

ΒΑΓΓΕΑΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

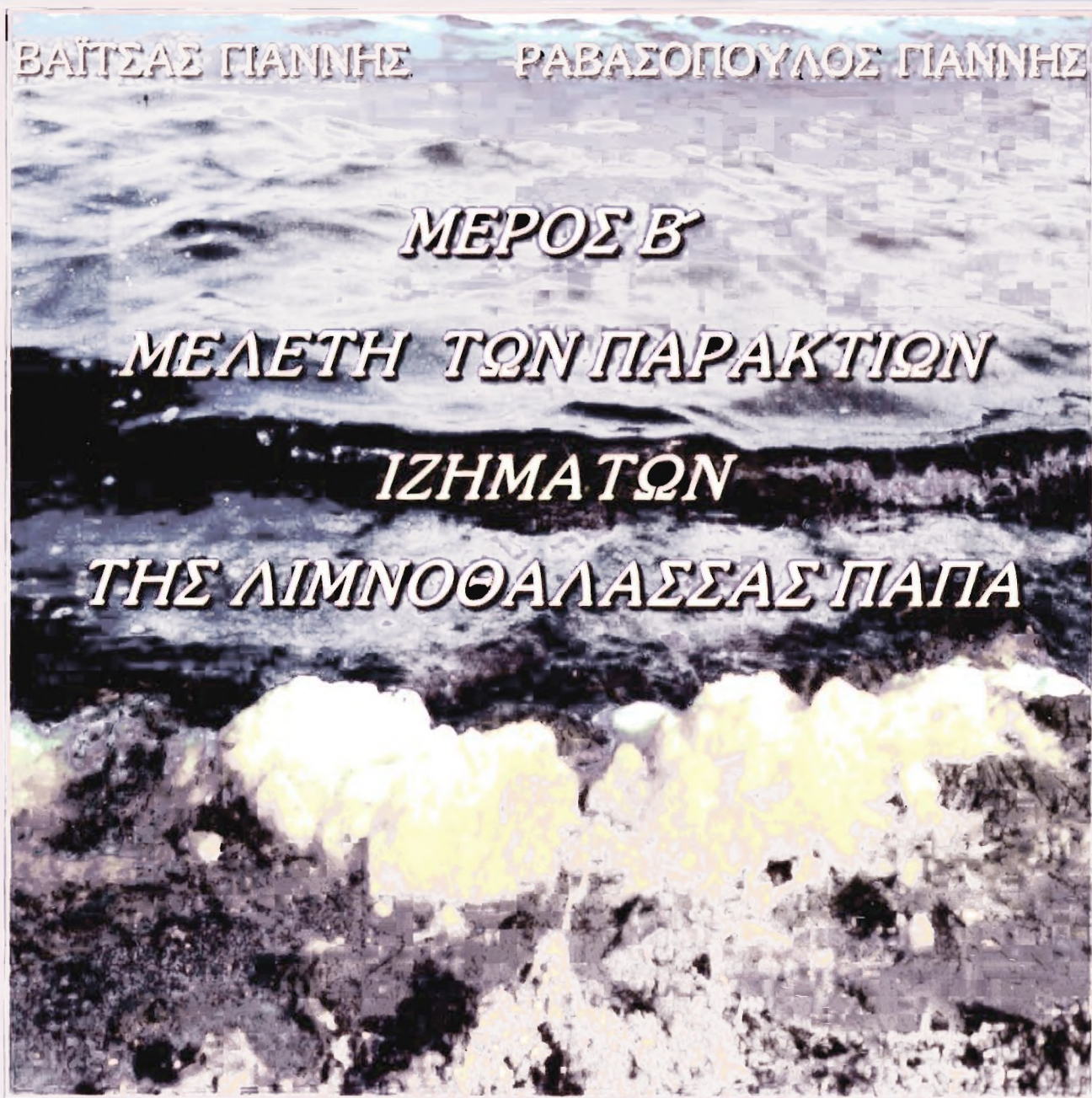
ΡΑΒΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΜΕΡΟΣ Β

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ

ΙΖΗΜΑΤΩΝ

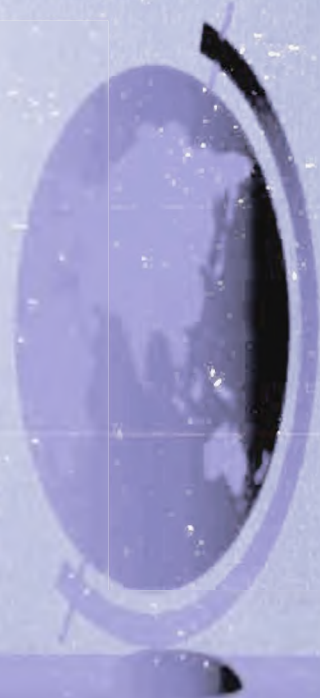
ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΠΑΠΑ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΤΕΙ ΜΕΣΣΟΛΟΝΓΕΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΓΩΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΩΜΙΑΣ - ΔΙΠΛΩΣ



ΠΑΤΡΑ 1997

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	i
ΠΕΡΙ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΑ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	2
1. Παράκτια θαλάσσια ιζήματα	2
1.1 Εισαγωγή.....	2
1.2 Περί ιζηματολογίας.....	3
1.3 Σύνθεση θαλάσσιων ιζημάτων.....	3
1.4 Χερσογενή ιζήματα (detrital sediments).....	5
1.5 Βιογενή ιζήματα (biogenic sediments).....	9
1.5.1 Πυριτικά - Οργανικά ιζήματα.....	10
1.5.2 Μεταλλικός εμπλουτισμός σε ιζήματα πλούσια σε οργανικό υλικό.....	13
2. Ιζήματα λιμνοθαλάσσιων συστημάτων	15
2.1 Γενικά.....	15
2.2 Αιγυπτιακά δελταϊκά λιμνοθαλάσσια συστήματα.....	16
2.3 Ιζηματολογικά δεδομένα - Οργανικό υλικό - Θρεπτικά συστατικά.....	20
2.4 Εμπλουτισμός σε ιχνοστοιχεία - ιχνημέταλλα και επιπτώσεις.....	22
ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΠΑΠΑ (ΑΡΑΞΟΣ, Β.Α. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ)	32
1. Εισαγωγή	32
1.1 Περιοχή έρευνας.....	32
1.2 Σκοπός έρευνας.....	32
2. Μεθοδολογία	34
2.1 Δειγματοληψία.....	34
2.2 Κοκκομετρία ιζημάτων.....	37
2.2.1 Γενικά.....	37
2.2.2 Κοκκομετρική ανάλυση δειγμάτων.....	39
2.2.2.1 Οξειδωση (καύση) οργανικού υλικού.....	39
2.2.2.2 Υγρό κοσκίνισμα (wet sieving).....	41
2.2.2.3 Κοκκομετρική ανάλυση λεπτόκκου κλάσματος με τη μέθοδο της πιπέτας.....	43
2.2.2.4 Κοκκομετρική ανάλυση χονδρόκοκκου κλάσματος (ξηρό κοσκίνισμα).....	46
2.3 Γεωχημεία ιζημάτων.....	48
2.3.1 Γενικά.....	48

3.3.2 Γεωχημική ανάλυση ιζημάτων.....	48
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	51
1. Ιζηματολογία.....	51
1.1 Επιφανειακές κατανομές λιθολογικών τάξεων και στατιστικών παραμέτρων.....	52
1.1.1 Επιφανειακή κατανομή ψηφίδων.....	52
1.1.2 Επιφανειακή κατανομή άμμου.....	53
1.1.3 Επιφανειακή κατανομή πηλού.....	54
1.1.4 Επιφανειακή κατανομή αργίλου.....	54
1.1.5 Επιφανειακή κατανομή μέσου μεγέθους κόκκων (Mz).....	55
1.1.6 Επιφανειακή κατανομή σταθερής απόκλισης (σ).....	55
1.1.7 Επιφανειακή κατανομή λοξότητας (Sk).....	56
1.1.8 Επιφανειακή κατανομή κύρτωσης (K_G).....	57
1.2 Κατακόρυφες κατανομές λιθολογικών τάξεων και στατιστικών παραμέτρων με το βάθος.....	58
1.2.1 Πυρήνας 1.....	58
1.2.2 Πυρήνας 2.....	60
1.2.3 Πυρήνας 4.....	62
1.2.4 Πυρήνας 5.....	64
1.2.5 Πυρήνας 6.....	66
1.2.6 Πυρήνας 7.....	67
2. Γεωχημεία.....	70
2.1 Επιφανειακές κατανομές κύριων στοιχείων, οργανικού άνθρακα και βαρέων μετάλλων.....	71
2.1.1 Επιφανειακές κατανομές κύριων στοιχείων.....	71
2.1.2 Επιφανειακή κατανομή οργανικού άνθρακα.....	72
2.1.3 Επιφανειακές κατανομές βαρέων μετάλλων.....	73
2.2 Κατακόρυφες κατανομές κύριων στοιχείων, οργανικού άνθρακα και βαρέων μετάλλων με το βάθος.....	75
2.2.1 Πυρήνας 1.....	75
2.2.2 Πυρήνας 2.....	78
2.2.3 Πυρήνας 4.....	80
2.2.4 Πυρήνας 5.....	82
2.2.5 Πυρήνας 6.....	84
3. Περιβαλλοντική επιβάρυνση των ιζημάτων της λιμνοθάλασσας Πάπα.....	86
3.1 Δείκτης γεωσυσσώρευσης (I_{geo}).....	86
3.2 Δείκτης φορτίου ρύπανσης (PLI).....	88
ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	91

<i>1. Γενικά</i>	91
<i>2. Μεθοδολογία εφαρμογής της παραγοντικής ανάλυσης</i>	91
2.1 Παραγοντική ανάλυση γεωχημικών αναλύσεων.....	93
2.2 Παραγοντική ανάλυση γεωχημικών και ιζηματολογικών δεδομένων	96
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	101
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ	104





ΠΕΡΙ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΑ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

1. Παράκτια θαλάσσια ιζήματα

1.1 Εισαγωγή

Τα θαλάσσια ιζήματα είναι πολύ κλασματοποιημένα υλικά, τα οποία προέρχονται από έναν αριθμό διαφορετικών πηγών. Η κλασματοποίηση αυτή οφείλεται σε χημικές και φυσικές διεργασίες στην επιφάνεια της χέρσου. Η χημική σύσταση των θαλάσσιων ιζημάτων ποικίλλει πολύ, οπότε είναι δύσκολο να υπάρξει μία γενίκευση για τη μέση σύσταση ενός συγκεκριμένου ιζήματος και τις διεργασίες που την καθορίζουν.

Τα 'μη πελαγικά' ιζήματα ('non pelagic' sediments) είναι αυτά που συσσωρεύονται στα διάφορα υδάτινα περιβάλλοντα με άμεση γειτνίαση με τη χέρσο. Σ' αυτά τα ιζήματα οι φυσικές, χημικές και βιολογικές συνθήκες ποικίλλουν περισσότερο απ' ό,τι στα ιζήματα της ανοικτής θάλασσας. Συνεπώς, τα παράκτια ιζήματα είναι έντονα ετερογενή και καλύπτουν ολόκληρο το φάσμα των ιζημάτων που συσσωρεύονται στους ωκεανούς. Μελέτες των παράκτιων ιζημάτων που έχουν γίνει έως σήμερα, έχουν προσφέρει ένα σημαντικό αριθμό διαθέσιμων πληροφοριών όσον αφορά την υφή, τη δομή, την ορυκτολογία και την οικολογία τους. Σχετικά πρόσφατα έχει προταθεί ότι τα παράκτια περιβάλλοντα αποτελούν σημαντικούς τόπους αποβολής διάφορων στοιχείων από το νερό, διότι οι ρυθμοί ιζηματογένεσης είναι πολύ ταχείς καθώς και οι φυσικοχημικές συνθήκες, όντας διαφορετικές από αυτές της ανοικτής θάλασσας, ευνοούν τέτοιους ρυθμούς.

1.2 Περί ιζηματολογίας

Τα ιζήματα που συσσωρεύονται σε παράκτιες περιοχές απαντώνται σε μία ποικιλία περιβαλλόντων: εκβολές και δέλτα ποταμών (estuaries and deltas), κόλποι (bays), φιόρδ (fjords), λιμνοθάλασσες (lagoons), ενδοπαλιρροιακές ζώνες (tidal flats), ηπειρωτικές κρηπίδες (continental terraces) και περιθωριακές λεκάνες (marginal basins). Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες καθορισμού εκείνων των χαρακτηριστικών των ιζημάτων που οδηγούν στην αναγνώριση και το διαχωρισμό των περιβαλλόντων στα οποία έχουν αποτεθεί. Αυτό όμως είναι εφικτό στις περιπτώσεις εκείνες όπου οι κλιματικές, γεωλογικές και ωκεανογραφικές συνθήκες είναι παρόμοιες και όταν έχουν χρησιμοποιηθεί κριτήρια υφής, ορυκτολογίας και παρουσίας πανίδας. Παρόλα αυτά, υπάρχει μεγαλύτερη επιτυχία στην αναγνώριση και τον καθορισμό των πηγών και των οδών μεταφοράς πρόσφατων ιζημάτων σε παράκτιες περιοχές, μελετώντας την ορυκτολογία του ιζήματος.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που ελέγχουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες αποτίθενται τα πρόσφατα ιζήματα είναι ο ρυθμός εισροής υλικών, ο ρυθμός αύξησης (ή μείωσης) της στάθμης της θάλασσας και η ένταση και επικράτηση των τοπικών κινήσεων του νερού, οι οποίες δρουν πάνω στο μη συμπαγοποιημένο υλικό, το επαναιωρούν κι έτσι παρέχουν νέο υλικό προς απόθεση. Έτσι, τα παράκτια θαλάσσια ιζήματα ποικίλλουν στην υφή και τη σύσταση, όχι επειδή συσσωρεύονται σε περιβάλλοντα όπου οι ίδιες οι φυσικές συνθήκες ποικίλλουν, αλλά γιατί αποτίθενται σε περιοχές, οι οποίες έχουν υποστεί μεγάλες πρόσφατες αλλαγές. Η αναγνώριση των πρόσφατων ιζημάτων (ιζήματα που έχουν αποτεθεί κάτω από σύγχρονες συνθήκες) είναι θεμελιώδης προϋπόθεση για την ερμηνεία της ορυκτολογίας και της χημικής σύνθεσης μη συμπαγοποιημένων αποθέσεων στο θαλάσσιο πυθμένα.

1.3 Σύνθεση θαλάσσιων ιζημάτων

Τα κυριότερα συστατικά των ιζημάτων είναι *αποσαθρωτικής* (detrital), *αυθιγενούς* (authigenic) και *βιογενούς* (biogenic) προέλευσης. Τα συστατικά της *αποσάθρωσης* αποτελούνται από θραύσματα πετρωμάτων και ορυκτών και μέταλλα που μεταφέρονται στη θάλασσα μέσω των ποταμών, των πάγων ή του ανέμου. Το *αυθιγενές* κλάσμα αποτελείται από ανόργανα κατακρημνισμένα υλικά διαφόρων

τύπων. Το βιογενές κλάσμα προκύπτει από ανόργανα σκελετικά υπολείμματα υδρόβιων οργανισμών ή από διασκορπισμένο οργανικό υλικό που παράγεται από την αποικοδόμηση οργανικών ιστών, οργανικής ύλης από απώλειες τροφής από ιχθυοτροφεία, κ.α. Αυτό το κλάσμα μπορεί να προέρχεται από την υπερκείμενη υδάτινη στήλη ή να εισέρχεται από τις ηπειρωτικές περιοχές (χέρσος). Στα παράκτια θαλάσσια ιζήματα αυτά τα τρία κύρια κλάσματα συστατικών απαντώνται σε όλες τις δυνατές αναλογίες, έτσι ώστε να προκύπτει μία μεγάλη ποικιλία τύπων ιζημάτων, τα οποία μπορούν να διαχωριστούν το ένα από το άλλο από την ορυκτολογική τους σύσταση, τη γεωχημεία ή τη βιοχημεία τους.

Η συγκέντρωση ενός συγκεκριμένου στοιχείου σ' ένα ιζήμα εξαρτάται από τη συγκέντρωσή του και τις σχετικές αναλογίες του στα παραπάνω αναφερθέντα κλάσματα συστατικών. Πολλά στοιχεία έχουν την τάση να βρίσκονται σε δύο ή και περισσότερα μεταλλικά συστατικά ενός ιζήματος. Επίσης, η κατανομή ενός στοιχείου δε μπορεί να περιγραφεί μόνο βάσει της ορυκτολογίας του ιζήματος. Όμοια, η σύγκριση δύο ιζημάτων δε μπορεί να γίνει μόνο βάσει της χημικής τους σύνθεσης, εκτός κι αν τα ιζήματα έχουν χαρακτηριστικά που υποδηλώνουν ίδια υφή. Οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε πρόσφατα ιζήματα μετά την απόθεσή τους είναι σημαντικές στην αποκάλυψη αλλαγών της χημικής τους σύνθεσης. Οι περισσότερες από αυτές τις χημικές αλλαγές λαμβάνουν χώρα στη διαχωριστική επιφάνεια ιζήματος / νερού (ή κοντά σε αυτή) και για το λόγο αυτό οι αρχικές συνθέσεις των επιφανειακών ιζημάτων σε πολλά παράκτια περιβάλλοντα δε διατηρούνται κατά τη συνεχή ιζηματογένεση.

Ο διαχωρισμός των στοιχείων μεταξύ διαφόρων μεταλλικών συστατικών των ιζημάτων έχει μελετηθεί με διάφορες μεθόδους. Οι Hirst & Nicholls (1958), ο Hirst (1962b), ο Arrhenius (1963), οι Chester & Hughes (1967) και ο Piper (1971) χρησιμοποίησαν διάφορες χημικές μεθόδους για τον ποιοτικό διαχωρισμό των διαφορετικών κλασμάτων πελαγικών και παράκτιων ιζημάτων καθώς και ιζηματογενών πετρωμάτων (sedimentary rocks). Μία άλλη μέθοδος είναι η εξέταση των δεδομένων της ολικής χημικής σύνθεσης ενός ιζήματος, χρησιμοποιώντας μεθόδους παλινδρόμησης και συσχέτισης, ώστε να αναγνωρισθούν οι στατιστικά διαφορετικές ομάδες των ομάδων των στοιχείων καθώς και να εφαρμοστούν πολυμεταβλητές τεχνικές (παραγοντική ανάλυση) για τον καθορισμό των παραμέτρων που ελέγχουν την κατανομή του κάθε στοιχείου.

1.4 Χερσογενή ιζήματα (detrital sediments)

Μελέτες της χημικής σύνθεσης απαραίτητα χερσογενών ιζημάτων από παράκτια περιβάλλοντα έχουν γίνει από τον Hirst (1962a, b), τον Moore (1963, 1968), τους Nota & Loring (1964), τους Loring & Nota (1968) και τον White (1970). Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τη μέση χημική σύνθεση ιζημάτων από διάφορα περιβάλλοντα, τα οποία μελέτησαν οι παραπάνω ερευνητές.

Πίνακας 1. Χημική σύνθεση μερικών παράκτιων χερσογενών ιζημάτων.

Στοιχείο ^a	Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4
SiO ₂	78.5	55.02	–	64.8
Al ₂ O ₃	6.12	16.61	6.95	13
TiO ₂	0.45	0.72	0.5	0.9
Fe ₂ O ₃ ^b	4.69	7.26	2.12	4.3
MgO	0.89	2.19	0.63	3
CaO	6.7	1.57	1.19	3.3
Na ₂ O	1.18	2.76	1.73	2.9
K ₂ O	1.14	2.32	1.73	1.9
MnO	0.09	0.26	0.02	0.08
P ₂ O ₅	0.11	0.18	–	–
CO ₂	2.17	2.25	–	–
B	60	81	59	58
Ba	301	394	310	661
Co	8	12	3	12
Cr	31	93	33	191
Cu	7	17	18	28
Ga	7	22	9	20
Ni	16	31	11	100
Pb	13	22	25	10
Rb	47	76	–	–
Sr	147	210	125	296
V	79	146	45	93
Y	–	–	30	32
Zr	413	169	265	176

Στήλη 1: Κόλπος Παρία. Μέσος όρος 12 δειγμάτων άμμου από την κρηπίδα (platform sands) (το SiO₂ βασισμένο σε 3 αναλύσεις). Οι αναλύσεις έγιναν με υγρές χημικές μεθόδους για τα κύρια

στοιχεία και φασματοσκόπηση (emission spectroscopy) για τα ιχνοστοιχεία (από Hirst, 1962a, b).

Στήλη 2: Κόλπος Paria. Μέσος όρος 6 δειγμάτων αργίλου από την κεντρική λεκάνη (basin clay) (το SiO₂ βασισμένο σε 3 αναλύσεις). Οι μέθοδοι ανάλυσης είναι ίδιες με της Στήλης 1 (από Hirst, 1962a, b).

Στήλη 3: Όρμος Buzzards (Μασαχουσέτη, ΗΠΑ). Μέσος όρος 125 δειγμάτων άμμου και λασπούχας άμμου. Οι αναλύσεις έγιναν με φασματοσκόπηση (emission spectroscopy) (από Moore, 1963).

Στήλη 4: Ηπειρωτική κρηπίδα (continental shelf) Όρεγκον - Ουάσινγκτον. Μέσος όρος 45 δειγμάτων άμμου και ιλύος. Οι αναλύσεις των κύριων στοιχείων έγιναν με φασματοσκόπηση ακτίνων X (X-ray fluorescence spectroscopy) και των ιχνοστοιχείων με φασματοσκόπηση (emission spectroscopy) (από White, 1970).

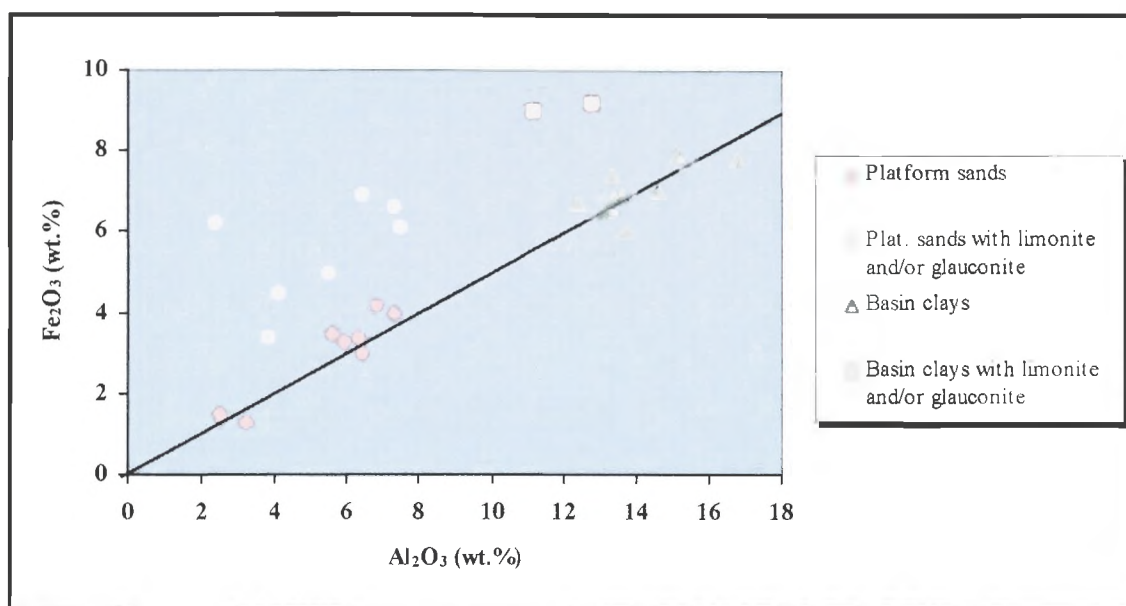
a: Τα οξείδια των κύριων στοιχείων είναι εκφρασμένα ως % του βάρους. Τα ιχνοστοιχεία ως ppm.

b: Ολικός Fe ως Fe₂O₃.

Ο Hirst (1962a, b) μελέτησε τη γεωχημεία των ιζημάτων του κόλπου Paria, όπου και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, για τα περισσότερα δείγματα, τα κύρια στοιχεία και τα ιχνοστοιχεία βρίσκονταν στα πλέγματα των χερσογενών μετάλλων. Έτσι, η ποικιλία των χημικών συνθέσεων που παρατηρήθηκε στα ιζήματα ελεγχόταν από τις διακυμάνσεις των αναλογιών των κύριων ορυκτών, όπως ο χαλαζίας, οι άστριοι, ο ιλλίτης, ο μοντμοριλλονίτης, ο καολινίτης και των μικρότερων ποσοτήτων των βαρέων μετάλλων. Εξαιρέσεις αποτέλεσαν οι κατανομές του σιδήρου, του ασβεστίου και του μαγγανίου.

Η επίδραση μη-χερσογενών παραγόντων στην ολική σύνθεση των ιζημάτων μπορεί να φανεί από την κατανομή του Fe₂O₃ (Διαγρ.1). Η σχέση μεταξύ Fe₂O₃ και Al₂O₃ περιπλέκεται από την παρουσία αυθιγενών σιδηρούχων ορυκτών, όπως ο λιμονίτης (limonite) και ο γλαυκονίτης (glaucosite). Σε ιζήματα όπου δεν υπάρχουν τα ορυκτά αυτά η αναλογία Fe₂O₃ / Al₂O₃ είναι σχετικά σταθερή (βλ. γραμμή τάσης, Διαγρ.1). Αυτό υποδηλώνει ότι ο σίδηρος βρίσκεται σε δομικές θέσεις στα αλουμινοπυριτικά άλατα (aluminosilicates). Έτσι, όσος σίδηρος υπερβαίνει τη μέση

αναλογία $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{Al}_2\text{O}_3$ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του ποσού των αυθιγενών μετάλλων στο ίζημα.



Διάγραμμα 1. Συσχέτιση μεταξύ Fe_2O_3 και Al_2O_3 σε μερικά πρόσφατα ιζήματα του κόλπου Paria (δεδομένα από Hirst, 1962a).

Οι σημαντικές διακυμάνσεις στο περιεχόμενο της άμμου και της αργίλου του κόλπου σε CaO είναι συνέπεια των μεγάλων διακυμάνσεων στη συγκέντρωση ανθρακικών υπολειμμάτων από κελύφη. Όταν αυτές οι ανθρακικές συγκεντρώσεις είναι μικρές, το CaO και το Al_2O_3 συσχετίζονται καλά, υποδεικνύοντας ότι το περισσότερο από το μη-ανθρακικό CaO κρατείται στη δομή των αλουμινοπυριτικών αλάτων.

