας 7. Συνοπτικά αποτελέσματα από τους πυρήνες TP-11, TP-13 και TP-16. (Μέσος όρος, ελάχιστη και μέγιστη τιμή ποσοστού άμμου και αργίλου και συγκεντρώσεων σε mg/g των Mn, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Cr).

		Sand (%)	Clay (%)	Mn (μg/g)	Ni (μg/g)	Cu (μg/g)	Zn (μg/g)	As (μg/g)	Pb (μg/g)	Cr (μg/g)
TP-13	average	16,8	52,8	663,3	109,4	32,4	86,5	14,8	43,9	180.3
	min	10,5	40,2	557,2	75,9	22,4	68,3	12,1	36,2	146.1
	max	28,4	74,0	730,1	126,3	36,8	98,1	17,3	56,7	200.1
TP-11	average	0,9	60,3	922,9	164,8	52,9	134,6	19,4	61,7	241.3
	min	0,4	56,4	880,5	151,8	49,9	125,7	17,8	55,5	218.7
	max	2,2	64,1	999,2	188,3	55,2	148,5	21,8	73,3	267.3
TP-16	average	1,9	49,5	923,6	167,6	67,6	258,4	19,9	134,1	680.3
	min	0,2	38,9	883,9	149,8	64,2	224,4	18,0	102,1	385.1
	max	1,1	49,5	905,0	167,2	65,5	248,4	18,2	115,0	402.5

Τα ιζήματα των σταθμών TP-11 και TP-16 βρίσκονται κοντά σε ήδη υπάρχουσες μονάδες μυδοκαλλιέργειας καθώς και στο χώρο που προορίζεται για την περιοχή οργανωμένης ανάπτυξης των υδατοκαλλιεργειών Π.Ο.Α.Υ όπως φαίνεται στην Εικόνα 32.

Οι ρύποι που συναντώνται στο υδάτινο περιβάλλον, εισέρχονται μέσω μεταβολικών διεργασιών στους θαλάσσιους οργανισμούς και συσσωρεύονται στους ιστούς τους. Το φαινόμενο αυτό είναι ευρύτερα γνωστό σαν βιοσυσώρευση. Τα μύδια είναι οργανισμοί που δεν μπορούν να μετακινηθούν, ενώ για να τραφούν φιλτράρουν ποσότητες θαλασσινού νερού (διηθηματοφάγοι) και συσσωρεύουν για το λόγο αυτό στο σώμα τους ρύπους.

Επομένως, η ποιότητα των ιζημάτων στην ευρύτερη περιοχή είναι μια ένδειξη της ποιότητας στο θαλασσινο νερό και είναι φανερό πως στην προκειμένη περίπτωση στις περιοχές των υδατοκαλλιεργειών γίνονται αποθέσεις ιζημάτων με υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων.



Εικόνα 32. Εικόνα από την παρουσίαση «Η οδηγία για τα νερά κολύμβησης και η επίδραση της μυδοκαλλιέργειας στην ποιότητα νερών του Θερμαϊκού κόλπου (Βόρειο Αιγαίο) (Δρ. ΣοφίαΓαληνού-Μητσούδη Αλεξάνδρειο ΤΕΙ Θεσσαλονίκη)

Στη συνέχεια οι τιμές συγκρίθηκαν με τις τιμές των ίδιων βαριών μετάλλων σε διαφορετικά πετρώματα όπως προκύπτει από διαφορετικές πηγές (Πίνακας 8). Στον ίδιο πίνακα υπάρχουν και τιμές των βαριών μετάλλων σε ιζήματα του Θερμικού κόλπου και της λεκάνης απορροής του Αξιού ποταμού.

Πίνακας 8. Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων σε διαφορετικά πετρώματα και ιζήματα από διάφορες πηγές.

	Mn (μg/g)	Cu (μg/g)	Ni (μg/g)	Cr (μg/g)	Zn (μg/g)	Pb (μg/g)	As (μg/g)
Πετρώματα (Martin and Whitfield, 1983)	720	32					7,9
Εδάφη (Martin and Maybeck, 1979)	1000	30	50			35	6
Φλοιός (Krauskopf, 1989)	1000	50	75	100	70	12.5	
Γρανίτης (Krauskopf, 1989)	450	12	10	20	50	20	2
Βασάλτης (Krauskopf, 1989)	1700	100	150	200	100	3.5	2
Αργιλικοί σχιστόλιθοι (Krauskopf, 1989)	850	50	80	100	90	20	13
Ψαμμίτης	50	2	2	35		7	1
Ασβεστόλιθος	1100	4	20	11		9	1
Ιζήματα στη λεκάνη απορροής του Αξιού ποταμού (Kara- georgis et al. 2003)		14-93	19- 188	39- 180	42- 271	11- 140	1-40
Ιζήματα του Θερμικού κόλπου (Karageorgis et al. 2003)		18- 108	57- 407	147- 458	96- 429	42- 264	11-29

Παρατηρείται ότι οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων και συγκεκριμένα του Mn, Ni, Cr, Zn και Cu, ιδιαίτερα στους πυρήνες TP-11 και TP-16, είναι στο επίπεδο των τιμών που έχουν τα ίδια στοιχεία στο βασάλτη που αντιπροσωπεύει τα υπερβασικά πετρώματα.

Επομένως οι αυξημένες τιμές των Mn, Ni, Cr, Cu και Zn οφείλονται στα πετρώματα που βρίσκονται στη λεκάνη απορροής του Αξιού ποταμού και του Αλιάκμονα ποταμού και πρόκειται για οφειολιθικά πετρώματα όπως διορίτες, περιδοτίτες, δουνίτες, γάββροι και σερπεντινίτες. Στα συμπεράσματα αυτά καταλήγουν και οι Karageorgis et al (2003) που βρήκαν παρόμοιες συγκεντρώσεις βαριών μετάλλων τόσο σε ιζήματα στην λεκάνη απορροής του Αξιού ποταμού όσο

και στο Θερμαϊκό κόλπο. Παρομοίως, οι Voutsinou et al. (1995) διαπιστώνουν ότι το Ni και το Mn στις μετρήσεις τους προέρχεται από τη διάβρωση βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων της λεκάνης απορροής των ποταμών και ρεμάτων της ευρύτερης περιοχής. Παρατηρούν ωστόσο ότι ο μόλυβδος (Pb), χαλκός (Cu) και ψευδάργυρος (Zn) προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες: αστικά λύματα-αποχετεύσεις, βιομηχανική ζώνη και τον Αξιό ποταμό. Η συγκέντρωσή τους αυξάνεται όσο μειώνεται το μέγεθος των κόκκων.

Στην παρούσα μελέτη, το As και Pb παρουσιάζουν τιμές που είναι πολύ πιο αυξημένες από αυτές των βασικών πετρωμάτων και η περιεκτικότητα των ιζημάτων σε αυτά τα μέταλλα δεν μπορεί να συνδεθεί με τα πετρώματα της ευρύτερης περιοχής (Πίνακες 7 και 8). Οι αυξημένες συγκεντρώσεις τους στα ιζήματα είναι πιθανόν, προϊόν ρύπανσης ανθρωπογενούς προέλευσης.

Αυτή η ανομοιογενής κατανομή των βαρέων μετάλλων στα ιζήματα του Θερμαϊκού κόλπου έχει παρατηρηθεί και από τους Catsiki et al. 2005. Στη μελέτη αυτή συλλέχθηκαν ιζήματα από την επιφάνεια του πυθμένα, καθώς και μύδια, σε επτά περιοχές περιμετρικά του Θερμαϊκού κόλπου. Τρεις από τις περιοχές αυτές έχουν οργανωμένες μυδοκαλλιέργειες και βρίσκονται μία στην περιοχή κοντά στο Δέλτα του Αξιού, μία κοντά στο Δέλτα του Αλιάκμονα και μια στην ανατολική πλευρά του κόλπου. Οι υπόλοιπες αποτελούν φυσικές συγκεντρώσεις μυδιών. Διαπίστωσαν ότι σε δύο από τους τρεις σταθμούς οργανωμένης καλλιέργειας μυδιών οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στα μύδια ήταν χαμηλές. Πιστεύουν πως οι μυδοκαλλιέργειες δρουν σαν απορροφητές των μετάλλων από το θαλάσσιο περιβάλλον αλλά στη συνέχεια η ταχτική συλλογή των μυδιών και διάθεσή τους για κατανάλωση γίνεται προτού βιοσυσσωρεύουν ποσότητες επικίνδυνες για ανθρώπινη κατανάλωση.