Αν και υπάρχουν μερικές μικρές διαφορές που οφείλονται στη συνεισφορά υλικών από βιογενείς και αυθιγενείς πηγές, η γεωχημεία των ιχνοστοιχείων του κόλπου Paria κυριαρχείται από τη μεταφορά και απόθεση αυτών των ιχνοστοιχείων στα πλέγματα των χερσογενών ορυκτών. Έτσι, τα ιχνοστοιχεία συσχετίζονται περισσότερο ή λιγότερο με ένα ή και περισσότερα από τα κύρια στοιχεία. Ο χερσογενής χαρακτήρας των περισσότερων ιχνοστοιχείων φαίνεται από τον υψηλό βαθμό συσχέτισης των B, Ba, Cr, Cu, Cs, Ca, Li, Ni, Pb, Rb και V με το Al_2O_3 , το οποίο είναι περισσότερο χερσογενούς προέλευσης. Ο Hirst (1962b) θεώρησε ότι όλα αυτά τα στοιχεία βρίσκονται στα ορυκτά της αργίλου, στους άστριους (Ba, Sr και Rb), στο γλαυκονίτη (B) ή στα βαρέα μέταλλα (Cr, Ni, Cu και Pb).

Πέρα από αυτές τις συσχετίσεις ορυκτού - στοιχείου υπάρχουν κι άλλες ομαδοποιήσεις, οι οποίες δεν ελέγχονται από το χερσογενές κλάσμα. Το στρόντιο φαίνεται να συσχετίζεται με το CO_2 , υποδεικνύοντας έτσι ότι το περισσότερο ποσοστό του στρόντιου βρίσκεται σε ανθρακικά υπολείμματα, τα οποία για την περιοχή του συγκεκριμένου κόλπου είναι κυρίως αραγωνιτικά (Hirst, 1962a). Μερικά ιχνοστοιχεία, κυρίως τα Co, V και Zr, φαίνεται να συσχετίζονται καλά με το ολικό Fe_2O_3 . Αυτό υποδηλώνει ότι αυτά τα στοιχεία συνδέονται με διάφορες φάσεις οξειδίων. Αυτό ενισχύεται και από την σημαντικά υψηλή συγκέντρωσή τους στα σιδηρούχα κλάσματα, που έχουν διαχωρισθεί από τα αμμούχα ιζήματα.

Οι Spencer et al. (1968) επανεξέτασαν τα πρωτογενή δεδομένα του Hirst (1962a, b) για τη γεωχημεία των ιζημάτων του κόλπου Paria με την ανάλυση κατά παράγοντες (μέθοδος R). Η ανάλυσή τους έδειξε 5 παράγοντες, οι οποίοι καλύπτουν το 90% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Αυτοί οι 5 παράγοντες είναι οι εξής:

Παράγοντας 1: Διάλυση του χαλαζία. Επηρεάζει τα στοιχεία Ti, Al, K, Cs, Cr, Ni, Ga, Cu, Li και Rb. Το Zr βρίσκεται σε αντιπάθεια.

Παράγοντας 2: Ανθρακικά. Επηρεάζουν τα στοιχεία Ca, Sr και CO_2 .

Παράγοντας 3: Οξειδία. Επηρεάζουν τα στοιχεία Fe, Mn, V και Co.

Παράγοντας 4: Ιλλίτης / γλαυκονίτης. Επηρεάζουν τα στοιχεία Na και B.

Παράγοντας 5: Μοντμοριλλονίτης. Επηρεάζει τα στοιχεία Mg, Ba και Be.

Η εφαρμογή στατιστικών μεθόδων για την ανάλυση της χημικής σύνθεσης των ιζημάτων του κόλπου Paria, έδειξε ότι αν και η χημική σύνθεση ελέγχεται κύρια από τα χερσογενή ορυκτά, η βιογενής και αυθιγενής φάση παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο.

Η μελέτη της χημικής σύνθεσης των ιζημάτων του κόλπου Buzzards (Μασαχουσέτη, ΗΠΑ) έχει γίνει από τον Moore (1963). Τα ιζήματα ήταν στην πλειονότητά τους αμμώδη και ιλυούχοι άμμοι, τα οποία περιείχαν υψηλά ποσοστά χαλαζία, άστριων και αργλικών ορυκτών καθώς και θραύσματα κελυφών. Ο Moore (1963) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι κατανομές των Al, Cr, Co, Cu, Fe, La, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, V και Y ελέγχονταν πλήρως από τις ποσότητες λεπτόκοκκων αλουμινοπυριτικών ιζημάτων. Τα στοιχεία Ba, Ca, Na και K συσχετίζονταν και με τα αλουμινοπυριτικά και το χαλαζία. Το B φαίνεται ότι ελεγχόταν από την παρουσία θραυσμάτων κελυφών. Τα αυθιγενή ορυκτά δε φαίνεται να είχαν επίδραση στη

γεωχημεία των ιζημάτων. Εξαιρέση αποτέλεσε ένα μόνο ιλυούχο δείγμα, το οποίο είχε σχετικά υψηλή συγκέντρωση μολυβδένιου.

Τα διάφορα συστατικά των χερσογενών ιζημάτων είναι δυνατόν να διαχωρισθούν και με την ανάλυση των διαφορετικών τάξεων μεγεθών κόκκων, όπως έχει προταθεί από τους Price & Wright (1971) και Wright (1972). Αυτοί διαχώρισαν μία σειρά χερσογενών άμμων, ιλυούχων άμμων και ιλύος από τη Ν.Δ. θάλασσα Barents σε κλάσματα άμμου (>63 μm), ιλύος (8-63 μm) και αργίλου (<2 μm). Κάθε κλάσμα αναλύθηκε ως προς την ορυκτολογία και τη χημική του σύνθεση. Το κλάσμα της άμμου αποτελούνταν κυρίως από χαλαζία με μικρότερα ποσοστά άστριων. Το κλάσμα της ιλύος αποτελούνταν από χαλαζία, άστριους, μαρμαρυγία και ασβεστίτη. Τα δεδομένα των ιχνοστοιχείων αυτού του κλάσματος χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό περιοχών της κρηπίδας με ιδιαίτερα ορυκτολογικά χαρακτηριστικά, τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

- ▶ Οι κατανομές του ζirkόνιου και του θόριου χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό περιοχών εμπλουτισμένων με βαρέα μέταλλα. Τέτοιες περιοχές βρέθηκαν σε όχθες και παράκτιες περιοχές.
- ▶ Περιοχές πλούσιες σε χαλαζία και μαρμαρυγία καθορίστηκαν βάσει των λόγων $\frac{\text{Ba}}{\text{Rb}}$ και $\frac{\text{Sr}}{\text{Rb}}$. Ο διαχωρισμός μεταξύ καλίου και πλαγιοκλαστικού (plagioclase) χαλαζία έγινε με τη χρήση των δύο προαναφερθέντων λόγων και των λόγων μεταξύ των $\text{Ba}/\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$.
- ▶ Περιοχές εμπλουτισμένες με απατίτη μπορούσαν να καθοριστούν χρησιμοποιώντας τις κατανομές των Ce, La και Y.

Τέλος, το κλάσμα της αργίλου περιείχε ιλλίτη και άλατα χλωρίου καθώς και μικρότερες συγκεντρώσεις καολινίτη, μοντμοριλλόνιτη και τα στοιχεία Ba, Cu, Ni, Pb και Zn εμπλούτιζαν ένα ή περισσότερα από τα προαναφερθέντα ορυκτά.

1.5 Βιογενή ιζήματα (biogenic sediments)

Ιζήματα που περιέχουν σημαντικές ποσότητες βιογενών υλικών απαντώνται στους περισσότερους τύπους παράκτιων περιβαλλόντων, όπως περιορισμένες λεκάνες και φιόρντ (restricted basins and fjords), εκβολές (estuaries), περιθωριακές λεκάνες (marginal basins) και περιοχές της ηπειρωτικής κρηπίδας (continental shelf

areas). Το υλικό αυτό μπορεί να αποτελείται από ασβεστιτικά ή/και πυριτικά υπολείμματα - θραύσματα σκελετών και κελυφών καθώς και από λεπτόκοκκο οργανικό υλικό. Σε γενικές γραμμές, τα ασβεστιτικά ιζήματα αποτελούνται από άμμο, ενώ τα οργανικά και πυριτικά ανήκουν στο κλάσμα της αργίλου και της ιλύος. Έτσι, οι παράγοντες που αφορούν την υφή ενός ιζήματος, ενώ στα χερσογενή ιζήματα περιπλέκονται, στα ασβεστιτικά βιογενή ιζήματα δεν εμποδίζουν την ερμηνεία της γεωχημείας τους.

Σύμφωνα με τον Emery (1968) τα βιογενή ιζήματα είναι τα εξισορροπημένα εκείνα ιζήματα (equilibrium sediments) που αναμένονται σε ηπειρωτικές κρηπίδες χαμηλών γεωγραφικών πλατών. Όμως ο Chave (1967) και αργότερα οι Lees & Buller (1972) έδειξαν ότι άμμοι με ασβεστιτικά υπολείμματα - θραύσματα σκελετών και κελυφών εκτείνονται σε γεωγραφικά πλάτη έως και 60°. Οι ασβεστίτες των τροπικών και εύκρατων γεωγραφικών πλατών μπορούν να διαχωρισθούν από αυτούς των μεγάλων πλατών βάσει των μεγεθών των κόκκων των σκελετικών υπολειμμάτων. Έτσι, κοράλλια και ασβεστοποιημένα άλγη περιορίζονται κυρίως στα χαμηλά πλάτη, ενώ στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη τα ασβεστιτικά ιζήματα αποτελούνται κυρίως από τρηματοφόρα (foraminifera) και μαλάκια (molluscs). Αντιθέτως, υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού υλικού με ή χωρίς ασβεστιτικά σκελετικά υπολείμματα απαντώνται σε ηπειρωτικές κρηπίδες σε όλα σχεδόν τα γεωγραφικά πλάτη.

1.5.1 Πυριτικά - Οργανικά ιζήματα.

Ιζήματα που περιέχουν σχετικά μεγάλες ποσότητες βιογενούς πυριτίου και διασκορπισμένη οργανική ύλη έχουν βρεθεί στο Ν.Α. Αραβικό υφαλόρριο (Lees, 1937), στην Οχοτσική θάλασσα (Β. Ειρηνικός) (Bezrukov, 1955), στη θάλασσα της Ιαπωνίας (Solov'yev, 1960), στις λεκάνες του νότιου περιθωρίου της Καλιφόρνια (Emery, 1960), στον κόλπο της Καλιφόρνια (Byrne & Emery, 1960; Van Andel, 1964; Calvert, 1966), στη Βερίγγειο θάλασσα (Lisitsyn, 1966), στο Saanich Inlet (British Columbia) (Gross, 1967), στην τάφρο Cariaco (Dorta & Rona, 1971) και στο Ν.Δ. Αφρικανικό υφαλόρριο (Calvert & Price, 1970a, 1971a). Το οργανικό υλικό συσσωρεύεται σε ιζήματα πολλών άλλων περιοχών με περιορισμένη εναλλαγή και κυκλοφορία νερών, ενώ το ασβεστιτικό σκελετικό υλικό όχι. Παραδείγματα τέτοιων

περιοχών είναι η Μαύρη θάλασσα (Murray, 1900; Strakhov, 1962), η Βαλτική θάλασσα (Manheim, 1961a) και πλήθος Νορβηγικών φιόρδ (Strøm, 1936; Doff, 1969; Piper, 1971). Στις περιοχές αυτές το μεγαλύτερο ποσοστό του οργανικού υλικού προέρχεται πιθανώς από πλαγκτονικές πηγές. Σε μερικές περιοχές όμως, συσσωρεύεται και χερσογενές οργανικό υλικό, αλλά οι περιπτώσεις αυτές είναι τοπικού χαρακτήρα (Carrigy, 1956; Scholl, 1963). Οι ρυθμοί συσσώρευσης και απόθεσης σ' αυτές τις περιοχές είναι υψηλοί και το αποτιθέμενο οργανικό υλικό αφομοιώνεται στο ιζήμα πολύ γρήγορα, γι' αυτό και διατηρείται. Μερικοί υπολογισμοί του ρυθμού συσσώρευσης και του περιεχομένου σε οργανική ύλη για μερικά παράκτια ιζήματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.2). Ως συνέπεια των υψηλών ρυθμών συσσώρευσης, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των παράκτιων βιογενών ιζημάτων είναι η δημιουργία ανοξικών συνθηκών κάτω από το οξειδωτικό επιφανειακό στρώμα (πρβλ. Μέρος Α', §4.7).

Πίνακας 2. Ρυθμοί συσσώρευσης και περιεχόμενα οργανικού άνθρακα σε μερικά παράκτια ιζήματα.

Περιοχή	Ρυθμός συσσώρευσης οργ. υλικού (mm/yr)	Οργανικός άνθρακας (wt.%)	CaCO ₃ (wt.%)
Λεκάνη Santa Barbara	1.14	3.20	10.5
Λεκάνη Santa Catalina	0.29	5.00	12.8
Κόλπος της Καλιφόρνια, λεκάνη Guayamas	2.73	2.91	2.90
Κόλπος της Καλιφόρνια (δυτική ηπειρωτική κατωφέρεια)	0.60	6.55	11.6
Ν.Δ. Αφρικανικό υφαλόρριο	0.27	22.3	15.4

Πηγή: Calvert, 1976.

Οι παράγοντες που ελέγχουν τη χημική σύσταση των βιογενών ιζημάτων του κόλπου Walvis (ηπειρωτική κρηπίδα Ν.Δ. Αφρικής) έχουν μελετηθεί από τον Marchnat (1928), τον Copenhagen (1934, 1953) και αργότερα από τους Calvert & Price (1970a, 1971a).

Τα ιλυούχα ιζήματα, πλούσια σε οργανικό υλικό και διάτομα, τα οποία περιέχουν και θείο (S), βρίσκονται στο εσωτερικό της κρηπίδας, ανοιχτά του κόλπου Walvis. Τα ιζήματα αυτά περιείχαν μέχρι και 25% οργανικό άνθρακα. Στο βόρειο και νότιο άκρο του κόλπου υπάρχει χερσογενής άμμος (terrigenous sand) και

ψηφιδούχος άμμος (gravelly sand). Ασβεστιτικά (calcarenites) και ιλυούχα ασβεστιτικά ιζήματα (muddy calcarenites) βρίσκονται στην κεντρική κρηπίδα και εκτείνονται κι έξω από το υφαλόριο (ηπειρωτική κατωφέρεια). Μερικά ιζήματα περιείχαν γλαυκονίτη και φωσφορικά κατακρημνίσματα. Οι μέσες συνθέσεις των τριών αυτών τύπων ιζημάτων υποδεικνύουν ότι οι αναλογίες βιογενών και χερσογενών συστατικών ποικίλλουν πολύ. Όσον αφορά τη χημική σύνθεση των οργανικά πλούσιων ιζημάτων, τα ιλυούχα, πλούσια σε διάτομα ιζήματα σε σχέση με τα ασβεστιτικά και τη χερσογενή άμμο έχουν:

- ⇒ υψηλή αναλογία $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, ως συνέπεια της παρουσίας βιογενούς πυριτίου,
- ⇒ σχετικά υψηλή αναλογία $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, ως συνέπεια της παρουσίας λεπτόκοικων χερσογενών ορυκτών με παρουσία τιτανίου,
- ⇒ υψηλές αναλογίες $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ και $\text{S}/\text{Al}_2\text{O}_3$, λόγω της παρουσίας πυρίτη,
- ⇒ υψηλή αναλογία $\text{P}_2\text{O}_5/\text{Al}_2\text{O}_3$, ως αποτέλεσμα της παρουσίας φωσφορίτη (phosphorite) και
- ⇒ υψηλή αναλογία $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$.

Η χημική σύνθεση και των τριών τύπων ιζημάτων του κόλπου Walvis παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Τα ιχνοστοιχεία Cu, Mo, Ni U και Zn φαίνεται να εμπλουτίζουν περισσότερο τα ιλυούχα, πλούσια σε διάτομα ιζήματα. Τα περιεχόμενα σε Cu, Ni, Pb και Zn φαίνεται να συσχετίζονται καλά με τον οργανικό άνθρακα των ιζημάτων (Calvert & Price, 1970a) και το ίδιο φαίνεται να ισχύει και για το μολυβδένιο. Η κατανομή του ουρανίου όμως περιπλέκεται γιατί βρίσκεται και στον φωσφορίτη (phosphrite) και στο οργανικό υλικό.

Πίνακας 3. Χημική σύνθεση των ιζημάτων της Ν.Δ. Αφρικανικής κρηπίδας (κόλπος Walvis).

Στοιχείο ^a	Αργίλος με παρουσία διατόμων	Ασβεστιτικά	Άμμος
SiO ₂	51.23	9.2	65.6
Al ₂ O ₃	2.92	2.24	4.74
TiO ₂	0.23	0.12	0.3
Fe ₂ O ₃ ^b	1.62	1.13	1.44
CaO	7.26	43.4	9.6
MgO	1.33	0.68	0.88
K ₂ O	0.71	0.48	1.36
P ₂ O ₅	1.59	1.08	0.54
S	1.59	0.5	0.37
CO ₂	3.77	31.5	5.4
C _{org}	9.35	4.6	1.9
Ba	198	285	279
Cu	68	37	20
Mo	53	5	15
Ni	108	62	37
Pb	12	7	12
Rb	49	30	62
Sr	523	1082	363
U	41	10	7
Y	23	28	27
Zn	68	38	29
Zr	78	52	186

a: Οξείδια κύριων στοιχείων ως % του βάρους, ιχνοστοιχεία σε ppm. Οι αναλύσεις έγιναν με φασματοσκοπηση ακτίνων X (X-ray fluorescence spectroscopy) και αερομετρικές μεθόδους (gasometric methods) (C και CO₂).

b: Ολικός Fe ως Fe₂O₃.

Πηγή: Calvert, 1976.

1.5.2 Μεταλλικός εμπλουτισμός σε ιζήματα πλούσια σε οργανικό υλικό

Οι συγκεντρώσεις συγκεκριμένων ιχνημετάλλων σε οργανικά εμπλουτισμένα ιζήματα πλούσια σε διάτομα (diatomaceous sediments) είναι σημαντικά μεγαλύτερες από αυτές στα παράκτια χερσογενή και πελαγικά ιζήματα. Απόδειξη για το ότι οι σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων στα ιζήματα πλούσια σε οργανικό υλικό

ανοιχτά του κόλπου Walvis (Ν.Δ. Αφρικανική κρητίδα) δεν είναι χερσογενούς προέλευσης βασίζεται σε δύο δεδομένα:

1. υπάρχουν πολύ μικρές αναλογίες χερσογενών συστατικών σε πολλά ιλουόχα, πλούσια σε διάτομα ιζήματα και
2. οι συγκεντρώσεις των ιχνημετάλλων στην ολική χημική σύνθεση των ιζημάτων μπορούν να είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες σε παράκτια χερσογενή ιζήματα.

Οι συγκεντρώσεις των ιχνημετάλλων επιλεγμένων παράκτιων ιζημάτων πλούσιων σε οργανικό υλικό παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.4).

Πίνακας 4. Συγκεντρώσεις ιχνημετάλλων σε επιλεγμένα παράκτια, λεπτόκοκκα και πλούσια σε οργανικό υλικό ιζήματα (σε ppm).

Μεταλλικά στοιχεία	Ν.Δ. Αφρική ^a	Saanich Inlet (British Columbia) ^b	Κόλπος της Καλιφόρνια ^c	Οχोटσκινη θάλασσα ^d	Μίjet (Αδριατική) ^e	Μαύρη θάλασσα ^f
Ba	198	–	270	–	–	–
Co	–	7	–	4	5	12
Cr	–	54	42	30	50	84
Cu	68	45	64	33	–	30
Mo	53	26	–	1	23	33
Ni	108	26	146	30	46	67
Pb	12	–	51	–	–	24
Rb	49	–	–	–	–	–
Sr	523	–	233	–	–	–
U	41	–	–	–	–	15
V	–	66	95	71	152	98
Y	23	21	–	–	–	–
Zn	68	71	–	–	–	147
Zr	78	76	–	–	–	82

a: Οι αναλύσεις έγιναν με φασματοσκόπηση ακτίνων X. Στα δεδομένα δε λαμβάνονται υπόψη τα άλατα των μετάλλων (Calvert S.E. & Price N.B., In: Calvert, 1976).

b: Οι αναλύσεις έγιναν με φασματοσκόπηση (Gross, 1967).

c: Οι αναλύσεις έγιναν με φασματοσκόπηση (Calvert S.E., In: Calvert, 1976).

d: Οι μέθοδοι ανάλυσης δεν αναφέρονται (Strakhov & Nesterova, 1968)

e: Οι αναλύσεις έγιναν με φασματοσκόπηση (Seibold et al., 1958).

f: Οι μέθοδοι ανάλυσης δεν αναφέρονται (Glagoleva, 1961; Kochenov et al., 1965; Pilipchuk & Volkov, 1966; Belova, 1970; Glagoleva, 1970; Lubchenko, 1970).

Έχει προαναφερθεί ότι οι συγκεντρώσεις του Cu, Mo, Ni, Pb και Zn στα ιζήματα της Ν.Δ. Αφρικανικής κρηπίδας μπορούν να συσχετισθούν καλά με το οργανικό υλικό. Τέτοιοι συσχετισμοί έχουν χρησιμοποιηθεί ως απόδειξη για το ότι τα ιχνημέταλλα συνδέονται ευθέως με το οργανικό υλικό των ιζημάτων (Curtis, 1966). Το οργανικό υλικό όμως συσχετίζεται αρνητικά με το μέγεθος των κόκκων των ιζημάτων (Trask, 1953; Van Andel, 1964). Με άλλα λόγια, το οργανικό υλικό είναι δύσκολο να συσσωρευτεί σε αδρόκοκκα ιζήματα, γιατί περιοχές με τέτοια ιζήματα χαρακτηρίζονται από έντονη κυκλοφορία και εναλλαγή νερών, η οποία παρασύρει το οργανικό υλικό μακριά από αυτές τις περιοχές. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις ιχνημετάλλων σε οργανικά εμπλουτισμένα ιζήματα μπορεί να είναι αποτέλεσμα της παρουσίας λεπτόκοκκων συστατικών με παρουσία μετάλλων (π.χ. θειούχα άλατα), τα οποία να μην είναι άμεσα βιογενή.

2. Ιζήματα λιμνοθαλάσσιων συστημάτων

2.1 Γενικά

Τα ιχνημέταλλα που εισέρχονται στην υδάτινη στήλη βρίσκονται σε διαλυμένη και σωματιδιακή μορφή. Μέρος των ιχνημετάλλων σε σωματιδιακή μορφή επικάθονται στον πυθμένα ή/και μεταφέρονται με τα ρεύματα. Τα διαλυμένα μέταλλα μεταφέρονται από τις κινήσεις του νερού και η ιονική τους μορφή μπορεί να απομακρύνεται από την υδάτινη στήλη μέσω διάφορων διαδικασιών. Τέτοιες διαδικασίες είναι η προσρόφησή τους από το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό και τα ιζήματα και η κατακρήμνιση και απορρόφησή τους από τους υδρόβιους οργανισμούς. Από την άλλη μεριά, μπορεί να λάβει χώρα και η αντίστροφη διαδικασία, κατά την οποία τα συνδεδεμένα με ίζημα μέταλλα μπορούν να απελευθερωθούν πάλι στην υδάτινη στήλη, να καθιστούν διαλυτά, να μεταφερθούν και να είναι βιοδιαθέσιμα. Φαίνεται λοιπόν ότι τα ιζήματα δέχονται από και απελευθερώνουν μέταλλα προς την υδάτινη στήλη. Η απελευθέρωση μετάλλων από τα ιζήματα και το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό προς την υδάτινη στήλη ελέγχεται από αλλαγές στις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού. Σύμφωνα με τα ανωτέρω και κυρίως από τη στιγμή που το ίζημα είναι ο τελικός αποδέκτης των μετάλλων που εισέρχονται στο υδάτινο περιβάλλον, χρησιμοποιείται ως μέσο εκτίμησης -

παρακολούθησης των συγκεντρώσεων των μετάλλων στο υδάτινο περιβάλλον. Υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων μπορούν να επηρεάζονται από τη μείωση του pH, την αύξηση της αλατότητας, την αυξημένη παρουσία φυσικών και χημικών, οργανικών και ανόργανων ουσιών και τις αλλαγές στις οξειδοαναγωγικές συνθήκες.

Η παρουσία διαλυμένων και σωματιδιακών μετάλλων έχει μεγάλη σημασία όσον αφορά τη μεταφορά τους από ρυπασμένες περιοχές σε μη ρυπασμένες. Από το ολικό μεταλλικό φορτίο που εισέρχεται στην υδάτινη στήλη κυρίως με την έκχυση αποβλήτων, ένα μικρό ποσοστό προσροφάται από το ίζημα, ενώ το υπόλοιπο (μεγαλύτερο) ποσοστό είτε διαλύεται ή/και μεταφέρεται από τα ρεύματα μαζί με το σωματιδιακό υλικό μακριά από την περιοχή έκχυσής του (Galloway, 1979). Τα στοιχεία δείχνουν μία μέση ετήσια εισαγωγή Cd, Pb και Hg από τα νερά της χέρσου του δυτικού δέλτα του Νείλου στην παράκτια περιοχή της Μεσογείου, σε ποσότητες 2.8, 5.2 και 2.1tn, αντίστοιχα. Η ετήσια εισαγωγή διαλυμένου Cd, Pb και Hg από το Rosetta Branch* στη Μεσόγειο θάλασσα υπολογίζεται σε 0.08, 0.13 και 0.009tn, αντίστοιχα (El-Sokarry, 1992).