Επιπλέον, στην παρούσα μελέτη έγινε ο συσχετισμός ανάμεσα στα μεγέθους αργίλου ιζήματα και τα βαριά μέταλλα που εξετάστηκαν και τα αποτελέσματα φαίνονται στους παρακάτω πίνακες (Πίνακες 9, 10, 11).

Παρατηρούμε πως στον πυρήνα TP-13 ο οποίος βρίσκεται στα ανατολικά του κόλπου της Θεσσαλονίκης παρουσιάζεται η καλύτερη συσχέτιση των λεπτοκόκκων με τα βαριά μέταλλα. Έτσι το μαγγάνιο, το Ni, Cu, Zn, έχουν βαθμό συσχέτισης $R=0.98$ ενώ το Pb, έχει $R=0,73$ και το As έχει $R=0.86$. Σε αντίθεση, στους πυρήνες TP-11 και TP-16 που βρίσκονται στη δυτική πλευρά του κόλπου, στις εκβολές του Αξιού, δεν παρατηρούνται αυτοί οι συσχετισμοί. Αντίθετα ο βαθμός συσχετισμού για τα

διάφορα μέταλλα κυμαίνεται από - 0,46 έως 0,69 για το TP-11 και από -0,12 έως 0,46 για το TP-16.

Το περιβάλλον απόθεσης των ιζημάτων στους σταθμούς αυτούς είναι υψηλότερης ενέργειας λόγω της δράσης των ποταμών και για τον ίδιο λόγο το υλικό απόθεσης πιο σύνθετο. Παρατηρείται ότι το μαγγάνιο και ο μόλυβδος, ο ψευδάργυρος και το χρώμιο στον πυρήνα TP-11 συσχετίζονται καλύτερα με τα πιο αδρόκοκκα υλικά. Περαιτέρω επεξεργασία των ιζημάτων με ορυκτολογικές αναλύσεις θα προσδιορίσει για τι υλικά πρόκειται.

Πίνακας 9. Τα αποτελέσματα της συσχέτισης για τον πυρήνα TP-11

Clay-Mn	Clay Ni	Clay-Cu	Clay-Zn	Clay-As	Clay-Cr	Clay-Pb
0,55	-0,46	-0,41	0,67	0,05	0,36	0,69
Sand-Mn	Sand Ni	Sand-Cu	Sand-Zn	Sand-As	Sand-Cr	Sand-Pb
0,74	-0,65	-0,70	0,98	-0,18	0,75	0,97

Πίνακας 10. Τα αποτελέσματα της συσχέτισης για τον πυρήνα TP-13

Clay-Mn	Clay Ni	Clay-Cu	Clay-Zn	Clay-As	Clay-Cr	Clay-Pb
0,93	0,98	0,98	0,98	0,86	-0,07	0,73
Sand-Mn	Sand Ni	Sand-Cu	Sand-Zn	Sand-As	Sand-Cr	Sand-Pb
-0,90	-0,95	-0,96	-0,97	-0,50	-0,97	-0,68

Πίνακας 11. Τα αποτελέσματα της συσχέτισης για τον πυρήνα TP-16

Clay-Mn	Clay Ni	Clay-Cu	Clay-Zn	Clay-As	Clay-Cr	Clay-Pb
0,46	0,08	-0,12	-0,09	-0,08	0,26	0,27
Sand-Mn	Sand Ni	Sand-Cu	Sand-Zn	Sand-As	Sand-Cr	Sand-Pb
0,33	0,62	-0,18	0,16	-0,10	0,16	0,06

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα στοιχεία που παρουσιάζονται στη μελέτη αυτή και στα οποία έγινε κοκκομετρική και χημική ανάλυση, συμπεραίνουμε ότι τα ιζήματα που συλλέχθηκαν με πυρηνοληπτική μέθοδο από διάφορα σημεία περιμετρικά του Θερμαϊκού Κόλπου παρουσιάζουν κατά ένα μεγάλο μέρος ομοιότητα ως προς την υφή των ιζημάτων. Πρόκειται δηλαδή για ιζήματα κατ' εξοχήν ιλυοαργιλώδη. Ωστόσο υπάρχουν περιοχές όπως αυτές που βρίσκονται κοντά στις εκβολές των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα που η υφή διαφοροποιείται. Τα ιζήματα είναι ιλύωδη / ιλυοαργιλώδη λόγω των φερτών υλικών από τα ποτάμια και το περιβάλλον υψηλής ενέργειας που δημιουργείται.

Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων παρουσιάζονται στα ιζήματα που συλλέχθηκαν στις εκβολές των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα.

Πιστεύεται πως η αυξημένη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων οφείλεται σε δύο κύριους λόγους:

- A) στην υψηλή συγκέντρωση των πετρωμάτων σε βαρέα μέταλλα στις λεκάνες απορροής των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα. Πρόκειται κυρίως για υπερβασικά πετρώματα.
- B) στη βιομηχανική ρύπανση των περιοχών απ' όπου περνάν οι ποταμοί Αξιός και Αλιάκμονας.

7. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η γεωχημική και ιζηματολογική διασκόπηση του Θερμαϊκού κόλπου δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί και χρειάζεται να προσδιοριστούν ακόμα τα εξής:

α) η συγκέντρωση των κύριων στοιχείων Al, Si, Ti, Fe, K, Na, Mg . Τα στοιχεία αυτά συνδέονται με λιθογενή προέλευση. Περαιτέρω κανονικοποίηση των βαριών μετάλλων με το Al, το οποίο αντιπροσωπεύει τα φυλλοπυριτικά ορυκτά (δηλ. αργίλλους) -ο λόγος (B.M./Al - θα προσδιορίσει αν υπάρχει εμπλουτισμός των ιζημάτων σε βαριά μέταλλα πέρα από αυτά που έχουν προσροφηθεί στα φυλλοπυριτικά ορυκτά.

β) η ορυκτολογική σύσταση των ιζημάτων. Έτσι θα προσδιοριστεί η περιεκτικότητα σε αργίλους, χαλαζία και ασβεστόλιθους και θα καθοριστεί αν τα ορυκτά είναι χερσαίας προέλευσης και μεταφέρονται με τη δράση των χειμάρρων ή βιογενούς προέλευσης και δημιουργούνται μέσα στο θαλάσσιο περιβάλλον. '

γ) Θα ήταν επιπλέον σημαντικό να γίνει συλλογή μυδιών από τις ίδιες περιοχές που συλλέχθηκαν και οι πυρήνες και να προσδιοριστεί η συγκέντρωσή τους σε βαριά μέταλλα .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη ιζήματα συλλέχθηκαν με πυρηνολήπτες περιμετρικά του Θερμαϊκού κόλπου. Ερευνήθηκαν η κοκκομετρική σύσταση και η χημική σύσταση σε βαρέα μέταλλα και εξετάστηκαν οι μεταβολές των παραμέτρων αυτών σε σχέση με το βάθος. Δύο από τους σταθμούς δειγματοληψίας ήταν κοντά σε περιοχές με μυδοκαλλιέργειες. Διαπιστώθηκε ότι τα ιζήματα που έχουν αποτεθεί στη δυτική πλευρά του κόλπου έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα και συγκεκριμένα σε Mn, Cr, Ni, Pb, Cu και Zn σε σχέση με τα ιζήματα που αποτίθενται στην ανατολική πλευρά.

ABSTRACT

In this study sediments were collected with cores all around Thermaikos gulf. Grain size analysis and chemical composition for heavy metals were studied in relation to depth. Two of the sampling stations were in the vicinity of aquacultures. Sediments that were deposited in the west side of the gulf had higher Mn, Cr, Ni, Pb, Cu and Zn concentrations than the sediments deposited in the east side of the gulf.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

Αναγνώστου Χ., Χρόνης Γ. και Α. Σιούλας (1998): Δυναμική, λειτουργία και διαχείριση του Θαλάσσιου Συστήματος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, σ. 159 Αθήνα.

Αναγνώστου Χ. και Γ. Χρόνης. (2002). Εισαγωγή στις γεωεπιστήμες.

Arrhenius, G. (1963). Pelagic Sediments In The Sea 3, pp.655-727, edited by M.N. Hill. New York: Interscience.