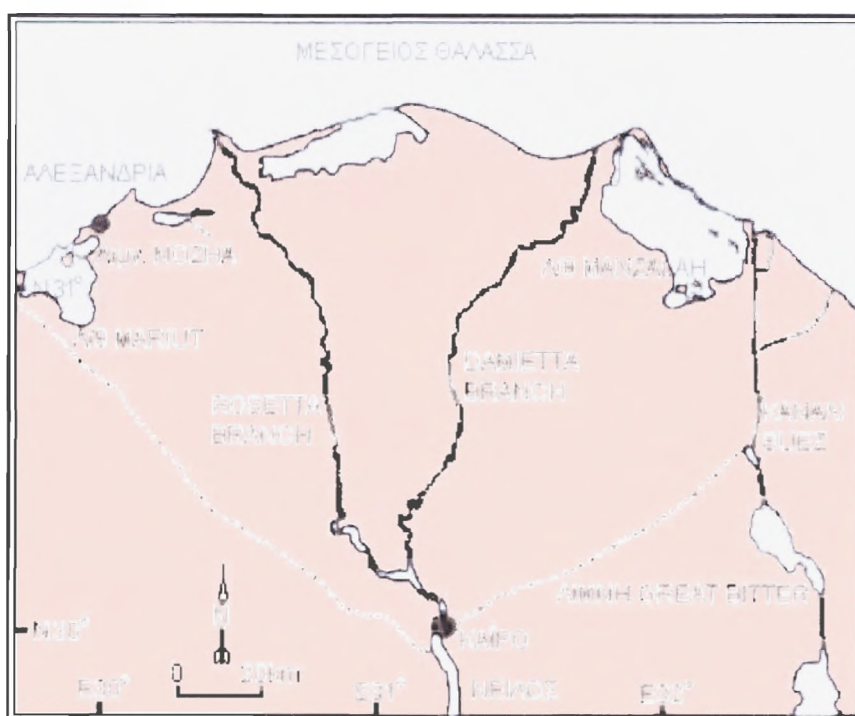
2.2 Αιγυπτιακά δελταϊκά λιμνοθαλάσσια συστήματα

Τα μόνα λιμνοθαλάσσια συστήματα που έχουν μελετηθεί εκτεταμένα ως προς τα επίπεδα μόλυνσης από βαρέα μέταλλα είναι τρεις λιμνοθάλασσες στο δέλτα του Νείλου· η Maryût, η Nozha και η Manzalah.** Ο τύπος των λιμνοθαλασσών αυτών δεν είναι σαν τον τύπο της λαγκούνας (*lagoonas*), που συνηθέστερα απαντάται στον Ελληνικό χώρο, αλλά ακριβώς επειδή αυτές οι λιμνοθάλασσες επηρεάζονται κυρίως από τη δράση του Νείλου ποταμού και βρίσκονται στο δέλτα του, χαρακτηρίζονται ως εστουάρες (δελταϊκά λιμνοθαλάσσια συστήματα, *estuarine lagoons*). Οι λίμνες Maryût και Nozha βρίσκονται στο Β.Δ. άκρο του δέλτα του Νείλου, νότια της Αλεξάνδρειας (Εικ.1). Αρχικά, οι δύο λίμνες ήταν ενωμένες και σχημάτιζαν μία λιμνοθάλασσα, η οποία είχε σχηματιστεί από την κυματική δράση της Μεσογείου.

* Ο ανατολικός παραπόταμος στο δέλτα του Νείλου, που εκβάλλει στη Μεσόγειο θάλασσα.

** Στη βιβλιογραφία η Maryût και η Nozha αναφέρονται ως 'lakes' (λίμνες), ενώ η Manzalah και ως λίμνη και ως λιμνοθάλασσα, γι' αυτό και οι συγγραφείς του παρόντος ακολουθούν την ίδια ονοματολογία.

Από τη συνεχή δράση των κυμάτων σχηματίστηκαν μεγάλες λουρονησίδες, οι οποίες διέκοψαν την επικοινωνία της αρχικής λιμνοθάλασσας με τη Μεσόγειο, σχηματίζοντας με τη σειρά της μία ρηχή λίμνη (Shukri et al., 1956 In: El-Wakeel & Wahby, 1970; Al-Izz, 1971). Κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1930 η λίμνη αυτή χωρίστηκε σε δύο (Maryût και Nozha), έτσι ώστε η δεύτερη να χρησιμοποιηθεί ως υδροδρόμιο για την προσγείωση υδροπλάνων. Για το λόγο αυτό η λίμνη Nozha έχει εκβαθυνθεί σε ένα μέσο βάθος 3m (Saad, 1971). Η λιμνοθάλασσα Manzalah βρίσκεται στο Β.Α. άκρο του δέλτα του Νείλου κι έχει επικοινωνία με τη θάλασσα (Εικ.1).



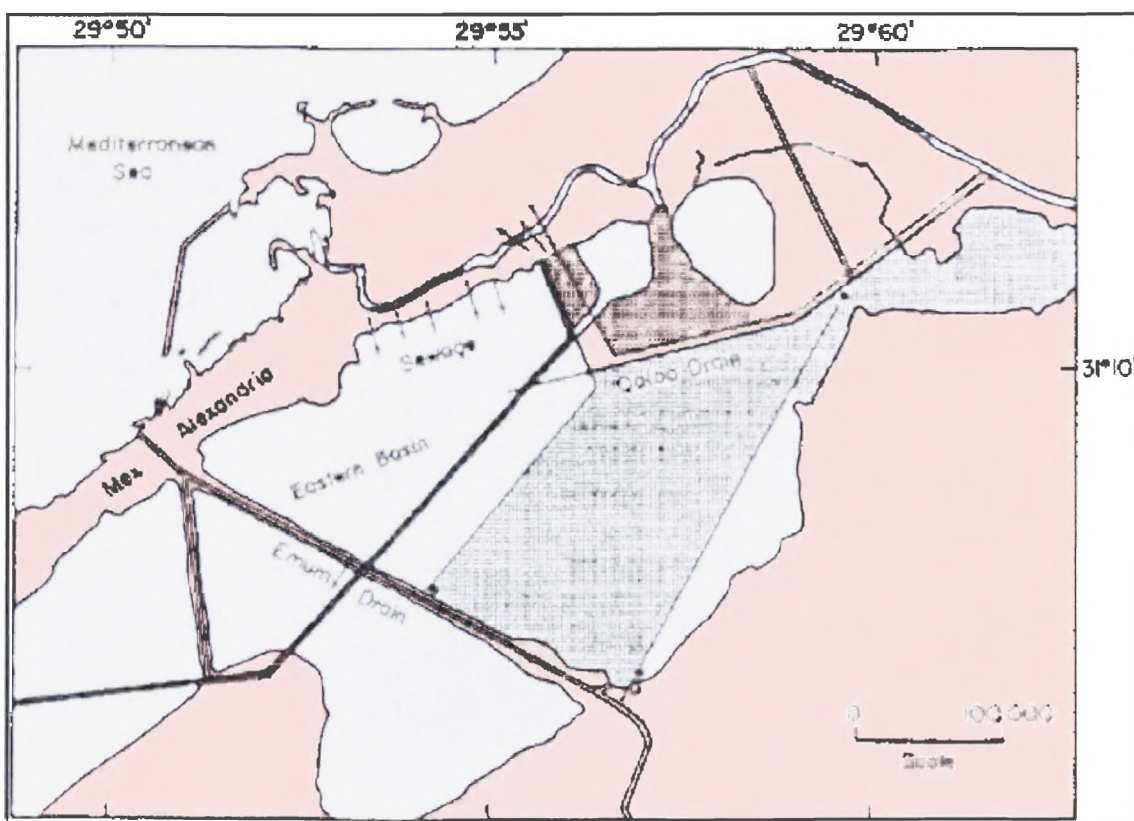
Εικόνα 1. Χάρτης του δέλτα του Νείλου, όπου φαίνονται οι τρεις εστουάρες (estuarine lagoons) Maryût, Nozha και Manzalah.

Η προσφορά φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας από το φράγμα του Ασσουάν αύξησε τη δραστηριοποίηση βιομηχανιών στην περιοχή του δέλτα του Νείλου. Αυτές οι βιομηχανίες απορρίπτουν μη- ή πολύ λίγο επεξεργασμένα μεταλλοφόρα απόβλητα στο υδρολογικό δίκτυο του Νείλου, τα οποία μαζί με τα αστικά λύματα και τα αγροχημικά κατάλοιπα αποτελούν σημαντικές πηγές μόλυνσης και ρύπανσης του δέλτα του Νείλου. Ο εμπλουτισμός σε ιχνημέταλλα στα ιζήματα των λιμνοθαλάσσιων περιβαλλόντων στο δέλτα του Νείλου παρέχει πληροφορίες όσον

αφορά τις επιπτώσεις των δραστηριοτήτων του ανθρώπου (βιομηχανίες) σε σύγκριση με τις φυσικές πηγές μετάλλων στα περιβάλλοντα αυτά (π.χ. μεταφορά και απόθεση από το Νείλο, αποσάθρωση εδαφών, διάβρωση πετρωμάτων).

Η λίμνη Maryût χωρίζεται με τεχνητές επιχωματώσεις (λουρνησίδες) σε τέσσερις λεκάνες (Wahby et al., 1978) (Εικ.2):

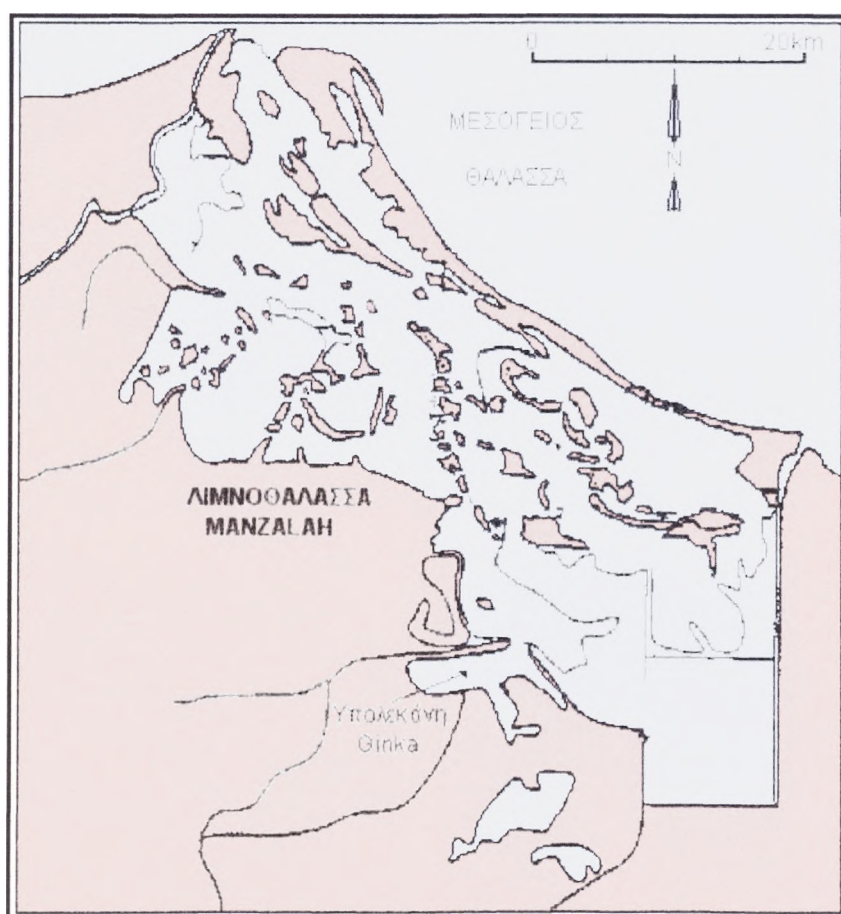
1. τη Β.Α. λεκάνη, η οποία αποτελείται από την κύρια λεκάνη της λίμνης, με έκταση 29.4km^2 περίπου. Η λεκάνη αυτή δέχεται μη επεξεργασμένα οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα, τα οποία εκχύνονται από το κανάλι απορροής (drain) El-Qalaa,
2. την περιοχή μιας ιχθυοκαλλιέργειας (Ν.Α.), με έκταση 4.2km^2 περίπου και της οποίας το νερό δεν είναι ρυπασμένο,
3. τη Ν.Δ. λεκάνη, με έκταση 12.6 km^2 περίπου και
4. τη Β.Δ. λεκάνη, με έκταση 8.4 km^2 περίπου.



Εικόνα 2. Χάρτης της λίμνης Maryût, στον οποίο φαίνονται οι τέσσερις διαχωριστικές λεκάνες της λίμνης.

Η λιμνοθάλασσα Manzalah χωρίζεται σε υπο-λεκάνες με φυσικά και τεχνητά φράγματα (Εικ.3). Οι υπο-λεκάνες αυτές είναι τόποι υδατοκαλλιεργητικών και

αλιευτικών δραστηριοτήτων. Η λιμνοθάλασσα αυτή καθώς και το κανάλι απορροής Bahr El-Baqaq έχουν αναγνωρισθεί ως οι πιο μολυσμένες περιοχές της Αιγύπτου από βαρέα μέταλλα, με υψηλή εισροή θρεπτικών συστατικών (Global Environmental Facility, 1992). Το κανάλι Bahr El-Baqaq αποχύνει στην υπο-λεκάνη Ginka, η οποία βρίσκεται στο Ν.Δ. μέρος της λιμνοθάλασσας Manzalah. Η μολυσμένη φύση της λιμνοθάλασσας, ολικά ή τοπικά σε υπο-λεκάνες, και των απορροών του καναλιού Bahr El-Baqaq σε σχέση με τη συνύπαρξη υδατοκαλλιεργειών θέτει το θέμα της ποιότητας των ψαριών όσον αφορά τα βαρέα μέταλλα και τους κινδύνους που ενέχονται για τη δημόσια υγεία των καταναλωτών. Πράγματι, πολλοί Αιγύπτιοι φοβούνται να φάνε αυτά τα ψάρια (Global Environmental Facility, 1992) και πολλοί λένε ότι μπορούν να αναγνωρίσουν τα ψάρια που προέρχονται από την υπο-λεκάνη Ginka στην παραγορά, από εμφανείς βλάβες στα βράγχια, την ύπαρξη εσωπαρασίτων και τη “χαρακτηριστική τους οσμή” (Halim & Guerguess, 1978).



Εικόνα 3. Χάρτης της λιμνοθάλασσας Manzalah, στον οποίο φαίνεται η υπο-λεκάνη Ginka, στο Ν.Δ. άκρο της.

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 και μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980 η λιμνοθάλασσα Manzalah παρείχε το 50% περίπου της ολικής αλιευτικής παραγωγής της Αιγύπτου. Το μισό αυτής της παραγωγής (δηλ. το 25% της ολικής) προερχόταν από την υπο-λεκάνη Ginka (Bishai & Yosef, 1977; MacLaren, 1981; Dowidar & Hamza, 1983). Εξαιτίας της αύξησης του επιπέδου της μόλυνσης στη λιμνοθάλασσα, η σχετική συνεισφορά της Manzalah στην αλιευτική παραγωγή έχει μειωθεί σημαντικά, αλλά αντιπροσωπεύει ακόμη το 35% της ολικής ετήσιας αλιευτικής παραγωγής ($100 \times 10^3 \text{tn}$) της Αιγύπτου (Global Environmental Facility, 1992).

2.3 Ιζηματολογικά δεδομένα - Οργανικό υλικό - Θρεπτικά συστατικά

Ο κύριος τύπος ιζήματος που καλύπτει τον πυθμένα της λίμνης Maryût είναι αμμούχος ιλυούχος άργιλος, χρώματος γκρι - σκούρο γκρι, με έντονη οσμή υδρόθειου σε περιοχές του πυθμένα όπου υπάρχει υδρόβια βλάστηση. Η Β.Α. περιοχή της λίμνης, η οποία επηρεάζεται άμεσα από ρύπανση από απόβλητα, καλύπτεται με αργιλούχο ιλύ. Ο όρος *άμμος* γενικά προσδιορίζει τους κόκκους ενός ιζήματος με μέγεθος μεγαλύτερο από αυτό της άμμου (αδρομερέστερα της άμμου ιζήματα), οπότε για τα ιζήματα της λίμνης Maryût, στην πραγματικότητα, αντιπροσωπεύει τα ασβεστιτικά θραύσματα κελυφών ελασματοβραγχίων και γαστερόποδων και τεμάχια σωλήνων εδραίων πολύχαιτων δακτυλιοσκολήκων (βιογενές υλικό), τα οποία θραύσματα και τεμάχια καλύπτουν μεγάλες περιοχές του πυθμένα. Καθώς τα ιζήματα δεν περιέχουν σημαντικές ποσότητες χερσογενούς άμμου, τα αδρομερέστερα της άμμου κλάσματα περιέχουν ολόκληρα κελύφη και τα κλάσματα της ιλύος θραύσματα ασβεστιτικών κελυφών. Το μέγιστο περιεχόμενο σε ασβέστιο, που φτάνει το 69%, απαντάται στην αμμώδη ζώνη που καλύπτεται από ασβεστιτικά κελύφη. Το σχετικά μικρό ποσοστό ασβεστίου στην ανατολική περιοχή της λίμνης οφείλεται στην εισροή αποβλήτων, τα οποία καθιστούν το περιβάλλον αφιλόξενο για την ανάπτυξη μαλακίων (El-Wakeel & Wahby, 1970).

Το οργανικό υλικό που περιέχεται στα ιζήματα προέρχεται από την αποικοδόμηση των υπολειμμάτων φυτών και ζώων στον πυθμένα των υδάτινων μαζών με τη δράση βακτηρίων. Το περιεχόμενο των ιζημάτων της λίμνης Maryût σε οργανικό άνθρακα κυμαίνεται από 1.59-12.77% και το οργανικό άζωτο από 0.145-

0.896%. Έχει βρεθεί ότι το οργανικό υλικό έχει την τάση να μειώνεται με την αύξηση του ασβεστίου. Οι Krumbain & Goldwell (1939), οι Emery & Rittenberg (1952) και ο Bader (1954) έχουν παρατηρήσει ότι το περιεχόμενο σε οργανικό άνθρακα αυξάνεται με τη μείωση του μεγέθους των κόκκων του ιζήματος. Το ίδιο έχει παρατηρηθεί και για τη λίμνη Maryût (El-Wakeel & Wahby, 1970). Ο Kuenen (1950) το αποδίδει στον 'προστατευτικό' ρόλο που παίζει η άργιλος και στο πορώδες της άμμου. Από την άλλη μεριά, οι Volkmann & Oppenheimer (1959) έδειξαν ότι μερικοί επιφανειακοί άμμοι περιέχουν περισσότερο οργανικό υλικό από την άργιλο. Αυτό το απέδωσαν στο μεγάλο αριθμό φυτοπλαγκτονικών και άλλων μικροοργανισμών που ζουν στο πρώτο 1cm των άμμων, όπου το φως μπορεί και διεισδύει, λόγω του πορώδους της άμμου. Στην περίπτωση της έντονης παρουσίας φυτικών υπολειμμάτων (*detritus*), η αναλογία C/N ξεπερνά το 10 και φτάνει μέχρι και 35, ως αποτέλεσμα της αρκετά μεγαλύτερης ποσότητας του άνθρακα έναντι του αζώτου.

Η γνώση του περιεχόμενου ιλυούχων ιζημάτων σε φώσφορο είναι σημαντική για την οικολογία λιμνοθαλάσσιων συστημάτων, από τη στιγμή που τα ιζήματα αυτά δρουν ως αποταμιευτήρες φωσφόρου για την υπερκείμενη μάζα του νερού. Το περιεχόμενο των ιλυούχων ιζημάτων σε φώσφορο ποικίλλει αρκετά. Σύμφωνα με τους Rittenberg et al. (1955) στα ιζήματα βρίσκεται μεταξύ 0.069 και 0.120%. Η μέση τιμή του 0.094% αντιστοιχεί στο φώσφορο της άργιλου και της ιλύος και συμφωνεί με το 0.09% που έχει δωθεί από τον Clarke (1924). Το περιεχόμενο των ιζημάτων της λίμνης Maryût είναι 0.045-0.178%, με μέση τιμή 0.098%, η οποία πλησιάζει αυτές των δύο προηγούμενων ερευνητών (El-Wakeel & Wahby, 1970). Η σχέση μεταξύ των περιεχόμενων των ιζημάτων σε φώσφορο και ασβέστιο έδειξε ότι ο φώσφορος μειώνεται με την αύξηση του ασβεστίου. Επίσης, βρέθηκε ότι το οργανικό υλικό δεν παρεμποδίζει σημαντικά την προσρόφηση του φωσφόρου.

Για τη λίμνη Maryût έχουν αναφερθεί υψηλές συγκεντρώσεις H_2S (Wahby et al., 1978) έως και 116mg/l. Τέτοια επίπεδα H_2S υποδεικνύουν ότι στη λίμνη αυτή δημιουργούνται τοπικές αναγωγικές συνθήκες. Επειδή και τα άλλα δύο περιβάλλοντα είναι πολύ ρηχά, ενδεχομένως να δημιουργούνται κι εκεί τέτοιες αναγωγικές συνθήκες. Κατά τη διάρκεια νηνεμιών μπορεί να παρατηρηθεί δραστηκή μείωση του οξυγόνου που οδηγεί σε αναγωγικές συνθήκες. Κατά τη μίξη των νερών από τους ανέμους όμως, το νερό μπορεί να επανοξυγονωθεί γρήγορα, με αποτέλεσμα

να υπάρχει αυτή η κυκλική ακολουθία αναγωγικών και οξειδωτικών συνθηκών και στα τρία δελταϊκά περιβάλλοντα. Στη λίμνη Maryût η δυσάρεστη οσμή του H_2S είναι ιδιαίτερα έντονη κοντά στο σημείο έκχυσης των νερών του καναλιού απορροής El-Qalaa στη λίμνη. Αυτό αντανακλά τη φύση του ανοξικού νερού του καναλιού αυτού, το οποίο εισάγει H_2S στη λίμνη. Αυτή η ανοξία οφείλεται στην οξείδωση υψηλών συγκεντρώσεων οργανικού υλικού (El-Wakeel & Wahby, 1970). Το ανατολικό μέρος της λίμνης Maryût (σηπτική ζώνη) έδειξε τις μικρότερες μέσες τιμές για διαλυμένο οξυγόνο καθώς και παρουσία H_2S . Αυτό είναι άμεσο αποτέλεσμα της αποικοδόμησης του οργανικού υλικού, το οποίο βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο νερό της περιοχής αυτής. Οι Saad et al. (1973) απέδωσαν τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου σ' αυτήν την αποικοδόμηση του οργανικού υλικού και την παραγωγή H_2S στην αναερόβια αποικοδόμηση του οργανικού υλικού σε περιοχές με απουσία διαλυμένου οξυγόνου.

Σύμφωνα με τον Saad (1980) σημαντικές ποσότητες πυριτίου εισέρχονται στα νερά της λίμνης Maryût. Η παρατηρούμενη μείωση στις συγκεντρώσεις πυριτίου μπορεί να αποδοθεί στην κατανάλωσή του από τα διάτομα (Paasche, 1973; Saad, 1980) και την πιθανή ένωσή του με αργίλιο (alumina) κατά το σχηματισμό αλουμινοπυριτικών σωματιδίων (Fanning & Pilson, 1973).

2.4 Εμπλουτισμός σε ιχνοστοιχεία - ιχνημέταλλα και επιπτώσεις

Τα επιφανειακά ιζήματα των δύο δελταϊκών λιμνών Maryût και Nozha και της λιμνοθάλασσας Manzalah (δέλτα Νείλου, Αίγυπτος) δε φαίνεται να είναι εμπλουτισμένα με ιχνοστοιχεία, εκτός από τον χαλκό στη λιμνοθάλασσα Manzalah. Επειδή η ολική διάσπαση των ιζημάτων (total digestion of the bulk sediment) μπορεί να υποτιμά τις συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων που συνδέονται με το αργλικό κλάσμα (Helmke et al., 1977), ο εμπλουτισμός σε ιχνοστοιχεία εκτιμήθηκε και με αναλογίες ως προς το σίδηρο, γιατί η υψηλή αναλογία ενός ιχνοστοιχείου ως προς το Fe υποδεικνύει εμπλουτισμό του ιζήματος από το στοιχείο ή το μέταλλο αυτό (Saad et al. 1985). Το γεγονός ότι υπήρχε εμπλουτισμός της λιμνοθάλασσας Manzalah με χαλκό επιβεβαιώθηκε και από τον υπολογισμό της αναλογίας Cu/Fe από τους Saad et al. (1985). Η πηγή του Cu στη λιμνοθάλασσα Manzalah δεν έχει επιβεβαιωθεί ακόμα, αλλά μία πιθανότητα είναι ότι ο χαλκός, που προκύπτει από το $CuSO_4$ που

εφαρμόζεται στις γύρω γεωργικές καλλιέργειες ως ζιζανιοκτόνο, μεταφέρεται από τα κανάλια απορροής και αποτίθεται στο βόρειο μισό της λιμνοθάλασσας, όπου και παρατηρείται ο εμπλουτισμός σε ιχνοστοιχεία (Saad et al. 1985). Οι συγκεντρώσεις των στοιχείων στη λίμνη Maryût ήταν ελαφρώς υψηλότερες στο δυτικό μέρος της, γεγονός το οποίο μπορεί να εξηγηθεί από την εισροή αποβλήτων και τους κυρίαρχους ανατολικούς ανέμους στην περιοχή αυτή (Saad et al. 1985). Έχει βρεθεί σημαντική σχέση μεταξύ του σιδήρου και της μέσης διαμέτρου των κόκκων του ιζήματος (Mz), η οποία έδειξε ότι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σιδήρου βρίσκονται γενικά στα λεπτόκοκκα ιζήματα της λίμνης (El-Wakeel & Wahby, 1970). Όσον αφορά τη σχέση με το ασβέστιο, οι μέγιστες συγκεντρώσεις σιδήρου παρατηρούνται στα ιζήματα με το ελάχιστο περιεχόμενο σε ασβέστιο. Οι Baas Becking & Moore (1959) έδειξαν ότι ο σίδηρος στα ιζήματα σχηματίζει σύμπλοκα, κυρίως με το οργανικό υλικό. Τα ιζήματα της λίμνης Nozha σε μερικές περιπτώσεις περιέχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων, λόγω του αυξημένου περιεχόμενου των ιζημάτων σε άργιλο (Saad et al., 1985).

Τα ιλύουχα ιζήματα της λίμνης Maryût πιθανόν να είναι εμπλουτισμένα με Cd και Pb, ενώ είναι έντονα εμπλουτισμένα με Hg. Οι λάσπες του ανατολικού μέρους της λίμνης είναι εμπλουτισμένες με Cd και Pb (1.25 και 165ppm αντίστοιχα) και αυτές του Β.Δ. μέρους της περιέχουν τις υψηλότερες τιμές Hg (2.15ppm). Αυτό το μέρος της λίμνης επηρεάζεται από ατμοσφαιρικές αποθέσεις σωματιδιακού Hg, οι οποίες διαφεύγουν από ένα εργοστάσιο χλωροαλκαλίων στον κόλπο El-Max (ανατολικά της Αλεξάνδριας) (El Gamal & Shafik, 1985). Αν και οι συγκεντρώσεις του ψευδάργυρου στον όγκο των ιζημάτων (bulk of sediments) της λίμνης Maryût ήταν οι μικρότερες και από τα τρία δελταϊκά περιβάλλοντα, ο λόγος $\frac{Zn}{Fe}$ υποδεικνύει ότι η λίμνη αυτή περιέχει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Zn από τα υπόλοιπα δύο περιβάλλοντα. Σημαντική συνεισφορά σ' αυτόν τον εμπλουτισμό μπορεί να έχουν οι μεγάλες ποσότητες αποβλήτων που εκχύνονται στη λίμνη (Wahby et al., 1978). Οι Förstner & Whittman (1979) επισημαίνουν ότι ο εμπλουτισμός σε Zn συνδέεται άμεσα με τέτοια απόβλητα. Ο εμπλουτισμός σε Zn, που συνδέεται με αργιλικά σωματίδια, μπορεί να αναχαιτιστεί από το υψηλό περιεχόμενο των ιζημάτων της λίμνης σε CaCO₃. Τα ασβεστιτικά κελύφη του βένθους της λίμνης είναι υπεύθυνα για τις υψηλές συγκεντρώσεις του CaCO₃ (Saad, 1974) και δε δρουν ως

προσροφητικές επιφάνειες όπως το κλάσμα της αργίλου. Το μέγεθος του εμπλουτισμού αυτού σε μέταλλα ακολουθούσε τη σειρά: $Cu=Cd > Cr=Zn > Pb=Hg$. Το Co και το Ni δε φαίνεται να αποτελούσαν σημαντικούς ρυπαντές στην περιοχή.