Αντωνίου Α. (2007) Μελέτη της υδροδυναμικής κυκλοφορίας σε περιοχή μυδοκαλλιεργειών στην παράκτια λεκάνη της Χαλάστρας ΒΔ Θερμαϊκός κόλπος Απρίλιος 2007 Πτυχιακή εργασία ΤΕΙ Θεσσαλονίκης

Catsiki V.A., Hatzianestis I. and F. Rigas (2003) Distribution of metals and organic contaminants in mussels, Global Nest the Int. J. , 5 (3), 119-126

FAO (1990) Guidelines for Soil Description. Third revised edition Soil Resource, Management and Conservation Service, Land and Water Development Div., FAO Rome, 70p.

FAO (2006) World Reference Base for Soil Resources 2006: A framework for international classification, correlation and communication FAO World Soil Resources report 103, FAO, Rome, 128p.

Galinou-Mitsoudi S., Y.Savvidis, X. Dimitriadis, 2006. Interaction between mussel culture and hydrodynamics : a preliminary study in the gulfs of Thessaloniki and Thermaikos ; Greece. *Journal of Biological Research* 6: 139 – 145.

Hatzianestis J. and E. Sklivagou (2000), Organic Contaminants in sediments and in mussels from Thermaikos gulf, Hellas. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 74: 203-216.

Hyder P., Simpson HJ.H. Christopoulos S and Y. Krestenitis. 2002 The seasonal cycles of stratification and circulation in the Thermaikos Gulf Region of freshwater influence (ROFI), north west Aegean Cont. *Shelf Research*, 22, 2573-2597.

Karagiorgis A.P., Anagnostou C.L. and H.Kaberi (2005) Geochemistry and mineralogy of the NW Aegean Sea surface sediments: implications for river runoff and anthropogenic impact. *Applied Geochemistry* 20, 69-88

Karageorgis A.P., Nikolaidis N.P., Karamanos H., N. Skoulikidis, 2003 Water and sediment quality assessment of the Axios River and its coastal environment, *Continental Shelf Research* 23, 1929-1944

Krauskopf K., 1989 *Introduction to Geochemistry* McGraw-Hill International editions.

Lovelock, J.E. (1982): *Gaia : A new look at life on earth.*- Oxford University Press.

Oxford, England.

Λυκούσης Βασίλης, (1999), ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Martin, J.M., and Maybeck, M., 1979, Elemental mass balance of material carried by major world rivers: *Marine Chemistry*, v. 7, p. 173–206.

Martin, J.-M. and Whitfield, M. (1983) The significance of the river input of chemical elements to the ocean. In: *Trace metals in seawater*. Wong, C.S., Boyle, E., Bruland, K.W. and Goldberg, E.D. (Editors), Plenum, New York. 265-296.

Merrittis D., De Wet A .and K. Menking (1997) : *Environmental Geology. - At Earth System Approach.*- Freeman and co, P 452 , New York.

OPEN UNIVERSITY (1986) : *Σεισμικά κύματα και το εσωτερικό της γης*, Εκδ. Κουτσούμπος, σ.214 Αθήνα.

Poulos S.E., Chronis Th., Collins M.B. and V. Lykousis ,2000 Thermaikos Gulf Coastal System, NW Aegean Sea: an overview of water/sediment fluxes in relation to air-land-ocean interactions and human activities *Journal of Marine Systems*, 25(1), 47-76.

Salomons W., 2004. *European Catchments: catchment changes and their Impact on the coast* Institute for Environmental Studies pp 61.

Siebold, E., and W. H. Berger.1993. *The sea floor: An Introduction to Marine Geology*. 2d. Ed. New York

Siever, R. 1988. *Sand*. New York: Freeman, Scientific American Library.

Spencer, D.W., and S Hongo . 1978. *Particles and particle fluxes in the ocean*.

Oceanus 21 (no.1),pp. 20-26.

SUMMERHAYES, C.P. & THEORPE, S.A. (1996): Oceanography. An illustrated guide. Manson Publishing , Southampton Oceanography Centre.

(USDA) 1975 Soil Taxonomy : A basic system of Soil Conservation Service, Agricultural Handbook 436, WashingtonDC, 745

Verando, D.J. et al., 1990. Determination of organic carbon and nitrogen in marine sediments using Carlo Erba NA-1500 Analyser. Deep-Sea Research., Vol 37,1, pp: 57-165.

ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

- <http://penguin.who.edu/leo15.html>
- <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/>
- <http://www.filtration-and separation.com/settling/settling.html>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <http://www.usgs.com>
- <http://www.axiosdelta.gr>