Μερικά βαρέα μέταλλα που ανιχνεύθηκαν στα ιζήματα της λιμνοθάλασσας Manzalah (π.χ. Hg, Pb, Zn, Cu) μπορεί να καταστούν τοξικά για τον άνθρωπο αν βιοσυσσωρευθούν μέσω της τροφικής αλυσίδας και αφομοιωθούν για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις για τον Hg (822ppb), τον Pb (110ppm), τον Zn (635ppm), τον Cu (325ppm) και για άλλα μέταλλα επιβεβαιώνουν τη ρύπανση, πιθανώς από βιομηχανικά απόβλητα. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μεταλλικών ρυπαντών στη λιμνοθάλασσα Manzalah απαντώνται στην υπο-λεκάνη Ginka, στα πρώτα 20cm των ιζημάτων της. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων βρίσκονται στο σημείο απορροής του καναλιού Bahr El-Baqar. Το κανάλι αυτό μεταφέρει στο ρου του μέρος αστικών λυμμάτων του Καΐρου και κατά μήκος της διαδρομής του εμπλουτίζεται και με άλλα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Όλα αυτά αποχύνονται στην υπο-λεκάνη Ginka της λιμνοθάλασσας. Μετά την εισροή των μετάλλων στη λιμνοθάλασσα, αντιδρούν σύμφωνα με τις υπάρχουσες φυσικοχημικές συνθήκες και διασκορπίζονται με τις επικρατούσες κινήσεις του νερού. Στη λιμνοθάλασσα Manzalah έχουν κατασκευαστεί αμμονησίδες είτε με φυσικό τρόπο, είτε από τους ψαράδες της περιοχής. Οι αμμονησίδες αυτές μειώνουν και τροποποιούν την εναλλαγή και κυκλοφορία των νερών, καθώς και τη μεταφορά ιζημάτων από μία περιοχή της λιμνοθάλασσας σε μία άλλη. Έτσι, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μετάλλων (συμπεριλαμβανομένων του Cu και Zn) βρέθηκαν στην ανατολική πλευρά, ενώ οι μικρότερες στη βορειοδυτική μεριά της λιμνοθάλασσας. Η Β.Δ. και νότιο-κεντρική περιοχή της λιμνοθάλασσας δεν έχει επηρεαστεί σημαντικά από τη μόλυνση από βαρέα μέταλλα. Η μόλυνση από μέταλλα, όπως φαίνεται από τη γεωχημεία των ιζημάτων, δεν επεκτείνεται έξω από την υπο-λεκάνη Ginka σε σημαντικές ποσότητες (Siegel et al., 1994).

Το νερό του καναλιού Bahr El-Baqar είναι ανοξικό, πιθανώς αζωικό (Bishai & Yosef, 1977; MacLaren, 1981; Halim & Guerguess, 1982; Toews, 1986) και περιέχει 8.5-17.8ml/lit διαλυμένο υδρόθειο (Dowidar & Abdel-Moati, 1983). Ομοίως, το νερό της λιμνοθάλασσας κοντά στο σημείο έκχυσης των νερών του καναλιού περιέχει 8.1-20.6ml/lit διαλυμένο υδρόθειο (Dowidar et al., 1984). Το νερό της λιμνοθάλασσας είναι ανοξικό σε μία απόσταση τουλάχιστον 0.25km από το σημείο

έκχυσης του καναλιού (Bishai & Yosef, 1977; Halim & Guerguess, 1982; Toews, 1986). Τα μέταλλα που εισάγονται στο κανάλι απορροής ως διαλυμένα κατιόντα μπορούν να προσρροφηθούν από τα αιωρούμενα αργιλικά ορυκτά ή άλλα ενεργά επιφανειακά υποστρώματα. Τα μέταλλα μπορεί επίσης να αντιδρούν με το HS^- , που παράγεται από την υδρόλυση του H_2S , ώστε να σχηματίζουν κolloειδή (MacLaren, 1981).

Σημαντικό μεταλλικό φορτίο που υποδεικνύει ρύπανση στη λιμνοθάλασσα Manzalah φαίνεται για τα μέταλλα Hg, Pb, Zn, Ag, Cu και Sn. Το φορτίο του Cr δεν είναι μεγάλο και οι συγκεντρώσεις του As δεν υποδεικνύουν ρύπανση. Τα μέταλλα αυτά, συμπεριλαμβανομένων και των απαραίτητων μικροθρεπτικών Cu και Zn, μπορεί να είναι καταστρεπτικά σε διάφορους βαθμούς, ακόμη και να προκαλέσουν το θάνατο ανθρώπων και άλλων έμβιων όντων του οικοσυστήματος αν αφομοιώνονται και βιοσυσσωρεύονται με το χρόνο (Manahan, 1991). Ένα δείγμα από *Tilapia spp.*, το συνηθέστερα αλιευόμενο ψάρι στη λιμνοθάλασσα Manzalah, που πάρθηκε Β.Α. του σημείου απόχυσης του καναλιού Bahr El-Baqar (έξω από την υπο-λεκάνη Ginka), περιείχε 0.29ppm Hg και 0.71ppm Pb (Lane & Assoc., 1992). Αυτές οι τιμές βρίσκονται κάτω από τις μέγιστες επιτρεπτές συγκεντρώσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (W.H.O.) για τα μέταλλα αυτά σε ψάρια, αλλά αυτό δε σημαίνει ότι δεν υπάρχει βιοσυσσωρευση των μετάλλων στους ιστούς των ψαριών.

Πίνακας 5. Μέσες τιμές μετάλλων επιφανειακών ιζημάτων δύο λιμνών και μιας λιμνοθάλασσας στο δέλτα του Νείλου (Maryût, Nozha και Manzalah, αντίστοιχα).^a

Στοιχείο ^b	Λίμνη Maryût ^c	Λίμνη Nozha ^c	Λ/θ Manzalah ^c
Ca	16.4±3.09	6.07±3.2	11.8±6.93
Fe	2.56±0.70	5.78±1.18	4.45±2.28
Al	1.86±1.17	2.3±1.48	2.24±1.95
Mg	1.34±0.66	0.75±0.56	0.83±0.35
K	7070±978	9570±1480	8000±2840
Na	5880±2530	2550±1790	5400±2280
P	1190±367	998±116	834±331
Mn	958±317	1250±265	766±439
Zn	93.8±38.3	106±27.4	119±83.5
Cr	42±11.9	93.4±25.6	79.9±38
Cu	38±13.9	79.6±15.1	207±120
Ni	35.9±11.7	88.1±23	63.1±34.5
Pb	7.3±2.9	10.6±5.3	9.6±4.9
Cd	0.2±0.14	0.15±0.09	0.17±0.07

a: Οι αναλύσεις έγιναν με ολική διάπαση των ιζημάτων (από Saad et al., 1985).

b: Οι συγκεντρώσεις των κύριων στοιχείων (Ca, Fe, Al, Mg) ως % του βάρους και των ιχνοστοιχείων ως ppm.

c: Οι τιμές των συγκεντρώσεων των στοιχείων είναι Μέση Τιμή ± St.Dev.

Πίνακας 6. Συγκριτικός πίνακας συγκεντρώσεων στοιχείων επιφανειακών ιζημάτων από Ελληνικούς κόλπους

	Al (%) mean min - max	Fe (%) mean min - max	Si (%) mean min - max	Ti (%) mean min - max	K (%) mean min - max	Na (%) mean min - max	Ca (%) mean min - max	Mg (%) mean min - max	Org (%) mean min - max	Mo (ppm) mean min - max	Zn (ppm) mean min - max
ΚΟΛΠΟΣ ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	2.96 0.23 - 5.69	1.53 0.18 - 2.92		0.16 0.01 - 0.32	0.91 0.06-1.84	1.5 0.42 - 3.34	19.54 6.9-38.7	1.31 0.54-2.16	1.45 0.04-6.2	6 1 - 43	45 5 - 132
ΚΟΛΠΟΣ ΙΩΑΚΗΣ	3.87 1.34 - 7.69	2.28 0.99 - 4.38	13.91 4.8 - 27.5	0.14 0.05 - 0.27	0.92 0.69-1.19		22.42 5.5-32.5	4.03 1.20-6.00	1.47 0.18-5.1	50 18 - 106	328 184 - 359
ΚΟΛΠΟΣ ΑΣΤΑΚΟΥ		2.72 0.41 - 3.96							1.37 0.39-3.4		89 13-283
ΚΟΛΠΟΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	1.6 - 7.92										
ΚΟΛΠΟΣ ΝΑΥΑΡΙΝΟΥ	1.2 - 6.3								0.74-6.4		299 - 352
ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	1.7 - 3.6	1.25 - 2.07		0.36 - 0.52							65 - 72
ΣΤΡΥΜΟΝΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	7 - 20	0.2 - 7	44 - 84	0 - 0.59	2 - 3		1-17		0.2-6		0 - 314
ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ									11		104-430
ΔΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ											18 - 109
ΘΕΡΜΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ											23 - 299
ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ											17 - 30
Ν. ΕΥΒΟΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ		0.6 - 1.5									25 - 44
ΚΟΛΠΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ											24 - 510
ΛΕΣΒΟΣ											18 - 43
ΣΑΡΟΝΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ		1.4									50 - 2500
ΙΖΗΜ. ΑΒΑΘΩΝ ΘΑΛΑΣΣΩΝ	8.4	6.5	25	0.5	2.2	4	2.9	2.1		1	92
ΜΕΣΟΣ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	8.0	4.7	27.3	0.5	2.7	1	2.2	1.5		2.6	95

Πίνακας 6 (συνέχεια)

	Pb (ppm)		Co (ppm)		Ni (ppm)		Cr (ppm)		Cu (ppm)		Sr (ppm)		Rb (ppm)		V (ppm)		P (ppm)		Ba (ppm)		Mn (ppm)		
	mean	min - max	mean	min - max	mean	min - max	mean	min - max	mean	min - max	mean	min - max	mean	min - max	mean	min - max	mean	min - max	mean	min - max	mean	min - max	
ΚΟΛΠΟΣ ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	26	2-206	7	1-24	47	6-106	90	1-205	18	4-46	586	193-1724	42	2-88	55	10-106	494	220-1250	133	19-280	291	65-512	
ΚΟΛΠΟΣ ΙΘΑΚΗΣ	54	22-106	16	6-28	128	102-150	255	117-383	41	11-55							886	620-1043	358	217-580	1538	1100-1900	
ΚΟΛΠΟΣ ΑΣΤΑΚΟΥ	28	14-60	29	38-44			166	63-324	23	3-35			72	12-116							687	307-969	
ΚΟΛΠΟΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	8-40	10-43	10-43		113-173				11-56														
ΚΟΛΠΟΣ ΝΑΥΑΡΙΝΟΥ	9-59	13-29	13-29		115-151				30-66				0-234										
ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	0-20	11-17	11-17		47-93		68-116		14-28														300-581
ΣΤΡΥΜΟΝΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	6-313				4-110				1-129														
ΠΑΤΡΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	0-40	14-33	14-33		10-170		70-120		23-101														
ΛΙΜΝΟΦΑΛΛΑΣΣΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ	11-23						11-246		5-30														
ΘΕΡΜΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	13-228	7-20	7-20		35-160		31-107		4-37														
ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	5-28	2-14	2-14		3-114		16-43		0.5-16														
Ν. ΕΥΒΟΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	12-27	4-15	4-15		25-144		37-90		4-15														165-555
ΚΟΛΠΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ	5-908						20-278		4-227														
ΛΕΣΒΟΣ	10-39						40-247		3-12														
ΣΑΡΩΝΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ		5-140	5-140				80-250																
ΙΖΗΜ. ΑΒΑΘΩΝ ΘΑΛΑΣΣΩΝ	22		13		35		60		56		160										550		850
ΜΕΣΟΣ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	20		19		68		90		45		140										700		850

Πίνακας 6 (συνέχεια)

	Be (ppm)	Cd (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Sb (ppm)	La (ppm)	Hg (ppm)	Μέθοδος ανάλυσης	Βιβλιογραφία
	mean min - max	mean min - max	mean min - max	mean min - max	mean min - max	mean min - max	mean min - max		
ΚΟΛΠΟΣ ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	0.5-2.5							ολική	Αλεξανδροπούλου, 1990
ΚΟΛΠΟΣ ΓΟΑΚΗΣ			115 65-141	0.25 0.15-0.39	92 20-146	26 21-29		ολική	Αλεξανδροπούλου, 1990
ΚΟΛΠΟΣ ΑΣΤΑΚΟΥ		3.25 1.8-5.6	12 4-28		0.53 0.18-1.1	25 8-41	0.051 0.014-0.117	ολική	Αλεξανδροπούλου, 1990
ΚΟΛΠΟΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ								ολική	Varnavas et al., 1984
ΚΟΛΠΟΣ ΝΑΥΑΡΙΝΟΥ		0.047-2					0.23-140	ολική	Varnavas et al., 1987
ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ								ολική	Παπαθεοδώρου, 1990
ΣΤΡΥΜΟΝΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ								ολική	Κονισπολιάτης, 1984
ΠΑΤΡΑΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ								ολική	Varnavas et al., 1983 (In: Αλεξανδροπούλου, 1990)
ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ								0.5N HCl	Voutsinou, 1984
ΘΕΡΜΑΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ		0.45-8.5						0.5N HCl	Chester & Voutsinou, 1981
ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ								0.5N HCl	Chester & Voutsinou, 1981
Ν. ΕΥΒΟΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ							0.4-1.1	2N HCl	Voutsinou, 1988 (In: Αλεξανδροπούλου, 1990)
ΚΟΛΠΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ								2N HCl	Voutsinou, 1984
ΛΕΣΒΟΣ								2N HCl	Voutsinou, 1984
ΣΑΡΟΝΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ							0.38-3.10	0.5N HCl	Grimanis et al., 1977
ΙΖΗΜ. ΑΒΑΘΩΝ ΘΑΛΑΣΣΩΝ	3		5						Wedepohl, 1969, 1978
ΜΕΣΟΣ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	3	0.22	13		1.5		0.18		Turekian et al., 1961

Πίνακας 7. Συγκριτικός πίνακας συγκεντρώσεων στοιχείων, επιφανειακών ιζημάτων από διάφορους κόλπους του κόσμου

	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO(%)	CaO(%)	Na ₂ O(%)	K ₂ O(%)	P ₂ O ₅ (%)	MnO(ppm)	Ba(ppm)	Co(ppm)	Cr(ppm)
	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max
Gulf of Paria	6.12	78.5	0.45	4.69	0.89	6.70	1.18	1.74	0.11	900	301	8	31
Buzzard Bay Massachusetts	6.95		0.50	2.12	0.63	1.19	1.73	1.73		200	310	3	33
Patos lagoon BRAZIL													8-337
Guanabara Bay													111-612
Santos Bay													2-46
Sepeitiba Bay outer har. Inner har.										296 131-911			18-795
Mediterr. Sea (recent sediment)	9.8 1.24-15.87		0.616 0.017-2.67	3.50						1100 100-3500		8 0-59	96
Adriatic sea Gulf Venice Po - Trieste Pesaro - Po Ancona - Chioggia				0.28-2.86 0.13-6.76						285-3500 590 508 275-647		7-18 5.7-14.4 1.2-22.3 12 12 8-15	10-222 3.7-120 3.7-273 44 31 16-64
Gulf Naples ITALY										370-8850		9-26	35-342
Mediterr. Sea (near shore sed.)										188		10	17
Gulf Azur France Mediter Nice													18.8
Monte Carlo													12-30

Πίνακας 7 (συνέχεια)

	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Rb (ppm)	Sr (ppm)	V (ppm)	Μέθοδος ανάλυσης	Βιβλιογραφία
	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max	mean min-max		
Gulf of Paria	7	16	13		47	147	79	ολική	Hirst, 1962a, b
Buzzard Bay Massachusetts	18	11	25			125	45	ολική	Moore, 1963
Patos lagoon BRAZIL	0.8-20		8-267	20-214				ολική	Baisch et al., 1988
Guanabara Bay	91-731		22-43	78-124				ολική	Souza, 1986
Santos Bay	0.4-19		3-47	20-81				ολική	Sema, 1980a
Sepetiba Bay	2-166		6.5-8.7	24-121				ολική κλάσμα πηλού και αργίλου κλάσμα πηλού και αργίλου	Lacerda, 1983
outer har.	15.1		21.9	69.2					Ray & Macknight, 1984
inner har.	7.7-106		18.8-30.4	29.2-442					Ray & Macknight, 1984
Inner har	15.9	16.3	24.3	53.3					
Inner har	5.8-40.7	5.2-40	6.3-66.8	23.6-106					
Mediterr. Sea (rescent sediment)	49	65 0-325	14	85					Emelyanov & Shimcus, 1983
Adriatic sea	20-57	20-35		31-130					Paul & Meischner, 1976
Gulf Venice	2.3-44.3	12.4-51.3	10.2-68.4	1.7-450					Donazzolo et al., 1981
Po - Trieste	2.28-52.1	7.3-70.9	5.3-96	1.68-870					Donazzolo et al., 1984
Pesaro - Po	25	49	31	87					Frignani et al., 1978
Ancona - Chioggia	23	36	37	88					Guezzoni et al., 1984
Gulf Naples ITALY	9-48	16-59	14-75	42-171					
Gulf Naples ITALY	12-201	14-57	59-1262						De Rosa et al., 1983
Mediterr. Sea (near shore sed.)	18	22	56	73					Renfro et al., 1974
Gulf Azur France	5-65	4-30	15-82	36-253					Rapin et al., 1979
Nice		23.7	57.6	70.6					Renfro et al., 1974
Monte Carlo		28-33	35-95	45-114					

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΠΑΠΑ (ΑΡΑΞΟΣ, Β.Α. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ)

1. Εισαγωγή

1.1 Περιοχή έρευνας

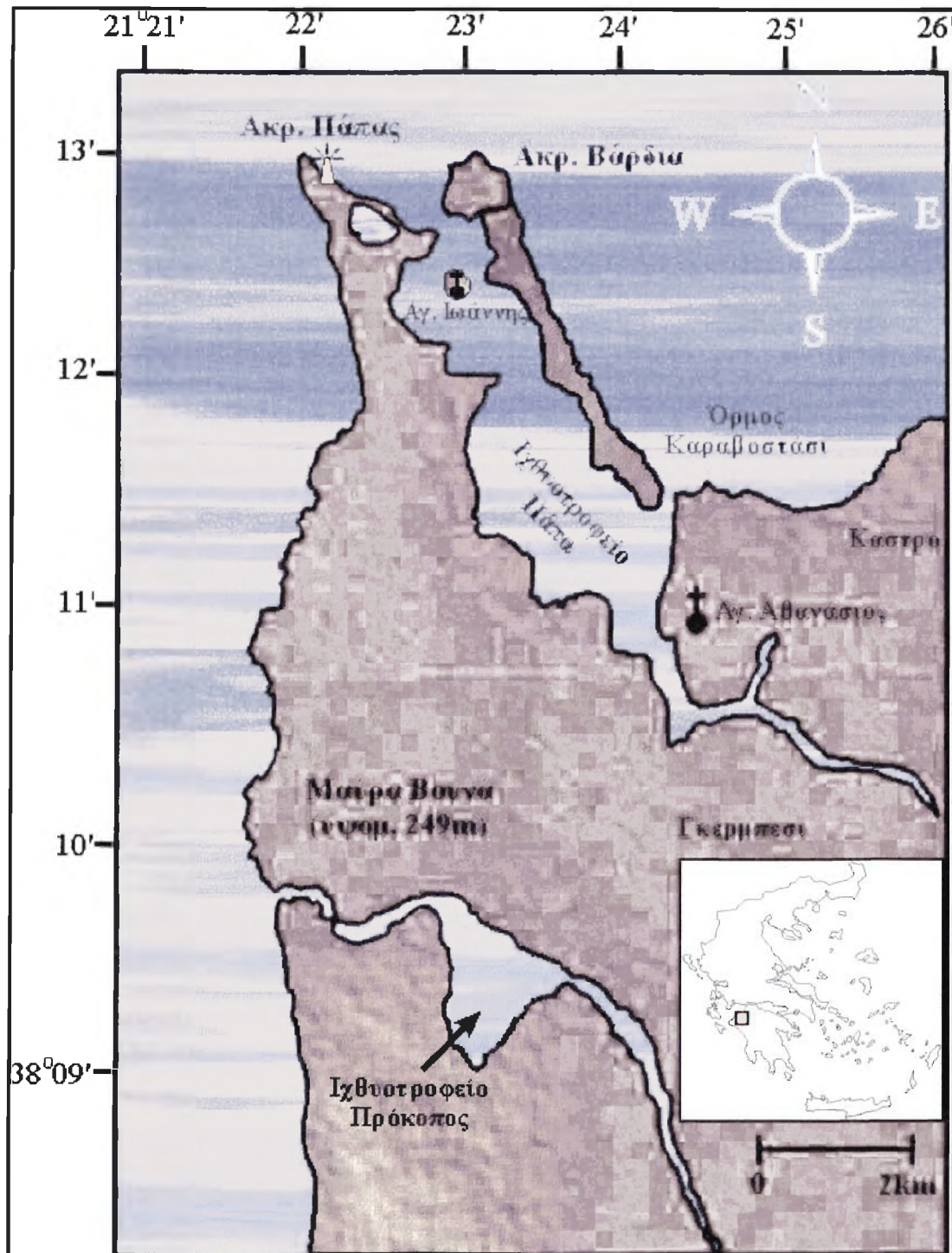
Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας μελετήθηκε το Ν.Δ. τμήμα της λιμνοθάλασσας Πάπα (Β.Α. Πελοπόννησος) (Εικ.4) ως προς την ιζηματολογία και τις συγκεντρώσεις των ιζημάτων σε βαρέα μέταλλα. Η έκταση της υπό μελέτη λιμνοθάλασσας είναι 4.7km² περίπου. Είναι ανοικτού τύπου λιμνοθάλασσα και η επικοινωνία της με την ανοικτή θάλασσα (Ιόνιο πέλαγος) γίνεται από το βόρειο άκρο, μεταξύ των ακρωτηρίων Πάπας και Βάρδια. Η λιμνοθάλασσα τροφοδοτείται επίσης από μικρά κανάλια, που βρίσκονται κυρίως στο νότιο τμήμα της.

Η λιμνοθάλασσα Πάπα αποτελεί φυσικό ιχθυοτροφείο 12 περίπου ευρύαλων ειδών ψαριών, κυρίως κεφαλοειδών (Mugilidae). Το χρονικό διάστημα μεταξύ της 1^{ης} και 8^{ης} Αυγούστου 1996 παρατηρήθηκαν δεκάδες χιλιάδες θάνατοι ψαριών στην εν λόγω λιμνοθάλασσα, που αναλογούσαν σε 250tn ψαριών περίπου. Το περιστατικό αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανησυχία της επιστημονικής κοινότητας ως προς τις επιπτώσεις στη βιολογική παραγωγικότητα του ευρύτερου Πατραϊκού κόλπου και Ανατολικού Ιονίου πελάγους, διότι η λιμνοθάλασσα αυτή λειτουργεί ως ταμιευτήρας για την ευρύτερη περιοχή. Δεν είναι η πρώτη φορά όμως που συμβαίνει κάτι τέτοιο στη λιμνοθάλασσα Πάπα. Τέτοιοι μαζικοί θάνατοι έχουν συμβεί άλλες δύο φορές στο παρελθόν· μία το 1993 και η δεύτερη το 1986 περίπου.

1.2 Σκοπός έρευνας

Κατά την έρευνα αυτή συλλέχθηκαν παράκτια ιζήματα του Ν.Δ. τμήματος της λιμνοθάλασσας Πάπα. Τα συλλεχθέντα ιζήματα αναλύθηκαν ιζηματολογικά για τον καθορισμό της κοκκομετρικής τους σύστασης, ενώ επιπλέον αναλύθηκαν

γεωχημικά για τον καθορισμό της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων. Σκοπός της έρευνας είναι ο καθορισμός της ιζηματολογίας και του βαθμού ρύπανσης –εφόσον αυτή υφίσταται– της περιοχής αυτής.



Εικόνα 4. Χάρτης της ευρύτερης περιοχής έρευνας (λιμνοθάλασσα Πάπα, Άραξος, Β.Δ. Πελοπόννησος).

Η ανάλυση και επεξεργασία όλων των δειγμάτων έγιναν στο Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας (Τμήμα Γεωλογίας - Πανεπιστήμιο Πατρών).

2. Μεθοδολογία

2.1 Δειματοληψία

Η λήψη των δειγμάτων από το πεδίο έγινε στις 10/11/96. Συλλέχθηκαν επιφανειακά και υποεπιφανειακά δείγματα ιζημάτων σε 7 σταθμούς με ένα πυρηνολήπτη σχήματος “ † ”, μήκους 1m (Εικ. 5-8). Σε κάθε σταθμό προσδιοριζόταν το γεωγραφικό στίγμα* με τη χρήση δορυφορικού G.P.S. (Global Positioning System). Μετά τη λήψη του ιζήματος με το δειματολήπτη, λαμβάνονταν επιμέρους δείγματα από κάθε πυρήνα, εκτός από τον Σταθμό 7, του οποίου ο πυρήνας μεταφέρθηκε μαζί με το δειματολήπτη στο εργαστήριο, όπου και λήφθηκαν τα επιμέρους δείγματα (Πιν.8). Τα επιμέρους δείγματα συσκευάζονταν σε πλαστικά σακουλάκια, πάνω στα οποία αναγράφονταν ο σταθμός και αριθμός του επιμέρους δείγματος. Όλα τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο και τοποθετήθηκαν σε ψύξη (-20°C) μέχρι την επεξεργασία και ανάλυσή τους.



← Εικόνα 5.



Εικόνα 6. →

* Λόγω του ότι οι σταθμοί ήταν κοντά μεταξύ τους καθώς και η αδυναμία προσάρτησης της κεραίας του GPS σε υψηλό σημείο, προσδιορίστηκαν στίγματα για τους σταθμούς 1, 3 και 4. Οι θέσεις των υπολοίπων σταθμών στο χάρτη προσδιορίστηκαν με βάση τη μορφολογία της περιοχής.



← Εικόνα 7.



Εικόνα 8. →

Εικόνες 5-8. Διαδοχικά στιγμιότυπα από τη λήψη πυρήνα δείγματος με το δειγματολήπτη.

Πίνακας 8. Στοιχεία πυρήνων και επιμέρους δειγμάτων κατά τη δειγματοληψία.

ΣΤΑΘΜΟΣ 1			ΣΤΑΘΜΟΣ 2		
Βάθος υδ. στ.:	Στίγμα:	Ολ. μήκος:	Βάθος υδ. στ.:	Στίγμα:	Ολ. μήκος:
<5cm	38°10'673N 21°24'492E	70cm	0cm	—	51cm
Αριθ. δειγμ.	Μήκος δειγμ.	Χρώμα δειγμ.	Αριθ. δειγμ.	Μήκος δειγμ.	Χρώμα δειγμ.
1/1	0-5	Μαύρο	2/1	0-10	Καφέ
1/2	10-15		2/3	10-20	
1/3	20-30		2/2	30-40	
1/4	30-40				
1/5	40-50				
1/6	50-60				
1/7	60-70				
ΣΤΑΘΜΟΣ 3			ΣΤΑΘΜΟΣ 4		
Βάθος υδ. στ.:	Στίγμα:	Ολ. μήκος:	Βάθος υδ. στ.:	Στίγμα:	Ολ. μήκος:
0cm	38°11'074N 21°23'623E	28.5cm	0cm	38°11'074N 21°23'623E	31.5cm
Αριθ. δειγμ.	Μήκος δειγμ.	Χρώμα δειγμ.	Αριθ. δειγμ.	Μήκος δειγμ.	Χρώμα δειγμ.
3/1	0-12	Μαύρο	4/1	0-15	Μαύρο
3/2	12-22	Μαύρο	4/2	25-27	
			4/3	27-31.5	
ΣΤΑΘΜΟΣ 5			ΣΤΑΘΜΟΣ 6		
Βάθος υδ. στ.:	Στίγμα:	Ολ. μήκος:	Βάθος υδ. στ.:	Στίγμα:	Ολ. μήκος:
0cm	—	56cm	0cm	—	71.5cm
Αριθ. δειγμ.	Μήκος δειγμ.	Χρώμα δειγμ.	Αριθ. δειγμ.	Μήκος δειγμ.	Χρώμα δειγμ.
5/1	10-20	Μαύρο	6/1	0-10	Μαύρη λάσπη
5/2	20-30	Μαύρο	6/2	10-20	
5/3	30-40	Στα 38cm ασπρίζει	6/3	20-30	
5/4	40-50	Ασπρίζει	6/4	30-40	
			6/5	40-44	
			6/6	44-50	(Συμπαγ. λάσπη)
			6/7	50-71.5	65-71.5: πράσινο

ΣΤΑΘΜΟΣ 7		
Βάθος υδ. στ.: 0cm	Στίγμα: —	Ολ. μήκος: 58.8cm
Αριθ. δείγμ.	Μήκος δείγμ.	Χρώμα δείγμ.
7/1Α	0-4	Καφέ
7/1Η	4-10	Έντονες μαύρες περιοχές
7/1Β	10-13	Έντονες μαύρες περιοχές
7/1Γ	20-23	Λιγότερες μαύρες περιοχές
7/1Δ	27.5-31	Γκρι
7/1Ε	36-40	Γκρι
7/1ΣΤ	46.5-50	Γκρι
7/1Ζ	55-58.8	Γκρι

2.2 Κοκκομετρία ιζημάτων

2.2.1 Γενικά

Η μέτρηση των κόκκων ενός ιζήματος (χερσογενών ή/και βιογενών) είναι απαραίτητη τόσο για την περιγραφή του ίδιου του ιζήματος, όσο και για την κατανόηση των μηχανισμών που έδρασαν για να το σχηματίσουν. Η διεθνώς καθιερωμένη κλίμακα της μέτρησης των κόκκων ενός ιζήματος είναι αυτή των ϕ (phi) που προτάθηκε από τον Wentworth το 1922. Ως ϕ ορίζεται ο αρνητικός λογάριθμος με βάση το 2 της διαμέτρου του κόκκου, εκφρασμένη σε mm, ήτοι:

$$\phi = -\log_2 d \text{ (mm)}$$

Κόκκοι ιζήματος έως 4ϕ μετρώνται με τη μέθοδο του ξηρού κοσκινίσματος, ενώ για κόκκους μεγαλύτερους από 4ϕ απαιτείται η μέθοδος της πιέτας. Οι κοκκομετρικές καμπύλες που προκύπτουν, περιγράφονται από τέσσερις στατιστικές παραμέτρους ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των διαφορετικών κοκκομετρικών καμπυλών. Στην παρούσα έρευνα οι 4 στατιστικές παράμετροι υπολογίστηκαν μαθηματικά με τη μέθοδο των ροπών (moments), με τη χρήση του στατιστικού - υπολογιστικού πακέτου *Microsoft Excel 7.0*. Για την ιζηματολογική ερμηνεία των τεσσάρων στατιστικών παραμέτρων μπορούν εν συντομία να ειπωθούν τα εξής:

1. Το μέσο μέγεθος (**mean size, Mz**) είναι μία συνάρτηση του εύρους των μεγεθών των κόκκων που συνιστούν ένα ίζημα και του ποσού ενέργειας που μεταδόθηκε στο ίζημα από το μηχανισμό που το σχημάτισε.
2. Η σταθερή απόκλιση (**standard deviation, σ**) αποτελεί την πιο αξιόπιστη μέτρηση της διαβάθμισης (**sorting**) ενός ιζήματος, δηλαδή συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του ιζήματος, όπως όμοιο μέγεθος, σχήμα και ειδικό βάρος κόκκων. Με άλλα λόγια, η διαβάθμιση ενός ιζήματος είναι η κοκκομετρική ομοιογένεια ή ανομοιογένεια ενός ιζήματος. Επίσης, η τιμή της σταθερής απόκλισης είναι δυνατόν να ερμηνευτεί και ως προϊόν ανάμιξης δύο υποπληθυσμών σ' ένα ίζημα (διτυπικά ιζήματα, **bimodal sediments**).
3. Η **λοξότητα (skewness, Sk)** χρησιμοποιείται επίσης ως δείκτης ανάμιξης δύο υποπληθυσμών στο ίδιο ίζημα, αλλά και του μηχανισμού 'λιχνίσματος' (**winnowing**) σ' ένα ίζημα (Spencer, 1963) ή τέλος ως δείκτης περιβαλλόντων (Folk & Ward, 1957). Θετικές τιμές λοξότητας υποδηλώνουν ότι στο εκάστοτε υπο μελέτη περιβάλλον προστίθεται λεπτόκοκκο κλάσμα, ενώ για αρνητικές τιμές λοξότητας ισχύει το αντίστροφο. Αυτό όμως ισχύει στην περίπτωση που το προστιθέμενο λεπτόκοκκο ή αδρόκοκκο κλάσμα παρουσιάζει τάξεις μεγέθους κόκκων πέραν των ακραίων τάξεων του αρχικού ιζήματος.
4. Η **κύρτωση (kurtosis, K_G)** εκφράζει το λόγο της διαβάθμισης των άκρων της κατανομής των μεγεθών των κόκκων προς τη διαβάθμιση του κεντρικού τμήματός της. Οι τιμές κύρτωσης σε συνδυασμό με τις τιμές της λοξότητας χρησιμοποιούνται για τη διάκριση ιζηματογενών περιβαλλόντων σύμφωνα με το ενεργειακό επίπεδό τους (Sly et al., 1983a, b).

2.2.2 Κοκκομετρική ανάλυση δειγμάτων

2.2.2.1 Οξείδωση (καύση) οργανικού υλικού



Εικόνα 9. Τοποθέτηση δείγματος σε ποτήρι ζέσεως για οξείδωση οργανικού υλικού.

Ποσότητα 15 - 20gr επιμέρους δείγματος τοποθετήθηκε σε ποτήρι ζέσεως των 600ml και διαλύθηκε με λίγο απεσταγμένο νερό (Εικ.9). Στη συνέχεια τοποθετήθηκε σε θερμαντική εστία, ρυθμισμένη στους 105°C (Εικ.10). Με συνεχείς προσθήκες μικροποσοτήτων υπεροξειδίου του υδρογόνου 50% (H_2O_2 , εμπορική

ονομασία: perydrol) οξειδώνεται το οργανικό υλικό (Εικ.11, 12). Μετά την καύση όλου του οργανικού υλικού και τη διάσπαση της εναπομείνουσας ποσότητας H_2O_2 , το ποτήρι ζέσεως πληρώθηκε με απεσταγμένο νερό και αφέθηκε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 24h (Εικ.13). Αυτό έγινε για 33 συνολικά δείγματα.



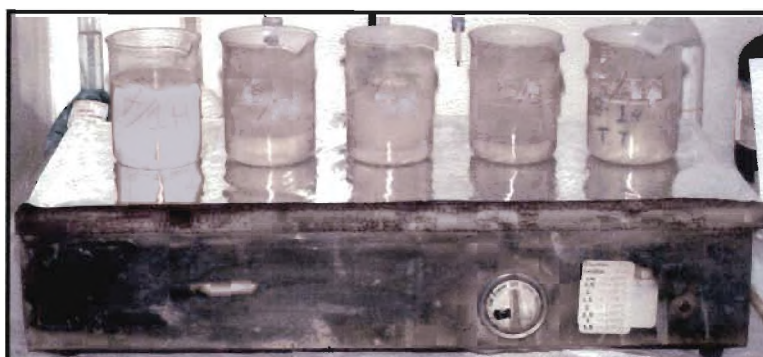
Εικόνα 10. Επιμέρους δείγματα πάνω σε θερμαντική εστία έτοιμα για την οξείδωση του οργανικού τους υλικού.



Εικόνα 11. Οξείδωση του οργανικού υλικού με την προσθήκη perydrol.



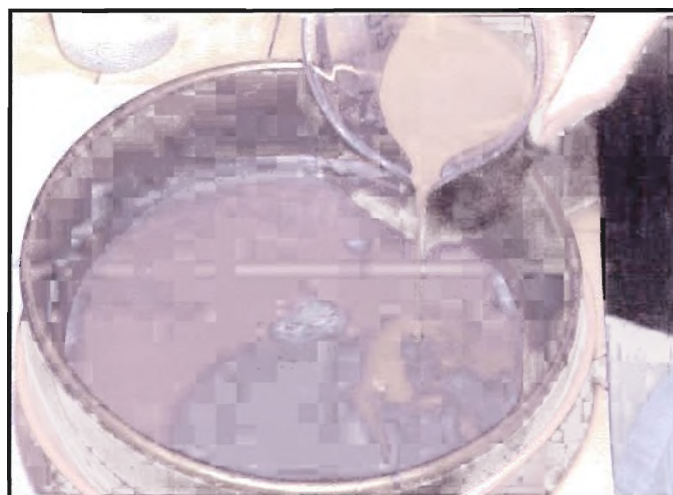
Εικόνα 12. Δείγματα κατά την οξείδωση του οργανικού υλικού τους. Η δημιουργία αφρού οφείλεται στην αντίδραση του C_{org} και του H_2O_2 .



Εικόνα 13. Δείγματα μετά την οξείδωση του οργανικού υλικού, πληρωμένα με απεσταγμένο νερό.

2.2.2.2 Υγρό κοσκίνισμα (*wet sieving*)

Το νερό πλήρωσης απομακρύνθηκε με μετάγγιση δια στόματος (χρήση ελαστικού σωλήνα) χωρίς να παρασυρθεί ίζημα από τον πυθμένα του ποτηριού ζέσεως. Το ίζημα διαχωρίστηκε σε χονδρόκοκκο και λεπτόκοκκο κλάσμα με τη βοήθεια κόσκινου No.250, με άνοιγμα $4\phi (=0.0625\text{mm})$ (Εικ.14-16). Το χονδρόκοκκο κλάσμα ζυγίστηκε και αποξηράνθηκε σε φούρνο (120°C για 24h). Το εναιώρημα του λεπτόκοκκου κλάσματος που προέκυψε από το υγρό κοσκίνισμα, τοποθετήθηκε σε ογκομετρικό σωλήνα 1lt, στον οποίο προστέθηκαν επίσης 20 ή 25ml αντικροκιδωτικής ουσίας (Εικ.17). Το υγρό διασποράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Calgon* (εμπορική ονομασία). Ο ογκομετρικός σωλήνας πληρώθηκε με απεσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή του 1lt. Η διαδικασία αυτή έγινε για 32 συνολικά δείγματα.



Εικόνα 14. Άδειασμα εναιωρήματος νερού - ιζήματος (χωρίς παρουσία οργανικού υλικού) στο κόσκινο No.250 για υγρό κοσκίνισμα.

* 45.7gr άλατος εξαμεταφωσφορικού νατρίου (με άνυδρο ανθρακικό νάτριο ως ρυθμιστικό) ανά 1t διαλύματος.



Εικόνα 15. Υγρό κοσκίνισμα. Τυχόν συσσωματώματα διαλύονται με ελαφρά πίεση των δακτύλων.



Εικόνα 16. Χονδρόκοκκο κλάσμα, το οποίο δεν 'πέρασε' από το κόσκινο No.250.



Εικόνα 17. Προσθήκη αντικροκιδωτικού υγρού στο σωλήνα 1lt με το εναιώρημα που προέκυψε από το υγρό κοσκίνισμα.

2.2.2.3 Κοκκομετρική ανάλυση λεπτόκκου κλάσματος με τη μέθοδο της πιπέτας

Οι ογκομετρικοί σωλήνες του 1lt που προέκυψαν από το υγρό κοσκίνισμα 16 δειγμάτων τοποθετήθηκαν σε δύο λουτρά (1 οκτάδα σωλήνων στο κάθε λουτρό) γεμάτα με νερό θερμοκρασίας 26°C. Για τη συνεχή διατήρηση αυτής της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκαν δύο θερμοστάτες σε κάθε λουτρό (Εικ.18). Το εναιώρημα αφέθηκε σε ηρεμία στους 16 ογκομετρικούς σωλήνες για τουλάχιστον 12h, ώστε να διαπιστωθεί αν το εναιώρημα είχε υποστεί κροκίδωση. Η κοκκομετρική ανάλυση με τη μέθοδο της πιπέτας στηρίζεται στο νόμο του Stokes και πιο συγκεκριμένα βασίζεται στους υπολογισμούς της ταχύτητας καθίζησης κόκκων διαφόρων μεγεθών. Η γενική παραδοχή της μεθόδου είναι ότι οι κόκκοι του ίδιου μεγέθους έχουν το ίδιο σχήμα και πυκνότητα. Κατά τη μέθοδο αυτή λαμβάνονται δείγματα συγκεκριμένου όγκου από το εναιώρημα του σωλήνα 1lt, σε συγκεκριμένο χρόνο και βάθος από την επιφάνεια του εναιωρήματος. Η όλη μέθοδος των δειγματοληψιών αυτών βασίζεται σε ένα αρκετά σύνθετο και παράλληλα ακριβές πρόγραμμα. Το πρόγραμμα των χρόνων και βαθών δειγματοληψίας για ένα σωλήνα - δείγμα παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.9)

Πίνακας 9. Πρόγραμμα μετρήσεων με τη μέθοδο της πιπέτας για ένα σωλήνα - δείγμα.

Διάμετρος κόκκων που συλλαμβάνονται με την πιπέτα στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή (φ)	Βάθος δειγματοληψίας από την επιφάνεια του εναιωρήματος (cm)	Χρόνος στον οποίο παίρνεται η μέτρηση (hh:mm:ss)
4.0	20	00:00:20
4.5	20	00:01:39
5.0	10	00:01:39
5.5	10	00:03:18
6.0	10	00:06:36
7.0	10	00:26:25
8.0	5	00:52:49
9.0	5	03:31:00
10.0	5	14:05:00

Πριν την έναρξη των μετρήσεων με τη μέθοδο της πιπέτας έγινε επιλογή ενός τέτοιου προγράμματος χρόνων δειγματοληψιών στανταρισμένο για 16 σωλήνες - δείγματα και για θερμοκρασία 26°C.

Κατά τη λήψη των μετρήσεων έγινε ανάδευση των εναιωρημάτων για 1min (όχι ταυτόχρονα, αλλά ανάλογα με το πρόγραμμα των χρόνων) και λαμβάνονταν οι μετρήσεις με τη βοήθεια πιπέτας όγκου 20ml (Εικ.19, 20). Κατά τη λήψη κάθε μέτρησης το περιεχόμενο της πιπέτας αδειάζοταν σε ποτήρια ζέσεως των 50ml (Εικ. 21). Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος για τη λήψη των μετρήσεων, τα ποτήρια ζέσεως των 50ml μεταφέρθηκαν σε φούρνο για την αποξήρανσή τους ($T > 65^{\circ}\text{C}$ για 48h). Μετά την αποξήρανση (Εικ.22) τα ποτήρια ζέσεως αφέθηκαν για 1.5h σε θερμοκρασία δωματίου και έπειτα ζυγίστηκαν σε ζυγό O'Haus[®] Analytical Plus, ακρίβειας 0.0001gr. Ακολούθησε ο υπολογισμός του επιμέρους και του αθροιστικού ποσοστού (%) των τάξεων των μεγεθών των κόκκων των δειγμάτων* με τη βοήθεια του στατιστικού - υπολογιστικού πακέτου *Microsoft Excel 7.0*. Η διαδικασία αυτή έγινε για 32 δείγματα συνολικά.



Εικόνα 18. Λουτρά γεμισμένα με νερό θερμοκρασίας 26°C, στα οποία είναι τοποθετημένοι οι 16 σωλήνες 1lt με τα εναιωρήματα νερού - ιζήματος, για την κοκκομετρία με τη μέθοδο της πιπέτας.



Εικόνα 19. Ανάδευση του σωλήνα 1lt πριν τη λήψη της μέτρησης με την πιπέτα.

* Για την αναλυτική διαδικασία υπολογισμού των ποσοστών αυτών παραπέμπουμε στη βιβλιογραφική αναφορά Παπαθεοδώρου Γ. (1994).



Εικόνα 20. Λήψη μέτρησης με την πιπέτα όγκου 20ml.



Εικόνα 21. Ποτήρια ζέσεως των 50ml με μετρήσεις που λήφθηκαν με την πιπέτα.



Εικόνα 22. Στερεό υπόλειμμα των μετρήσεων της πιπέτας μετά την αποξήρανσή τους.

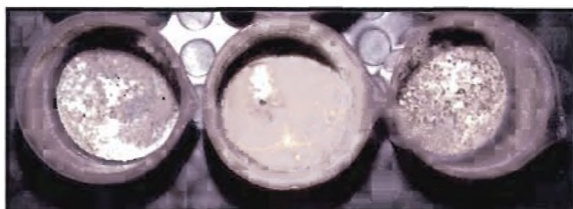
2.2.2.4 Κοκκομετρική ανάλυση χονδρόκοκκου κλάσματος (ξηρό κοσκίνισμα)

Μετά την αποξήρανσή του, το χονδρόκοκκο κλάσμα που προέκυψε από το υγρό κοσκίνισμα (Εικ.23), κοσκινίστηκε εκ νέου σε ηλεκτρικό κόσκινο (Εικ.24). Κατά το ξηρό κοσκίνισμα το δείγμα περνά από σειρά κοσκίνων κι έτσι διαχωρίζονται οι διάφορες χονδρόκοκκες κλάσεις. Τα χαρακτηριστικά των κόσκινων που χρησιμοποιήθηκαν και με τη σειρά που τοποθετούνται στο ηλεκτρικό κόσκινο, περιγράφονται στον Πίνακα 10.

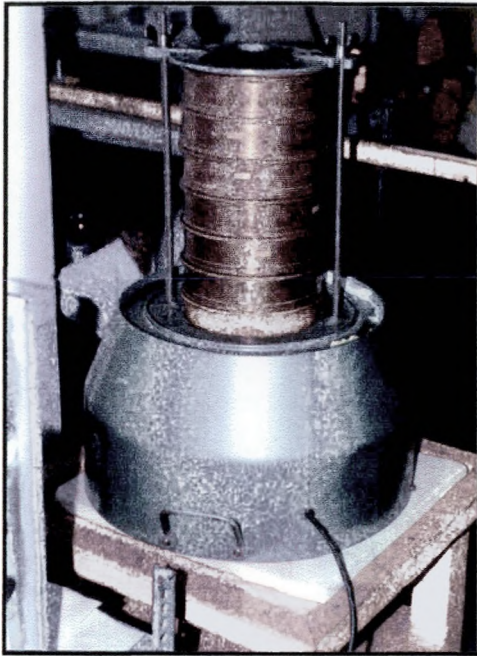
Πίνακας 10. Χαρακτηριστικά κόσκινων για τη μέθοδο του ξηρού κοσκίνισματος.

No. κόσκινου	Διάμετρος οπών	Ø
10	2.000	-1.04
14	1.400	-0.49
18	1.000	0.00
25	0.710	0.49
35	0.500	1.00
45	0.355	1.49
60	0.250	2.00
80	0.180	2.47
120	0.125	3.00
170	0.090	3.47
Δοχείο συλλογής (pan)	–	4.00

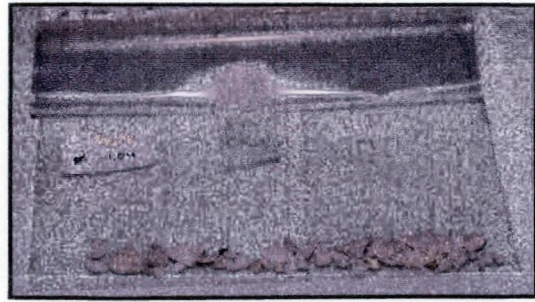
Τα επιμέρους κλάσματα που συλλέχθηκαν από κάθε κόσκινο ζυγίστηκαν στο ζυγό με ακρίβεια 0.0001gr. Τέλος, το κάθε κλάσμα ξεχωριστά συσκευάστηκε σε πλαστικό σακουλάκι (Εικ.25) και υπολογίστηκαν τα ποσοστά (%) συμμετοχής του κάθε κλάσματος στο συνολικό χονδρόκοκκο δείγμα.



Εικόνα 23. Ξηραμένο χονδρόκοκκο κλάσμα για ξηρό κοσκίνισμα.



Εικόνα 24. Ηλεκτρικό κόσκινο που χρησιμοποιήθηκε για το ξηρό κοσκίνισμα των χονδρόκοκκων υπολειμμάτων των δειγμάτων. Στην εικόνα διακρίνεται σειρά από 6 κόσκινα και το δοχείο συλλογής (pan).



Εικόνα 25. Ζυγισμένο και συσκευασμένο κλάσμα χονδρόκοκκου υλικού (\varnothing -1.04).

3.3 Γεωχημεία ιζημάτων

3.3.1 Γενικά

Οι διάφορες μέθοδοι γεωχημικής ανάλυσης ιζημάτων που έχουν προταθεί, έχουν σχεδιαστεί λαμβανομένων υπόψη των τύπων δεσμών των μετάλλων με τα ιζήματα. Δύο κύριες μέθοδοι γεωχημικής ανάλυσης ιζημάτων έχουν αναπτυχθεί κι αυτές είναι:

- ◆ η **ολική διάσπαση**, με την οποία προσδιορίζεται το συνολικό περιεχόμενο του ιζήματος σε κάποιο μέταλλο. Είναι φανερό ότι με την ολική διάσπαση προσδιορίζεται τόσο το ποσοστό του μετάλλου που βρίσκεται σε δομικές θέσεις στο πλέγμα των ορυκτών, όσο και αυτό που είναι προσροφημένο ή/και συνκατακρημνισμένο στο ίζημα, χωρίς να είναι δυνατός ο προσδιορισμός των επιμέρους ποσοστών. Αυτό μειώνει την αποτελεσματικότητα της ολικής διάσπασης στον καθορισμό του επιπέδου μόλυνσης ιζημάτων με βαρέα μέταλλα.
- ◆ η **κλασματική διάσπαση**, με την οποία προσδιορίζονται οι επιμέρους συγκεντρώσεις των μετάλλων, που είναι συνδεδεμένα με το ίζημα με διάφορους τύπους δεσμών. Αυτό καθιστά τη μέθοδο της κλασματικής διάσπασης ιδιαίτερα σημαντική σε θέματα μόλυνσης ιζημάτων από βαρέα μέταλλα για δύο λόγους. Πρώτον γιατί τα μέταλλα, εκτός του πλέγματος των ορυκτών, είναι αυτά που συμμετέχουν σε χημικές - βιολογικές διεργασίες φυσικών κύκλων. Κατά δεύτερον γιατί τα μέταλλα που εισέρχονται στο θαλάσσιο περιβάλλον ανθρωπογενώς δε βρίσκονται σε θέσεις των δομών του πλέγματος των ορυκτών.

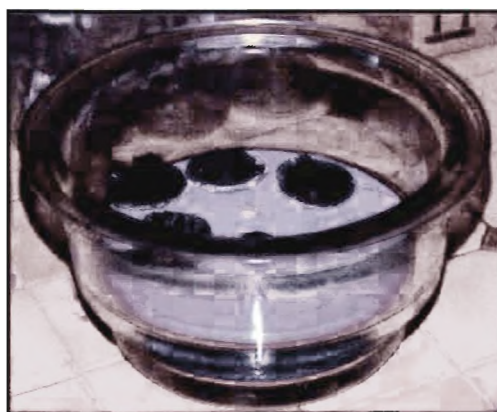
3.3.2 Γεωχημική ανάλυση ιζημάτων

Τα δείγματα που προορίζονταν για γεωχημική ανάλυση δέχθηκαν την προετοιμασία που περιγράφεται παρακάτω. 25 συνολικά δείγματα τοποθετήθηκαν σε τριβλία (Εικ.26), τα οποία με τη σειρά τους σε ξηραντήρα για την απομάκρυνση της υγρασίας τους (Εικ.27). Τα τριβλία με τα δείγματα έμειναν στον ξηραντήρα για 10 περίπου ημέρες. Αυτή η μέθοδος ξήρασης έχει το πλεονέκτημα ότι ελαχιστοποιεί τις απώλειες στις συγκεντρώσεις των χημικών στοιχείων. Τα 25 δείγματα μετά την πλήρη ξήρασή τους, κονιοποιήθηκαν σε γουδί από αχάτι και τοποθετήθηκαν σε

κονιοποιημένο δείγμα και τοποθετήθηκε σε ποτήρι ζέσεως από teflon (πολύ-τετραφθόρο-αιθυλένιο) (Εικ.31). Για 8 από τα 25 συνολικά κονιοποιημένα δείγματα ζυγίστηκε και δεύτερο δείγμα κονιοποιημένου υλικού. Τα ποτήρια ζέσεως από teflon, πριν την τοποθέτηση του κονιοποιημένου υλικού, είχαν υποστεί καθαρισμό με αραιό HCl και HNO₃ σε αναλογία 1:3 για 24h. Το άνοιγμα των ποτηριών ζέσεως από teflon κλείστηκε με parafilm για την αποφυγή ύγρανσης του υλικού μέχρι να επεξεργαστούν με τα οξέα για τη διάσπασή τους (Εικ.32). Σε κάθε ποτήρι ζέσεως από teflon με το κονιοποιημένο υλικό προστέθηκαν 8ml HF, 3ml HClO₄ και 3ml HNO₃. Τα διαλύματα των δειγμάτων τοποθετήθηκαν σε θερμαντική πλάκα και θερμάνθηκαν στους 200°C για 20min. Μετά την ψύξη τους, προστέθηκε επιπλέον 1-2ml HF. Στη συνέχεια τα διαλύματα των δειγμάτων θερμάνθηκαν στους 100°C μέχρι την πλήρη εξάτμισή τους (περίπου 12h). Μετά την απομάκρυνση των διαλυμάτων από τη θερμαντική πλάκα για να ψυχθούν, τους προστέθηκαν άλλα 2ml HClO₄ και επανελήφθη η πλήρη εξάτμιση των διαλυμάτων με θέρμανση. Μετά την ψύξη τους, προστέθηκαν 5ml διαλύματος HCl 6M σε κάθε διάλυμα. Το περιεχόμενο κάθε ποτηριού ζέσεως από teflon μεταφέρθηκε σε ογκομετρικές φιάλες ώστε το τελικό διάλυμα να είναι 1M σε HCl. Μετά από αυτή την προετοιμασία των δειγμάτων, έγινε ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης (φλογοφασματομετρία) (Εικ.33).



Εικόνα 26. Διαδικασία τοποθέτησης δείγματος στο τριβλίο για τοποθέτησή του στον ξηραντήρα.



Εικόνα 27. Ξηραντήρας με τοποθετημένα δείγματα.



Εικόνα 28. Τοποθέτηση ξηραμένου δείγματος στο γουδί από αχάτι για κονιοποίηση.



Εικόνα 29. Δείγμα μετά την κονιοποίησή του.



Εικόνα 30. Τοποθέτηση κονιοποιημένου δείγματος σε δοχείο sintilation.



Εικόνα 31. Ζύγιση 0.1gr κονιοποιημένου δείγματος για διάσπασή του.



Εικόνα 32. Κλείσιμο του ποτηριού ζέσεως από teflon με parafilm για την αποφυγή ύγρανσης του προς διάσπαση δείγματος.



Εικόνα 33. Ατομική απορρόφηση Perkin Elmer, Model 3110.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

1. Ιζηματολογία

Η ιζηματολογική ανάλυση των επιφανειακών και υποεπιφανειακών ιζημάτων της περιοχής έρευνας έγινε με την τυπική μέθοδο του Folk (1974) (βλ. Μεθοδολογία §2.2.2). Τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων των επιφανειακών και υποεπιφανειακών ιζημάτων της περιοχής έρευνας παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων.

Δείγμα	Βάθος (cm)	Ψηφίδες (%)	Άμμος (%)	Πηλός (%)	Άργιλος (%)	Mz (Ø)	σ (Ø)	Sk	K _G	Λιθολογική τάξη ^a
1/1	0-5	14.1	12.5	17.8	54.1	6.8	4.5	-0.8	2.0	gM
1/2	10-15	4.2	8.2	12.0	71.4	8.4	3.5	-1.6	4.3	(g)M
1/3	20-30	2.6	18.7	22.7	53.9	7.4	3.6	-0.8	2.4	(g)M
1/4	30-40	1.2	7.1	25.5	64.7	8.3	2.9	-1.3	4.2	(g)M
1/6	50-60	0.8	15.8	25.1	52.9	7.6	3.2	-0.8	2.5	(g)M
1/7	60-70	3.0	27.6	18.0	51.3	6.5	3.8	-0.7	2.0	(g)M
2/1	0-10	25.9	63.8	6.0	3.5	1.4	2.6	1.0	4.2	gmS
2/3	10-20	16.4	68.6	12.6	1.8	2.0	2.4	0.5	3.7	gmS
2/2	30-40	35.5	47.6	13.8	3.1	1.4	2.9	0.8	3.4	msG
3/1	0-12	15.6	81.3	0.8	5.3	2.0	2.5	1.5	7.1	gS
4/1	0-15	12.7	83.8	1.1	1.8	1.5	1.9	1.4	8.7	gS
4/2	25-27	22.8	74.5	0.7	1.3	0.8	1.9	1.5	9.0	gS
4/3	27-31.5	0.7	22.6	72.1	4.0	4.3	1.6	1.2	9.5	(g)M
5/1	10-20	5.0	94.4	0.0	0.0	1.0	1.1	-0.2	2.8	gS
5/3	30-40	2.7	95.7	0.8	0.2	1.3	1.1	1.2	11.8	(g)S
5/4	40-50	22.0	75.7	1.3	0.8	1.1	1.9	0.7	5.7	gS
6/1	0-10	6.3	13.9	55.8	24.0	5.4	3.1	-0.3	2.8	gM
6/2	10-20	0.5	10.0	43.6	46.4	7.2	2.3	-1.1	4.2	(g)M
6/3	20-30	1.0	19.5	40.0	40.2	6.7	3.0	-0.4	2.4	(g)M
6/4	30-40	4.2	28.5	26.3	41.0	5.8	3.4	-0.6	2.1	(g)M
6/5	40-44	3.0	27.8	23.7	45.4	6.6	3.8	-0.5	1.8	(g)M
6/6	44-50	2.3	25.2	21.8	50.5	6.9	3.8	-0.6	1.9	(g)M
6/7A	50-57.2	3.9	25.9	18.7	51.0	6.8	4.0	-0.6	1.9	(g)M

Συνέχεια Πίνακα 11

6/7B	57.2-64.4	3.7	32.9	20.3	42.3	6.2	4.0	-0.3	1.6	(g)M
6/7Γ	64.4-71.5	0.7	21.3	30.4	46.7	6.6	2.6	-0.7	2.5	(g)M
7/1A	0-4	0.0	11.7	14.8	77.1	8.6	2.8	-1.3	3.3	sC
7/1H	4-10	3.0	43.8	16.3	36.4	5.4	3.7	0.0	1.6	(g)M
7/1B	10-13	1.6	6.8	18.7	72.0	8.8	2.7	-1.9	6.5	(g)M
7/1Γ	20-23	3.4	57.3	11.7	25.4	4.6	3.7	0.5	1.9	(g)mS
7/1Δ	27.5-31	2.9	51.4	17.2	27.3	5.1	3.6	0.4	1.8	(g)mS
7/1E	36-40	8.3	55.4	13.1	22.4	4.3	3.8	0.5	2.1	gmS
7/1ΣΤ	46.5-50	5.0	48.8	14.3	30.4	5.0	3.7	0.2	1.7	gmS
7/1Ζ	55-58.8	0.1	6.4	20.0	74.6	8.7	2.6	-1.5	4.2	(g)M

α: Για σημασία λιθολογικών τάξεων βλ. Σχήμα 1.

1.1 Επιφανειακές κατανομές λιθολογικών τάξεων και στατιστικών παραμέτρων

Οι επιφανειακές κατανομές των λιθολογικών τάξεων (ψηφίδες, άμμος, πηλός, άργιλος) και των στατιστικών παραμέτρων (μέσο μέγεθος κόκκων, σταθερή απόκλιση, λοξότητα, κύρτωση) συνοψίζονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 12. Ποσοστά επιφανειακών λιθολογικών τάξεων και τιμές επιφανειακών στατιστικών παραμέτρων.

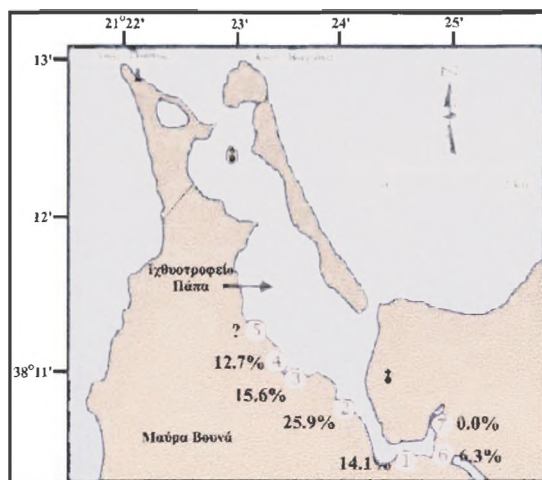
Σταθμός	Ψηφίδες (%)	Άμμος (%)	Πηλός (%)	Άργιλος (%)	Mz (Ø)	σ (Ø)	Sk	K _G
1	14.1	12.5	17.8	54.1	6.8	4.5	-0.8	2.0
2	25.9	63.8	6.0	3.5	1.4	2.6	1.0	4.2
3	15.6	81.3	0.8	5.3	2.0	2.5	1.5	7.1
4	12.7	83.8	1.1	1.8	1.5	1.9	1.4	8.7
5 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
6	6.3	13.9	55.8	24.0	5.4	3.1	-0.3	2.8
7	0.0	11.7	14.8	77.1	8.6	2.8	-1.3	3.3

^a: Στον Σταθμό 5 δεν πάρθηκε επιφανειακό δείγμα από τον αντίστοιχο πυρήνα.

1.1.1 Επιφανειακή κατανομή ψηφίδων

Το ποσοστό των ψηφίδων στα επιφανειακά ιζήματα του Ν.Δ. μέρους της λιμνοθάλασσας Πάπα κυμαίνεται από 0-25.9% (Πιν.12). Από τη μελέτη του Χάρτη 1

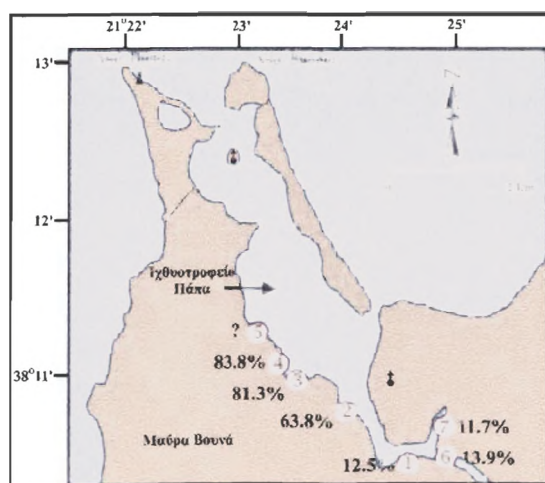
και θεωρώντας το Σταθμό 2 ως το κεντρικό σημείο της επιφανειακής κατανομής των ψηφίδων, φαίνεται ότι το ποσοστό των ψηφίδων μειώνεται καθώς απομακρυνόμαστε προς Βορρά και Νότο.



Χάρτης 1. Επιφανειακή κατανομή των ψηφίδων.

1.1.2 Επιφανειακή κατανομή άμμου

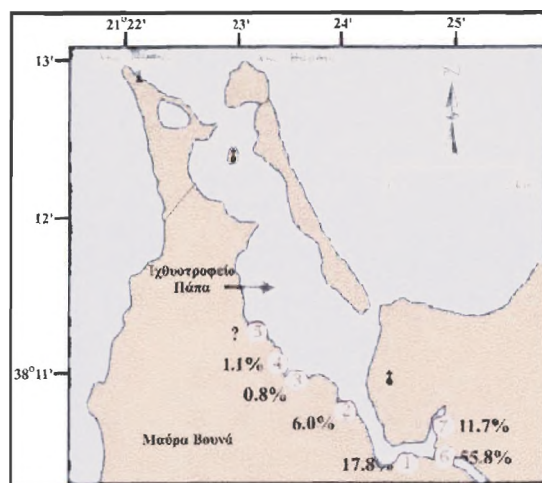
Το ποσοστό της άμμου στα επιφανειακά ιζήματα της περιοχής έρευνας κυμαίνεται από 11.7% έως 83.8% (Πιν.12). Από τη μελέτη του Χάρτη 2 φαίνεται ότι το ποσοστό της άμμου στις Δυτικές ακτές της περιοχής έρευνας είναι σαφώς μεγαλύτερο από τις Νότιες. Αυτό ενισχύεται και από το γεγονός ότι στο Σταθμό 5, παρόλο που δεν πάρθηκε επιφανειακό δείγμα, το ποσοστό της άμμου μεταξύ 10 και 20cm βρέθηκε να είναι 94.4%.



Χάρτης 2. Επιφανειακή κατανομή της άμμου.

1.1.3 Επιφανειακή κατανομή πηλού

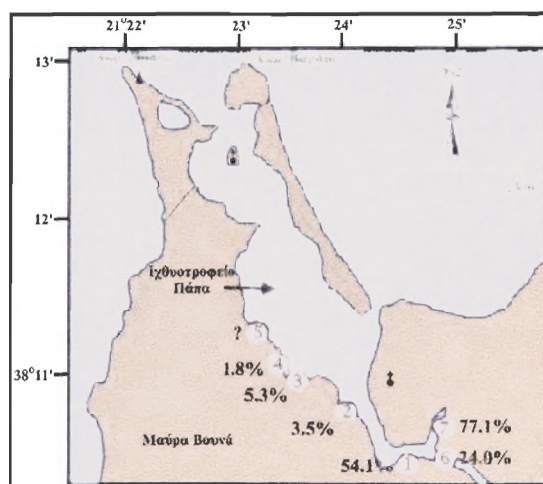
Το ποσοστό του κλάσματος του πηλού στην περιοχή έρευνας στη λιμνοθάλασσα Πάπα κυμαίνεται από 0.8-55.8% (Πιν.12). Γενικά, φαίνεται ότι το ποσοστό τους πηλού στις Δυτικές ακτές της λιμνοθάλασσας είναι σχετικά μικρό, σε αντίθεση με τις Νότιες, όπου παρατηρούνται αυξημένα ποσοστά πηλού, ιδιαίτερα στο Σταθμό 6 (55.8%) (Χαρτ.3).



Χάρτης 3. Επιφανειακή κατανομή του πηλού.

1.1.4 Επιφανειακή κατανομή αργίλου

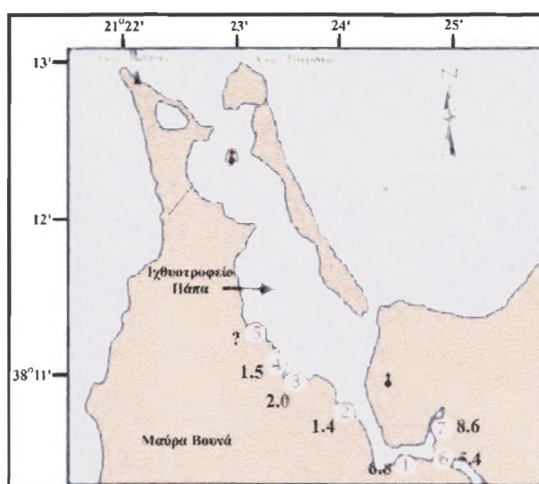
Το ποσοστό της αργίλου στο Ν.Δ. μέρος της λιμνοθάλασσας Πάπα κυμαίνεται μεταξύ 1.8% και 77.1% (Πιν.12). Η κατανομή της αργίλου εμφανίζει την τάση τα μεγαλύτερα ποσοστά να παρουσιάζονται στις Νότιες ακτές σε σχέση με τις Δυτικές (Χαρτ.4)



Χάρτης 4. Επιφανειακή κατανομή της αργίλου.

1.1.5 Επιφανειακή κατανομή μέσου μεγέθους κόκκων (Mz)

Οι τιμές του μέσου μεγέθους των κόκκων των ιζημάτων της περιοχής έρευνας κυμαίνονται από 1.4-8.6 ϕ (Πιν.12). Η μελέτη του Χάρτη 5 δείχνει ότι οι μεγαλύτερες τιμές του Mz παρατηρούνται στις Νότιες ακτές της λιμνοθάλασσας, στοιχείο που βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με την επιφανειακή κατανομή τόσο του πηλού (Χαρτ.3) όσο και της αργίλου (Χαρτ.4).

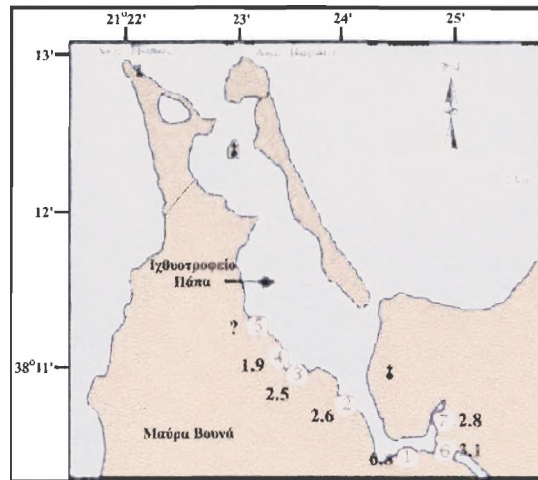


Χάρτης 5. Επιφανειακή κατανομή του μέσου μεγέθους των κόκκων.

1.1.6 Επιφανειακή κατανομή σταθερής απόκλισης (σ)

Το εύρος των τιμών της σταθερής απόκλισης είναι από 1.9 ϕ έως 4.5 ϕ (Πιν.12). Σύμφωνα με την κλίμακα ταξινόμησης ιζημάτων ανάλογα με τις τιμές της σταθερής απόκλισης των Folk & Ward (1957), τα επιφανειακά ιζήματα του Ν.Δ. μέρους της λιμνοθάλασσας Πάπα ταξινομούνται από φτωχά διαβαθμισμένα έως εξαιρετικά φτωχά διαβαθμισμένα. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο χαρακτηρισμός των ιζημάτων σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης των Folk & Ward (1957) ανάλογα με τις τιμές της σταθερής απόκλισης είναι αποδεκτός, παρότι ο υπολογισμός της σταθερής απόκλισης έγινε με τη μέθοδο των ροπών (moments) (βλ. Μεθοδολογία §2.2.1). Ο Παπαθεοδώρου (1990) εφάρμοσε τις δύο μεθόδους υπολογισμού των στατιστικών παραμέτρων (γραφική και ροπών) σε ικανό αριθμό θαλασσίων ιζημάτων και διεπίστωσε πολύ καλή συσχέτιση μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων ($R=96\%$, $\sigma_m=0.1759+0.8931gr$). Η ταξινόμηση των επιφανειακών ιζημάτων ως προς τις τιμές της σταθερής απόκλισης για κάθε σταθμό φαίνεται στον Πίνακα 13. Η πολύ

φτωχή διαβάθμιση των ιζημάτων δηλώνει μεγάλη ποικιλία κόκκων διαφορετικού μεγέθους στο ίδιο ίζημα, το οποίο με τη σειρά του δηλώνει περιβάλλον απόθεσης των ιζημάτων μικρής ενέργειας. Η έλλειψη ισχυρών υδροδυναμικών συνθηκών (ρεύματα ή κύματα) είναι υπεύθυνη για τη μη υδραυλική διαβάθμιση των ιζημάτων, με αποτέλεσμα τις υψηλές τιμές σταθερής απόκλισης.



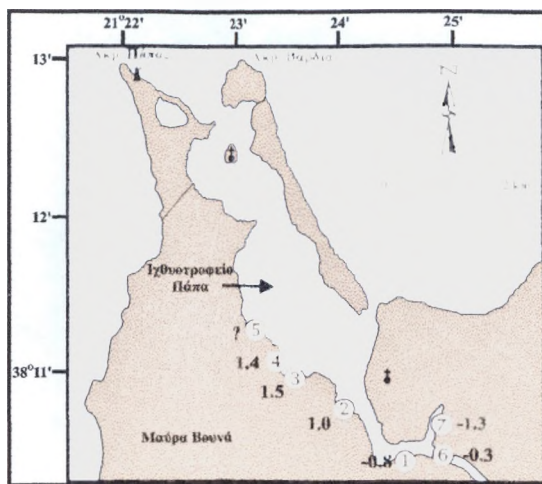
Χάρτης 6. Επιφανειακή κατανομή της σταθερής απόκλισης.

Πίνακας 13. Ταξινόμηση των επιφανειακών ιζημάτων του Ν.Δ. μέρους της λιμνοθάλασσας Πάπα, ανάλογα με τις τιμές της σταθερής απόκλισης (κατά Folk & Ward, 1957).

Σταθμός	Ταξινόμηση επιφανειακού ιζήματος
1	Εξαιρετικά φτωχά διαβαθμισμένο
2	Πολύ φτωχά διαβαθμισμένο
3	Πολύ φτωχά διαβαθμισμένο
4	Φτωχά διαβαθμισμένο
6	Πολύ φτωχά διαβαθμισμένο
7	Πολύ φτωχά διαβαθμισμένο

1.1.7 Επιφανειακή κατανομή λοξότητας (*Sk*)

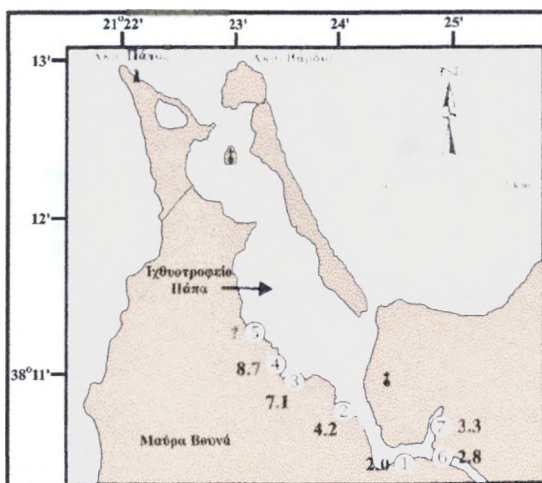
Οι τιμές της λοξότητας κυμαίνονται από (-1.3)-1.5 (Πιν.12). Οι μεγαλύτερες τιμές της λοξότητας παρατηρούνται στις Δυτικές ακτές της περιοχής έρευνας.



Χάρτης 7. Επιφανειακή κατανομή της λοξότητας.

1.1.8 Επιφανειακή κατανομή κύρτωσης (K_C)

Οι τιμές της κύρτωσης των επιφανειακών ιζημάτων της περιοχής έρευνας κυμαίνονται μεταξύ 2.0 και 8.7 (Πιν.12). Στις Δυτικές ακτές οι τιμές της κύρτωσης παρουσιάζονται ελαφρά μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές των Νότιων (Χαρτ.8).



Χάρτης 8. Επιφανειακή κατανομή της κύρτωσης.

1.2 Κατακόρυφες κατανομές λιθολογικών τάξεων και στατιστικών παραμέτρων με το βάθος

1.2.1 Πυρήνας 1

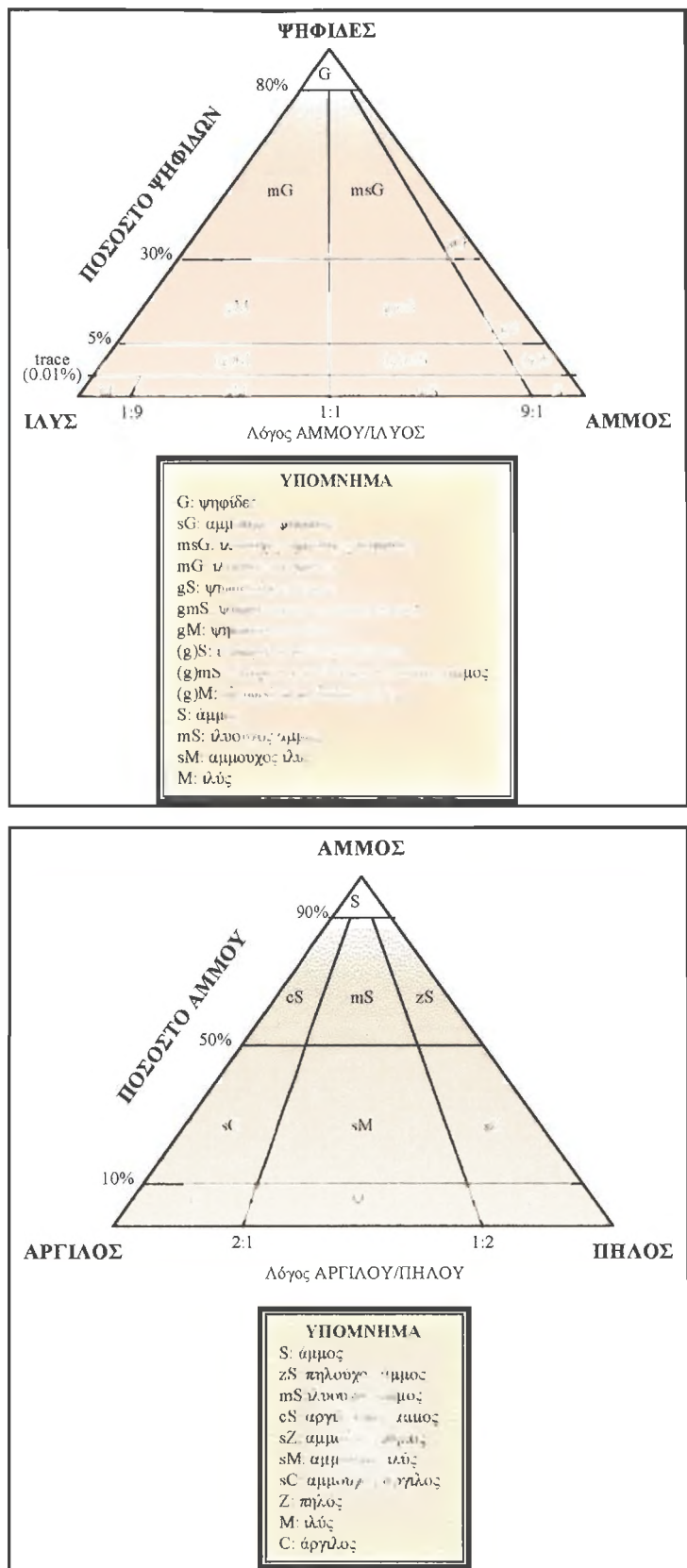
Ο Πυρήνας 1¹ παρουσιάζει λιθολογική ομοιογένεια και σύμφωνα με το λιθολογικό χαρακτήρα των ιζημάτων (Folk, 1974) (Σχ.1) αποτελείται από ένα επιφανειακό στρώμα ψηφιδούχου ιλύος κι ένα υποεπιφανειακό ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος. Το ποσοστό των ψηφίδων στον Πυρήνα 1 κυμαίνεται από 0.8-14.1% και παρουσιάζει τάση μείωσης με το βάθος. Το μέγιστο ποσοστό των ψηφίδων παρατηρήθηκε στο στρώμα ψηφιδούχου ιλύος. Στο υπόλοιπο στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος το ποσοστό κυμαίνεται σε σαφώς μικρότερες τιμές. Το ποσοστό της άμμου κυμαίνεται από 7.1-27.6%. Το ποσοστό του πηλού κυμαίνεται μεταξύ 12.0% και 25.5% και οι μεγαλύτερες τιμές του εμφανίζονται στο στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος. Το ποσοστό της αργίλου βρέθηκε να είναι μεταξύ 51.3% και 71.4%.

Οι τιμές του μέσου μεγέθους κυμαίνονται από 6.5-8.4 ϕ . Η σταθερή απόκλιση κυμαίνεται από 2.9-4.5 ϕ και σύμφωνα με τη διάκριση κατά Folk & Ward (1957) το ίζημα χαρακτηρίζεται από πολύ φτωχά διαβαθμισμένο έως εξαιρετικά φτωχά διαβαθμισμένο. Οι τιμές της λοξότητας κυμαίνονται από -1.6 έως -0.7 και εμφανίζουν σχέση ειδώλου αντικειμένου με αυτές της κύρτωσης. Τέλος, οι τιμές της κύρτωσης κυμαίνονται από 2.0-4.3.

Πίνακας Π1/1. Λιθολογικές τάξεις, στατιστικοί παράμετροι και λιθολογικοί χαρακτήρες του Πυρήνα 1.

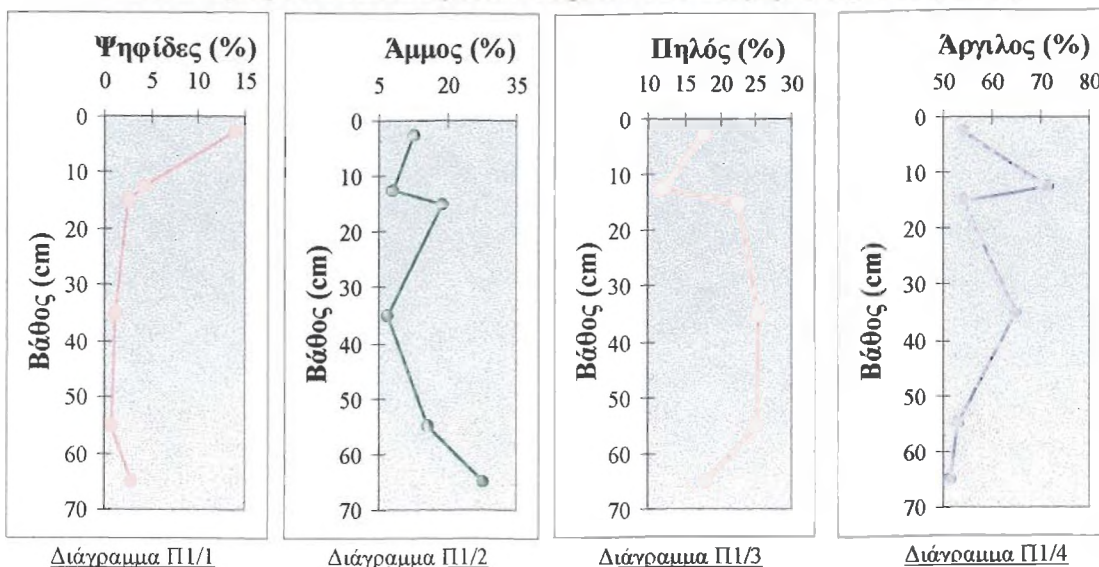
Βάθος	Ψηφίδες (%)	Άμμος (%)	Πηλός (%)	Αργίλος (%)	Mz (ϕ)	σ (ϕ)	Sk	K _G	Λιθολογικοί χαρακτήρες
0-5	14.1	12.5	17.8	54.1	6.8	4.5	-0.8	2.0	gM
10-15	4.2	8.2	12.0	71.4	8.4	3.5	-1.6	4.3	(g)M
20-30	2.6	18.7	22.7	53.9	7.4	3.6	-0.8	2.4	(g)M
30-40	1.2	7.1	25.5	64.7	8.3	2.9	-1.3	4.2	(g)M
50-60	0.8	15.8	25.1	52.9	7.6	3.2	-0.8	2.5	(g)M
60-70	3.0	27.6	18.0	51.3	6.5	3.8	-0.7	2.0	(g)M

¹ Σχετικά για τον πυρήνα 1: Πίνακας Π1/1 και Διαγράμματα Π1/1-Π1/8.

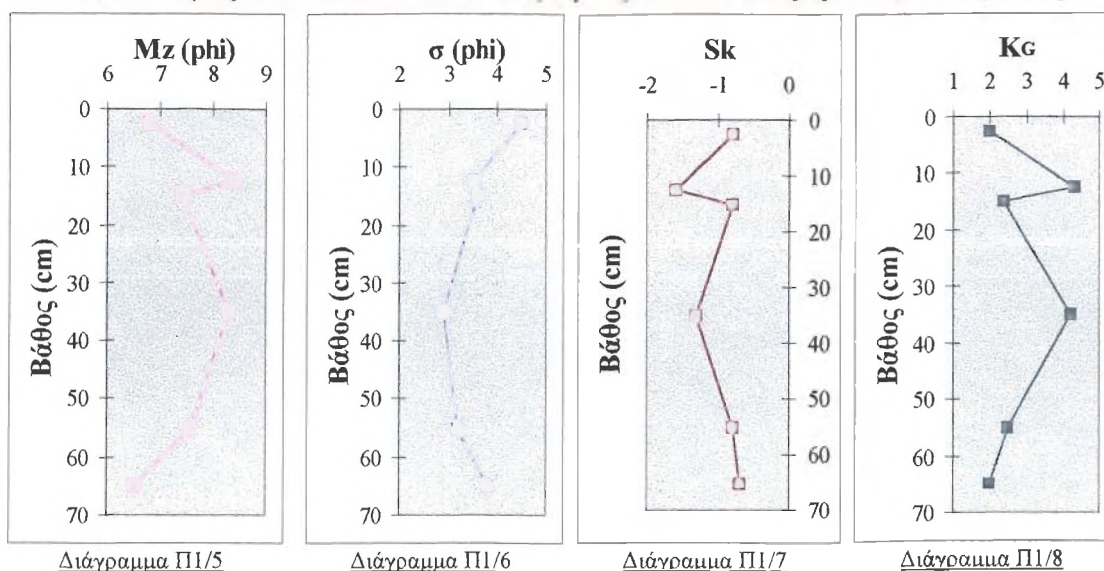


Σχήμα 1. Τριγωνικά διαγράμματα ταξινόμησης λιθολογικών χαρακτήρων λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων ιζημάτων κατά Folk (1974).

Κατανομές των λιθολογικών τάξεων του Πυρήνα 1 με το βάθος.



Κατανομές των στατιστικών παραμέτρων του Πυρήνα 1 με το βάθος.



1.2.2 Πυρήνας 2

Ο Πυρήνας 2² παρουσιάζει λιθολογική ομοιογένεια και σύμφωνα με το λιθολογικό χαρακτήρα των ιζημάτων (Folk, 1974) αποτελείται από στρώμα ψηφιδούχου ιλυούχου άμμου και ιλυούχων αμμούχων ψηφίδων. Το ποσοστό των ψηφίδων κυμαίνεται από 16.4-35.5%. Το ποσοστό της άμμου κυμαίνεται από 47.6-

² Σχετικά για τον Πυρήνα 2: Πίνακας Π2/1 και Διαγράμματα Π2/1-Π2/8.

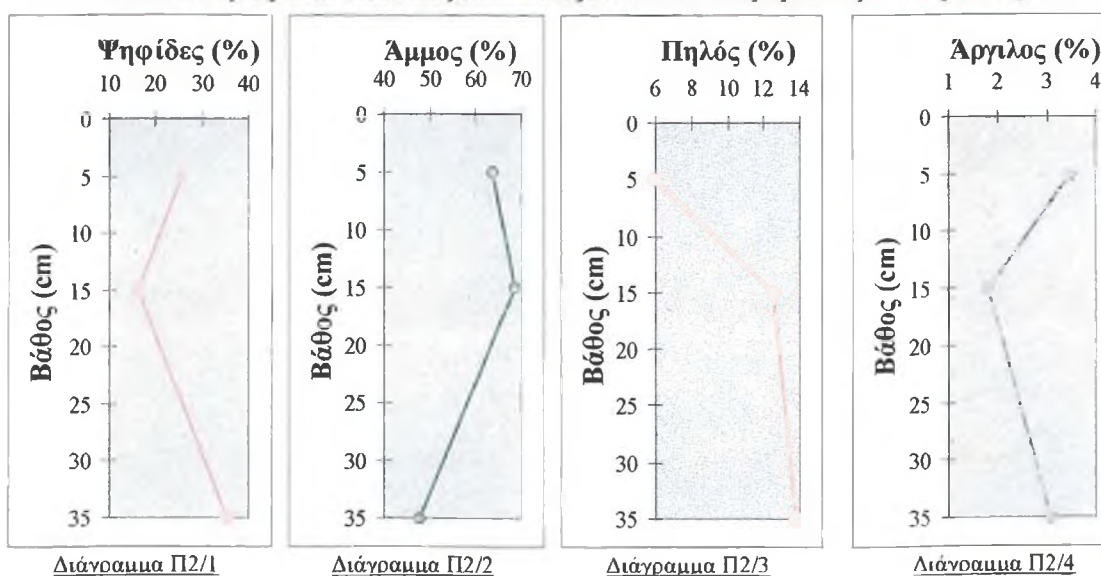
68.6% και μεταξύ των δύο λιθολογικών στρωμάτων μειώνεται κατά 21%. Το ποσοστό του πηλού κυμαίνεται μεταξύ 6.0% και 13.8% και εμφανίζει τάση αύξησης με το βάθος. Το ποσοστό της αργίλου βρέθηκε να είναι μεταξύ 1.8% και 3.5%.

Οι τιμές του μέσου μεγέθους κυμαίνονται από 1.4-2.0 ϕ . Οι τιμές της σταθερής απόκλισης κυμαίνονται από 2.4-2.9 ϕ και σύμφωνα με τη διάκριση κατά Folk & Ward (1957) το ίζημα χαρακτηρίζεται ως πολύ φτωχά διαβαθμισμένο. Οι τιμές της λοξότητας κυμαίνονται από 0.5 έως 1.0. Οι τιμές της κύρτωσης κυμαίνονται από 3.4-4.2 και παρουσιάζουν τάση μείωσης με το βάθος.

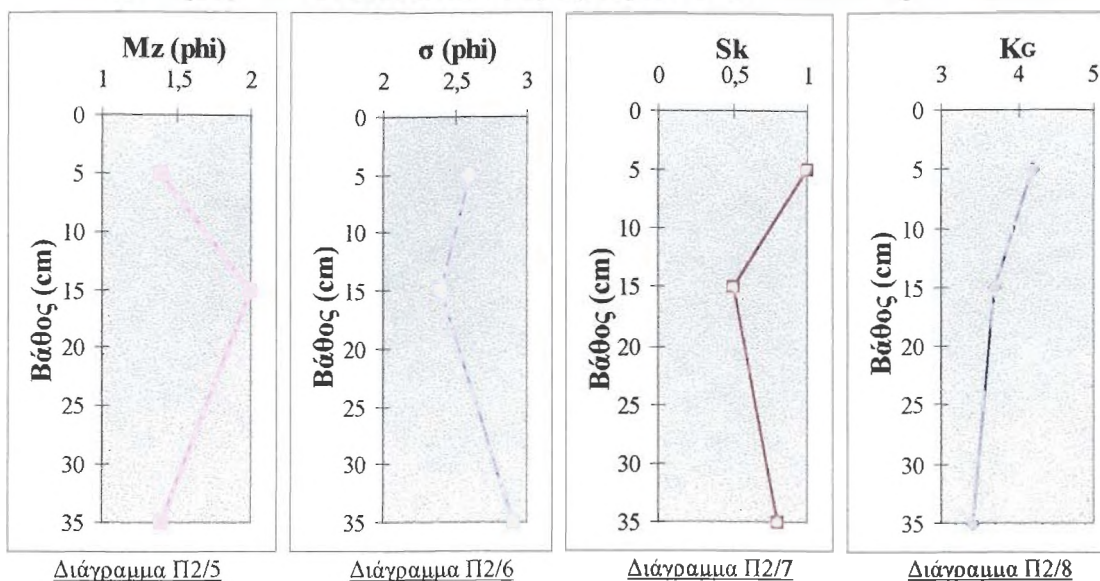
Πίνακας Π2/1. Λιθολογικές τάξεις, στατιστικοί παράμετροι και λιθολογικοί χαρακτήρες του Πυρήνα 2.

Βάθος	Ψηφίδες (%)	Άμμος (%)	Πηλός (%)	Αργίλος (%)	Mz (ϕ)	σ (ϕ)	Sk	K _G	Λιθολογικοί χαρακτήρες
0-10	25.9	63.8	6.0	3.5	1.4	2.6	1.0	4.2	gmS
10-20	16.4	68.6	12.6	1.8	2.0	2.4	0.5	3.7	gmS
30-40	35.5	47.6	13.8	3.1	1.4	2.9	0.8	3.4	msG

Κατανομές των λιθολογικών τάξεων του Πυρήνα 2 με το βάθος.



Κίνα ημές των στατιστικών παραμέτρων του Πυρήνα 2 με το βάθος.



1.2.3 Πυρήνας 4

Ο Πυρήνας 4³ παρουσιάζει λιθολογική ομοιογένεια και σύμφωνα με το λιθολογικό χαρακτήρα των ιζημάτων (Folk, 1974) αποτελείται από στρώμα ψηφιδούχου άμμου και ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος. Το ποσοστό των ψηφίδων κυμαίνεται από 0.7-22.8% και εμφανίζει σχέση ειδώλου αντικειμένου με αυτό της αργίλου. Το ποσοστό της άμμου κυμαίνεται από 22.6-83.8% και μεταξύ των δύο λιθολογικών στρωμάτων μειώνεται κατά 61.2%. Επίσης, φαίνεται να παρουσιάζει σχέση ειδώλου αντικειμένου με το ποσοστό του πηλού. Το ποσοστό του πηλού κυμαίνεται μεταξύ 0.7% και 72.1% και μεταξύ των δύο λιθολογικών στρωμάτων εμφανίζει αύξηση κατά 71.4%. Το ποσοστό της αργίλου βρέθηκε να είναι μεταξύ 1.3% και 4.0%.

Οι τιμές του μέσου μεγέθους κυμαίνονται από 0.8-4.3 ϕ · εμφανίζουν δε σχέση ειδώλου αντικειμένου με τις τιμές της λοξότητας. Οι τιμές της σταθερής απόκλισης κυμαίνονται από 1.6-1.9 ϕ και σύμφωνα με τη διάκριση κατά Folk & Ward (1957) το ίζημα χαρακτηρίζεται ως φτωχά διαβαθμισμένο. Οι τιμές της παρουσιάζουν τάση μείωσης με το βάθος. Οι τιμές της λοξότητας κυμαίνονται από 1.2 έως 1.5. Οι τιμές της κύρτωσης κυμαίνονται από 8.7-9.5 και εμφανίζουν σχέση

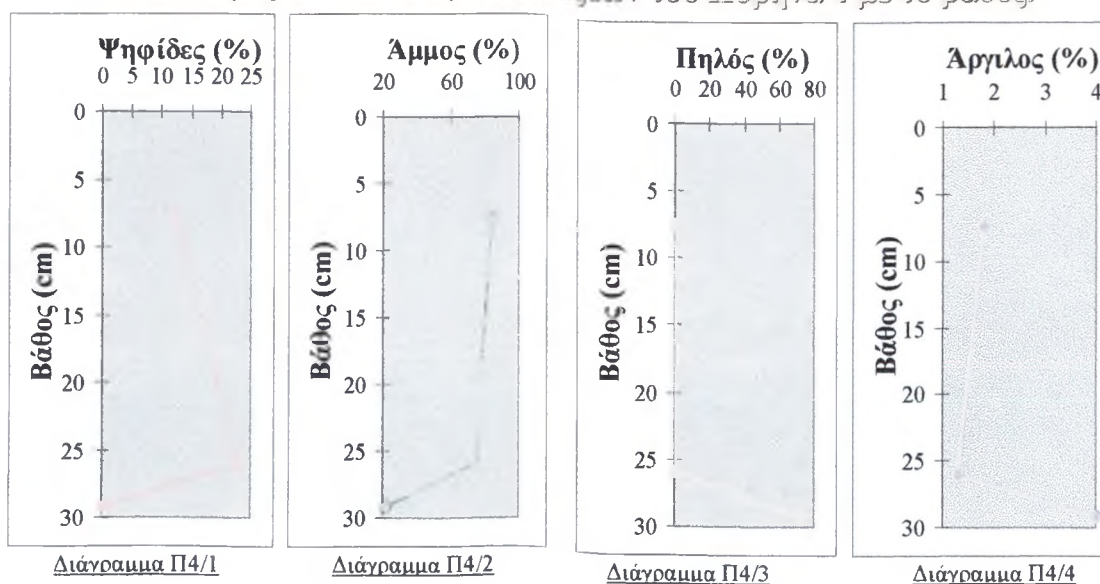
³ Σχετικά για τον Πυρήνα 4: Πίνακας Π4/1 και Διαγράμματα Π4/1-Π4/8.

ειδώλου αντικειμένου με τις τιμές της σταθερής απόκλισης. Τέλος, παρουσιάζουν τάση αύξησης με το βάθος.

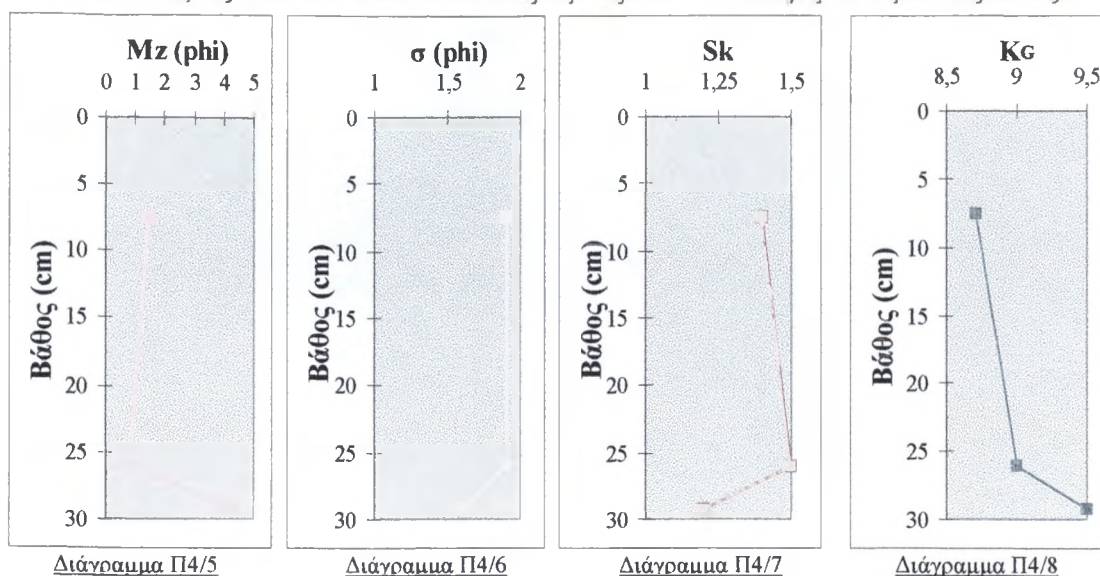
Πίνακας Π4/1. Λιθολογικές τάξεις, στατιστικοί παράμετροι και λιθολογικοί χαρακτήρες του Πυρήνα 4.

Βάθος	Ψηφίδες (%)	Άμμος (%)	Πηλός (%)	Άργιλος (%)	Mz (Ø)	σ (Ø)	Sk	K _G	Λιθολογικοί χαρακτήρες
0-15	12.7	83.8	1.1	1.8	1.5	1.9	1.4	8.7	gS
25-27	22.8	74.5	0.7	1.3	0.8	1.9	1.5	9	gS
27-31.5	0.7	22.6	72.1	4.0	4.3	1.6	1.2	9.5	(g)M

Κατανομές των λιθολογικών τάξεων του Πυρήνα 4 με το βάθος.



Κυρτονομές των στατιστικών παραμέτρων του Πυρήνα 4 με το βάθος.



1.2.4 Πυρήνας 5

Ο Πυρήνας 5⁴ παρουσιάζει λιθολογική ανομοιογένεια και σύμφωνα με το λιθολογικό χαρακτήρα των ιζημάτων (Folk, 1974) αποτελείται από στρώμα ψηφιδούχου άμμου και ελαφρά ψηφιδούχου άμμου. Το ποσοστό των ψηφίδων κυμαίνεται από 2.7-22.0% και εμφανίζει σχέση ειδώλου αντικειμένου με αυτό της άμμου. Το ποσοστό της άμμου κυμαίνεται από 75.7-95.7%. Το ποσοστό του πηλού κυμαίνεται μεταξύ 0.0% και 1.3% και παρουσιάζει τάση αύξησης με το βάθος. Το ποσοστό της αργίλου κυμαίνεται μεταξύ 0.0% και 0.8% και παρουσιάζει επίσης τάση αύξησης με το βάθος.

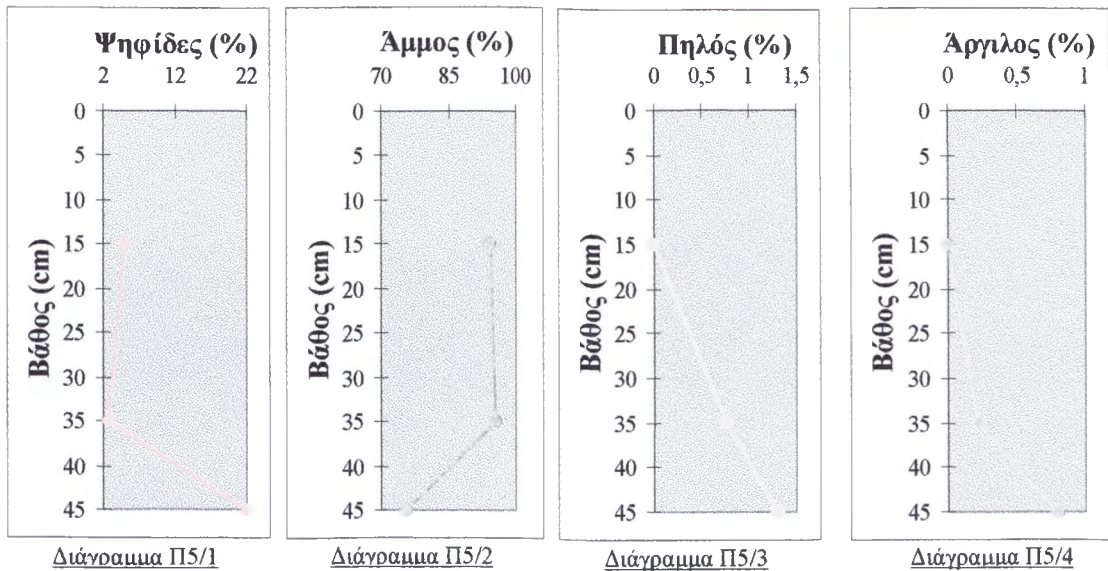
Οι τιμές του μέσου μεγέθους κυμαίνονται από 1.0-1.3 ϕ και εμφανίζουν ίδια κατανομή με αυτές της κυρτότητας. Οι τιμές της σταθερής απόκλισης κυμαίνονται από 1.1-1.9 ϕ και σύμφωνα με τη διάκριση κατά Folk & Ward (1957) το ίζημα χαρακτηρίζεται ως φτωχά διαβαθμισμένο. Οι τιμές της παρουσιάζουν τάση αύξησης με το βάθος. Οι τιμές της λοξότητας κυμαίνονται από -0.2 έως 1.2. Οι τιμές της κύρτωσης κυμαίνονται από 2.8-11.8.

⁴ Σχετικά για Πυρήνα 5: Πίνακας Π5/1, Διαγράμματα Π5/1-Π5/8.

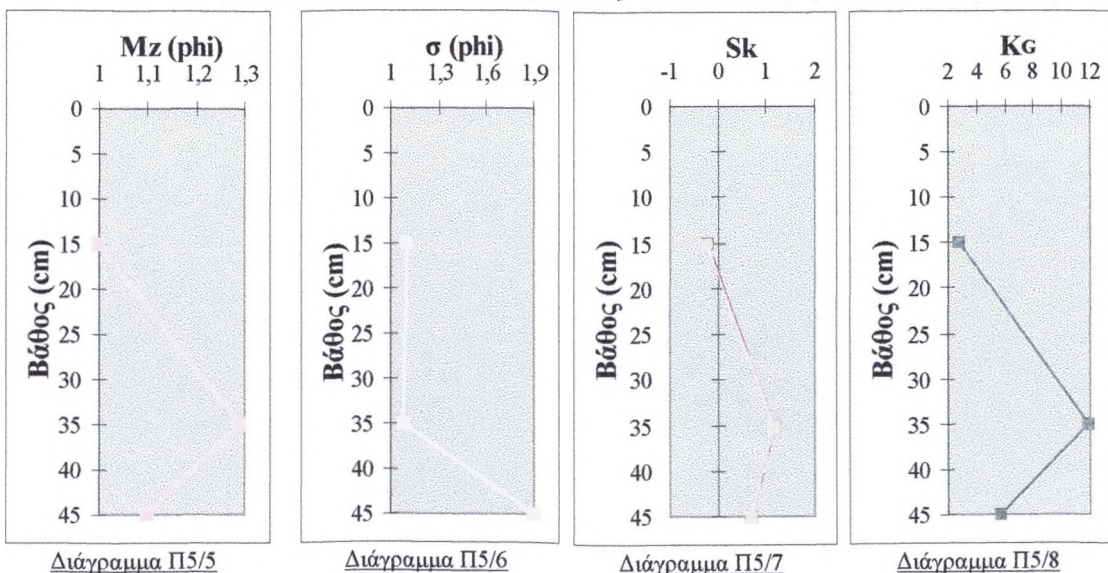
Πίνακας Π5/1. Λιθολογικές τάξεις, στατιστικοί παράμετροι και λιθολογικοί χαρακτήρες του Πορρήνα 5.

Βάθος	Ψηφίδες (%)	Άμμος (%)	Πηλός (%)	Άργιλος (%)	Mz (Ø)	σ (Ø)	Sk	K _G	Λιθολογικοί χαρακτήρες
10-20	5.0	94.4	0.0	0.0	1.0	1.1	-0.2	2.8	gS
30-40	2.7	95.7	0.8	0.2	1.3	1.1	1.2	11.8	(g)S
40-50	22.0	75.7	1.3	0.8	1.1	1.9	0.7	5.7	gS

Κατανομές των λιθολογικών τάξεων του Πορρήνα 5 με το βάθος.



Κατανομές των στατιστικών παραμέτρων του Πορρήνα 5 με το βάθος.



1.2.5 Πυρήνας 6

Ο Πυρήνας 6⁵ παρουσιάζει λιθολογική ομοιογένεια και σύμφωνα με το λιθολογικό χαρακτήρα των ιζημάτων (Folk, 1974) αποτελείται από ένα επιφανειακό στρώμα ψηφιδούχου ιλύος κι ένα ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος. Το ποσοστό των ψηφιδών κυμαίνεται από 0.5-6.3%, με το υψηλότερο ποσοστό στο επιφανειακό στρώμα. Το ποσοστό της άμμου κυμαίνεται από 10.0-32.9%. Τα μεγαλύτερα ποσοστά άμμου φαίνεται να εμφανίζονται στα μεγαλύτερα βάθη και παρουσιάζουν μία γενική τάση αύξησης με το βάθος. Το ποσοστό του πηλού κυμαίνεται μεταξύ 18.7-55.8% και παρουσιάζει σαφή τάση μείωσης με το βάθος, με εξαίρεση το τελευταίο στρώμα ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος. Το ποσοστό της αργίλου κυμαίνεται μεταξύ 24.0% και 51.0%.

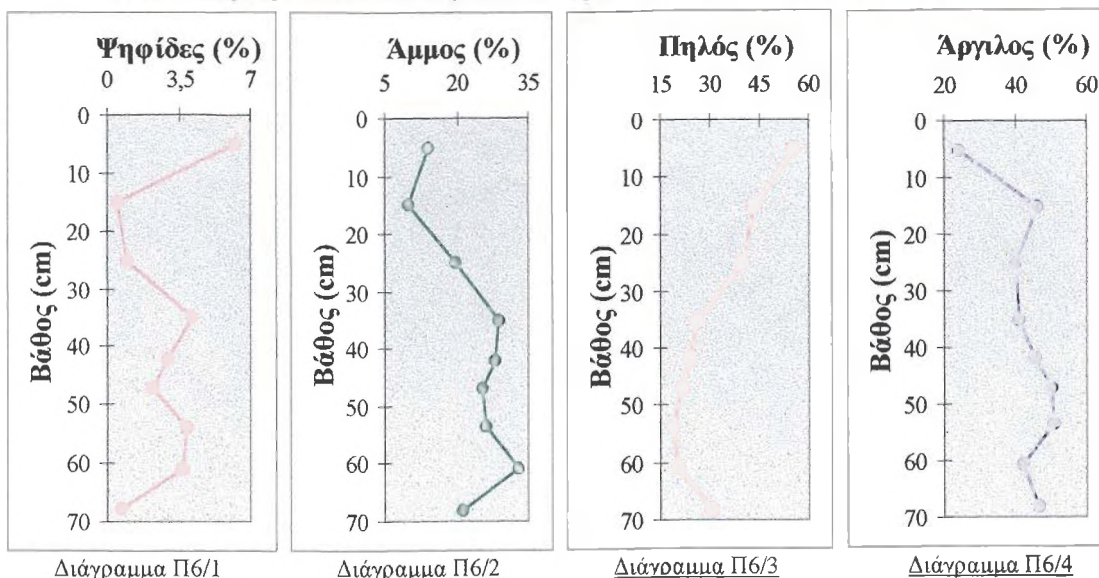
Οι τιμές του μέσου μεγέθους κυμαίνονται από 5.4-7.2 ϕ και η κατακόρυφη κατανομή του παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με αυτή της αργίλου, δηλώνοντας έτσι την εξάρτηση των δύο παραμέτρων. Οι τιμές της σταθερής απόκλισης κυμαίνονται από 2.3-4.0 ϕ και σύμφωνα με τη διάκριση κατά Folk & Ward (1957) το ίζημα χαρακτηρίζεται ως πολύ φτωχά διαβαθμισμένο έως εξαιρετικά φτωχά διαβαθμισμένο. Οι τιμές της λοξότητας κυμαίνονται από -1.1 έως -0.3 και εμφανίζουν σχέση ειδώλου αντικειμένου με αυτές της κύρτωσης. Τέλος, οι τιμές της κύρτωσης κυμαίνονται από 1.6-4.2.

Πίνακας Π6/1. Λιθολογικές τάξεις, στατιστικοί παράμετροι και λιθολογικοί χαρακτήρες του Πυρήνα 6.

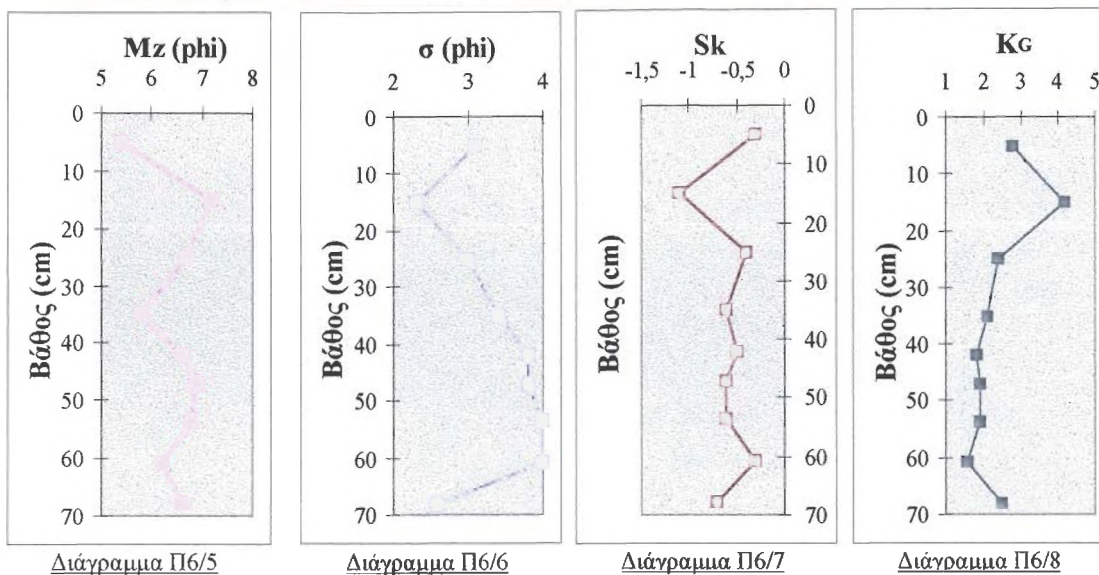
Βάθος	Ψηφίδες (%)	Άμμος (%)	Πηλός (%)	Αργίλος (%)	Mz (ϕ)	σ (ϕ)	Sk	K _G	Λιθολογικοί χαρακτήρες
0-10	6.3	13.9	55.8	24.0	5.4	3.1	-0.3	2.8	gM
10-20	0.5	10.0	43.6	46.4	7.2	2.3	-1.1	4.2	(g)M
20-30	1.0	19.5	40.0	40.2	6.7	3.0	-0.4	2.4	(g)M
30-40	4.2	28.5	26.3	41.0	5.8	3.4	-0.6	2.1	(g)M
40-44	3.0	27.8	23.7	45.4	6.6	3.8	-0.5	1.8	(g)M
44-50	2.3	25.2	21.8	50.5	6.9	3.8	-0.6	1.9	(g)M
50-57.2	3.9	25.9	18.7	51.0	6.8	4.0	-0.6	1.9	(g)M
57.2-64.4	3.7	32.9	20.3	42.3	6.2	4.0	-0.3	1.6	(g)M
64.4-71.5	0.7	21.3	30.4	46.7	6.6	2.6	-0.7	2.5	(g)M

⁵ Σχετικά για τον Πυρήνα 6: Πίνακας Π6/1, Διαγράμματα Π6/1-Π6/8.

Κατανομές των λιθολογικών ιζημάτων του Πυρήνα 6 με το βάθος.



Κατανομές των στατιστικών παραμέτρων του Πυρήνα 6 με το βάθος.



1.2.6 Πυρήνας 7

Ο Πυρήνας 7⁶ παρουσιάζει λιθολογική ανομοιογένεια και σύμφωνα με το λιθολογικό χαρακτήρα των ιζημάτων (Folk, 1974) αποτελείται από στρώμα αμμούχου αργίλου, ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος, ελαφρά ψηφιδούχου ιλυούχου άμμου και ψηφιδούχου ιλυούχου άμμου. Το ποσοστό των ψηφίδων στον Πυρήνα 7

⁶ Σχετικά για Πυρήνα 7: Πίνακας Π7/1 και Διαγράμματα Π7/1-Π7/8.

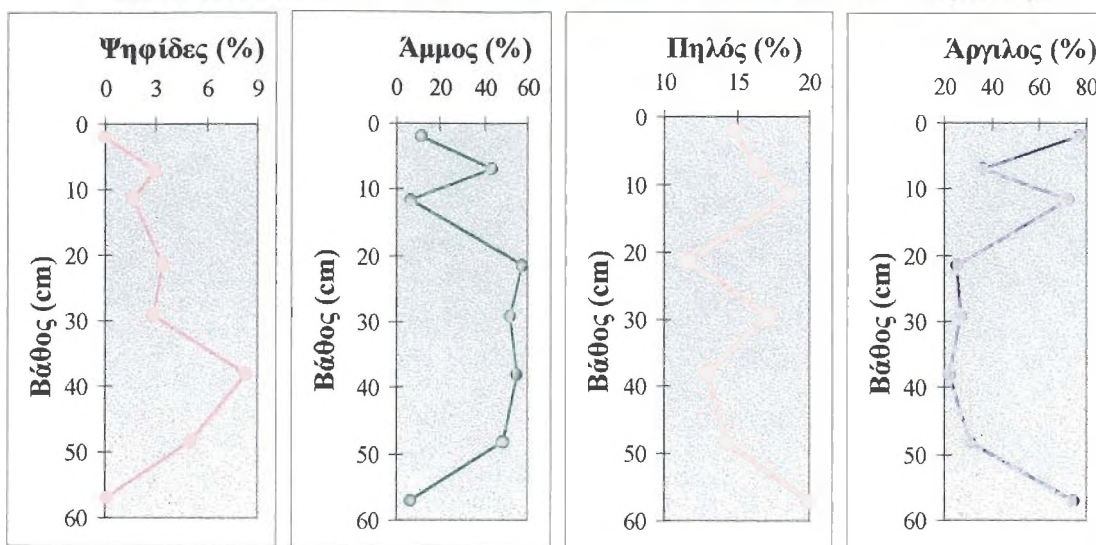
κυμαίνεται από 0-8.3%. Παρουσιάζει τάση αύξησης με το βάθος εκτός από το τελευταίο στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ύψος (55-58.8cm). Το ποσοστό της άμμου κυμαίνεται από 6.4-57.3%. Τα υψηλότερα ποσοστά άμμου διαπιστώθηκαν στα στρώματα ελαφράς ψηφιδούχου υλούχου άμμου και ψηφιδούχου υλούχου άμμου (20-50cm). Το ποσοστό του πηλού βρέθηκε να είναι μεταξύ 11.7% και 20% και παρουσιάζει σχέση ειδώλου αντικειμένου με αυτό της άμμου. Το ποσοστό της αργίλου βρέθηκε να είναι μεταξύ 22.4% και 77.1%. και παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με αυτό του πηλού.

Οι τιμές του μέσου μεγέθους κυμαίνονται από 4.3-8.8 ϕ με την ελάχιστη τιμή να σχετίζεται με την υψηλή παρουσία της άμμου (στρώμα ψηφιδούχου υλούχου άμμου). Η κατακόρυφη κατανομή του Mz παρουσιάζει αξιοσημείωτη ομοιότητα με αυτή του ποσοστού της αργίλου, στοιχείο που δηλώνει την εξάρτηση του μέσου μεγέθους των κόκκων από το ποσοστό της αργίλου. Οι τιμές της σταθερής απόκλισης κυμαίνονται από 2.6-3.8 ϕ και σύμφωνα με τη διάκριση κατά Folk & Ward (1957) το ίζημα χαρακτηρίζεται ως πολύ φτωχά διαβαθμισμένο. Οι τιμές της λοξότητας κυμαίνονται από -1.9 έως 0.5. Τα στρώματα της ελαφρά ψηφιδούχου υλούχου άμμου και ψηφιδούχου υλούχου άμμου παρουσιάζουν θετική λοξότητα, σε αντίθεση με τα στρώματα της αμμούχου αργίλου και της ελαφρά ψηφιδούχου ύψος που παρουσιάζουν κάποιες ακραίες αρνητικές τιμές λοξότητας. Οι τιμές της κύρτωσης κυμαίνονται από 1.6-6.5 και παρουσιάζουν σχέση ειδώλου αντικειμένου με αυτές της λοξότητας.

Πίνακας Π7/1. Λιθολογικές τάξεις, στατιστικοί παράμετροι και λιθολογικοί χαρακτήρες του Πυρήνα 7.

Βάθος	Ψηφίδες (%)	Άμμος (%)	Πηλός (%)	Αργίλος (%)	Mz (ϕ)	σ (ϕ)	Sk	K _c	Λιθολογικοί χαρακτήρες
0-4	0.0	11.7	14.8	77.1	8.6	2.8	-1.3	3.3	sC
4-10	3.0	43.8	16.3	36.4	5.4	3.7	0.0	1.6	(g)M
10-13	1.6	6.8	18.7	72.0	8.8	2.7	-1.9	6.5	(g)M
20-23	3.4	57.3	11.7	25.4	4.6	3.7	0.5	1.9	(g)mS
27.5-31	2.9	51.4	17.2	27.3	5.1	3.6	0.4	1.8	(g)mS
36-40	8.3	55.4	13.1	22.4	4.3	3.8	0.5	2.1	gmS
46.5-50	5.0	48.8	14.3	30.4	5.0	3.7	0.2	1.7	gmS
55-58.8	0.1	6.4	20.0	74.6	8.7	2.6	-1.5	4.2	(g)M

Κατανομές των λιθολογικών τάξεων του Πυρήνα 7 με το βάθος.



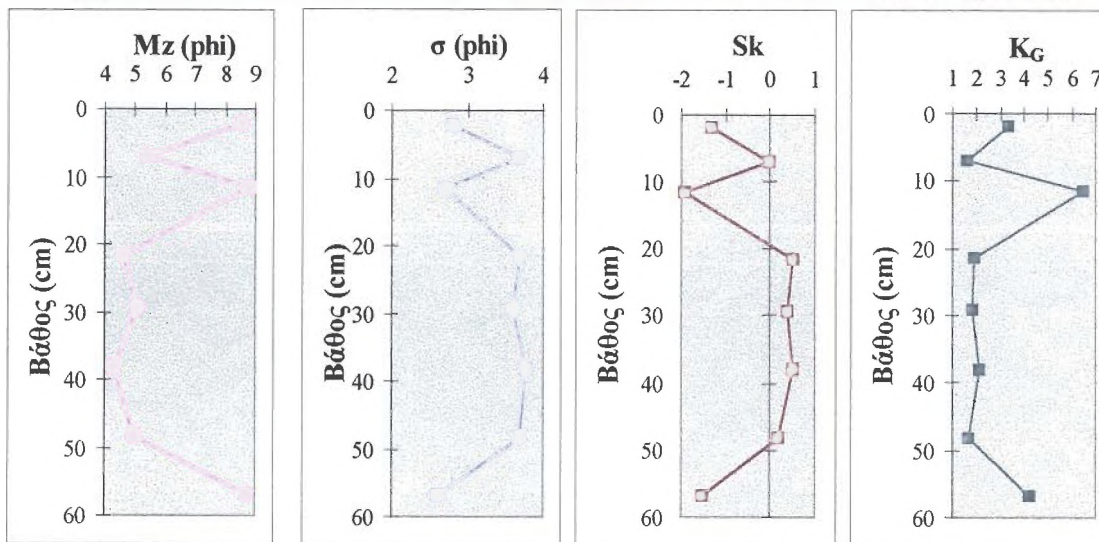
Διάγραμμα Π7/1

Διάγραμμα Π7/2

Διάγραμμα Π7/3

Διάγραμμα Π7/4

Κατανομές των στατιστικών παραμέτρων του Πυρήνα 7 με το βάθος.



Διάγραμμα Π7/5

Διάγραμμα Π7/6

Διάγραμμα Π7/7

Διάγραμμα Π7/8

2. Γεωχημεία

Η γεωχημική ανάλυση των δειγμάτων των ιζημάτων έγινε με ολική διάσπαση των ιζημάτων και προσδιορισμός των χημικών στοιχείων με φλογοφασματομετρία (μέθοδος της ατομικής απορρόφησης). Η χημική σύνθεση ανά δείγμα που αναλύθηκε συνοψίζεται στον Πίνακα 14.

Πίνακας 14. Χημική σύνθεση των επιφανειακών και υποεπιφανειακών ιζημάτων της περιοχής έρευνας (λιμνοθάλασσα Πάπα)^a.

Δείγμα	Βάθος (cm)	Λιθολ. Χαρακ.	Al	Fe	Si	C _{org}	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
1/1	0-5	gM	1.37	3.04	3.85	3.85	2	295	33	497	32	22	68
1/2	10-15	(g)M	1.51	3.10	4.26	3.42	μ.α. ^b	352	35	527	31	18	72
1/3	20-30	(g)M	1.22	2.95	2.90	2.97	2	337	32	495	32	17	73
1/4	30-40	(g)M	1.27	2.87	2.57	2.52	μ.α.	289	30	519	28	15	68
1/5	40-50	(g)M	1.16	2.96	2.37	2.11	μ.α.	275	27	538	26	μ.α.	75
1/6	50-60	(g)M	1.07	2.92	2.22	2.02	μ.α.	221	31	549	27	11	77
1/7	60-70	(g)M	1.11	2.58	3.03	1.39	μ.α.	187	21	605	24	μ.α.	81
2/1	0-10	gmS	1.21	1.54	8.36	1.28	μ.α.	152	19	777	17	17	102
2/3	10-20	gmS	1.16	1.49	7.57	1.24	μ.α.	110	14	792	13	12	129
2/2	30-40	msG	1.24	1.57	8.10	1.32	μ.α.	139	15	809	15	15	115
3/1	0-12	gS	1.14	2.47	6.64	2.59	μ.α.	217	23	654	19	16	87
4/1	0-15	gS	1.05	2.32	5.86	2.38	μ.α.	235	25	692	21	15	83
4/2	25-27	gS	1.02	2.13	5.51	2.27	μ.α.	196	21	713	22	12	95
4/3	27-31.5	(g)M	1.08	2.25	5.09	2.41	μ.α.	177	17	709	18	14	102
5/1	10-20	gS	1.78	3.97	3.74	4.29	4	328	35	452	34	27	52
5/2	20-30	?	1.90	3.98	4.72	4.35	μ.α.	305	32	444	32	19	60
5/3	30-40	(g)S	1.19	3.85	3.03	4.25	μ.α.	292	28	459	30	22	55
5/4	40-50	gS	1.39	3.71	2.74	3.97	μ.α.	268	31	468	28	24	64
6/1	0-10	gM	1.21	2.79	3.72	2.98	μ.α.	273	29	509	29	18	72
6/2	10-20	(g)M	1.08	2.85	3.59	2.85	μ.α.	254	25	497	25	15	77
6/3	20-30	(g)M	1.02	2.62	5.77	3.01	μ.α.	225	27	525	26	9	85
6/4	30-40	(g)M	1.13	2.77	5.55	2.80	μ.α.	234	20	519	22	11	87
6/5	40-44	(g)M	1.05	2.58	3.96	2.75	μ.α.	229	21	531	20	μ.α.	97
6/6	44-50	(g)M	1.01	2.47	3.64	2.79	μ.α.	217	26	542	18	μ.α.	89

a: Κύρια στοιχεία (Al, Fe, Si) και οργανικός άνθρακας (C_{org}) ως % του ξηρού βάρους. Βαρέα μέταλλα σε ppm.

b: Μη ανιχνεύσιμο.

2.1 Επιφανειακές κατανομές κύριων στοιχείων, οργανικού άνθρακα και βαρέων μετάλλων

Οι επιφανειακές κατανομές των κύριων στοιχείων (Fe, Al, Si), του οργανικού άνθρακα (C_{org}) και των βαρέων μετάλλων (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn), που ανιχνεύθηκαν με την ολική διάσπαση των δειγμάτων των ιζημάτων από κάθε σταθμό (εκτός του 5, για τον οποίο δεν υπάρχει επιφανειακό δείγμα και του 7, για τον οποίο δεν έγιναν γεωχημικές αναλύσεις) συνοψίζονται στον Πίνακα 15.

Πίνακας 15. Χημική σύνθεση των επιφανειακών παράκτιων ιζημάτων^a της περιοχής έρευνας.

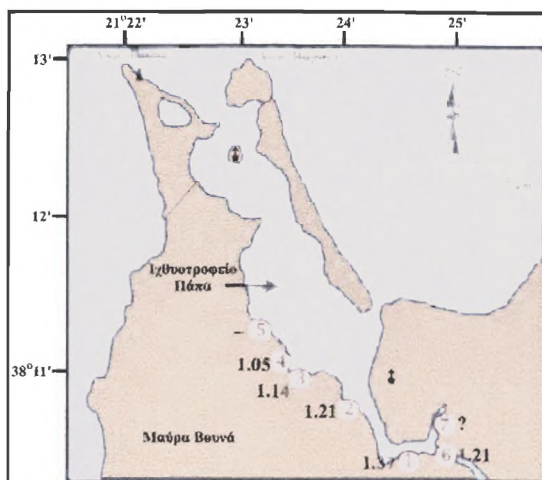
Σταθμός	Al	Fe	Si	C _{org}	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
1	1.37	3.04	3.85	3.85	2	295	33	497	32	22	68
2	1.21	1.54	8.36	1.28	μ.α. ^b	152	19	777	17	17	102
3	1.14	2.47	6.64	2.59	μ.α.	217	23	654	19	16	87
4	1.05	2.32	5.86	2.38	μ.α.	235	25	692	21	15	83
6	1.21	2.79	3.72	2.98	μ.α.	273	29	509	29	18	72

a: Κύρια στοιχεία και οργανικός άνθρακας ως % του ξηρού βάρους του δείγματος (κάθε δείγμα για διάσπαση περίπου 0.1gr). Βαρέα μέταλλα σε ppm.

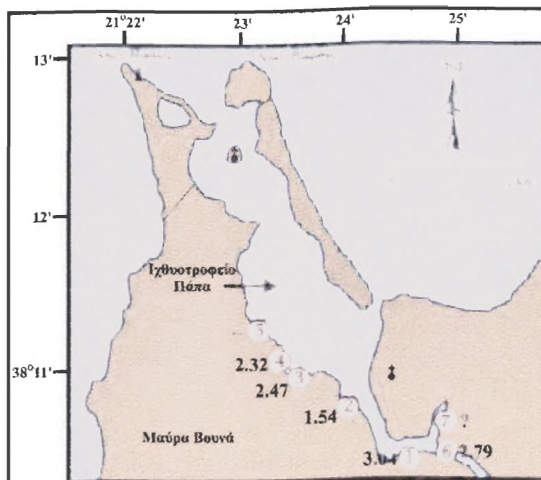
b: Μη ανιχνεύσιμο.

2.1.1 Επιφανειακές κατανομές κύριων στοιχείων

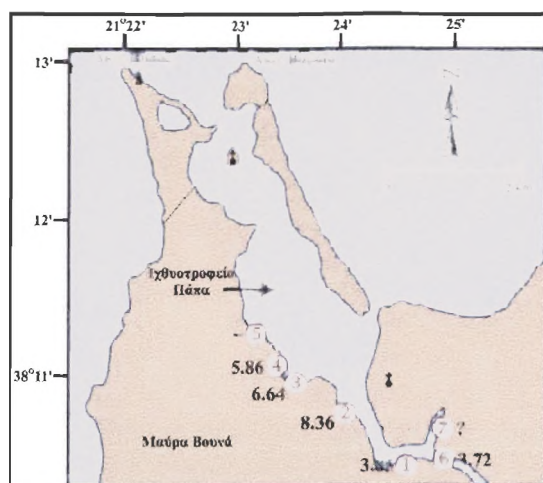
Το Al κυμαίνεται από 1.05-1.37% (Πιν.15). Το κυριότερο χαρακτηριστικό της επιφανειακής κατανομής του αργιλίου (Al) είναι ότι τα ποσοστά του μειώνονται απομακρυνόμενοι προς Βορρά και προς το μυχό της λιμνοθάλασσας (Χάρτης 9). Ο σίδηρος (Fe) κυμαίνεται από 1.54-3.97% (Πιν.15). Το πυρίτιο (Si) κυμαίνεται από 3.72 και 8.36% (Πιν.15) και οι μεγαλύτερες τιμές του παρατηρούνται στους κεντρικούς σταθμούς του δικτύου δειγματοληψίας, 2, 3 και 4, με μέγιστη αυτή του Σταθμού 2 (Χάρτης 11).



Χάρτης 9. Επιφανειακή κατανομή αργιλίου (Al) (ως % ξηρού βάρους).



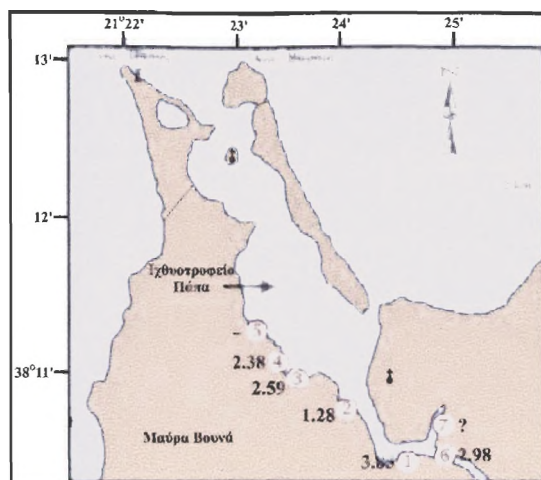
Χάρτης 10. Επιφανειακή κατανομή σιδήρου (Fe) (ως % ξηρού βάρους).



Χάρτης 11. Επιφανειακή κατανομή πυριτίου (Si) (ως % ξηρού βάρους).

2.1.2 Επιφανειακή κατανομή οργανικού άνθρακα

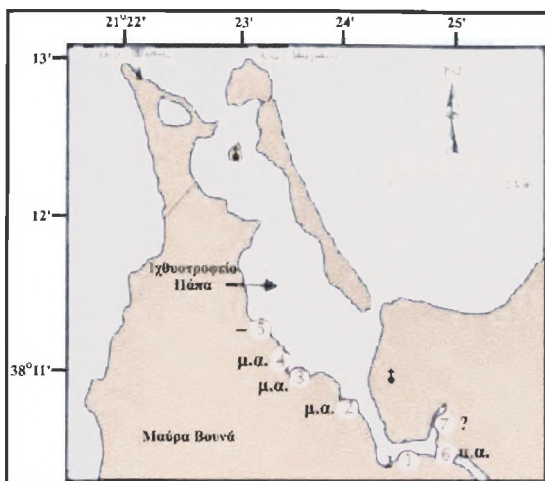
Ο οργανικός άνθρακας (C_{org}) βρίσκεται μεταξύ 1.28 και 4.29% (Πιν.15). Η μικρότερη τιμή του εμφανίζεται στο Σταθμό 2, ενώ αυξημένα ποσοστά διαπιστώνονται τόσο στις Δυτικές ακτές, όσο και στο μυχό της λιμνοθάλασσας (Χάρτης 12).



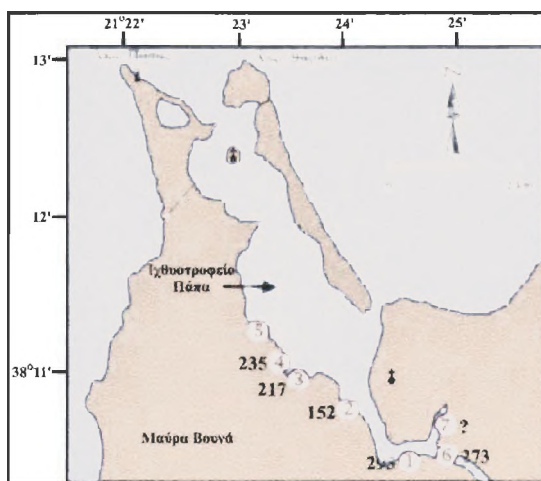
Χάρτης 12. Επιφανειακή κατανομή του οργανικού άνθρακα (C_{org}) (ω% ξηρού βάρους).

2.1.3 Επιφανειακές κατανομές βαρέων μετάλλων

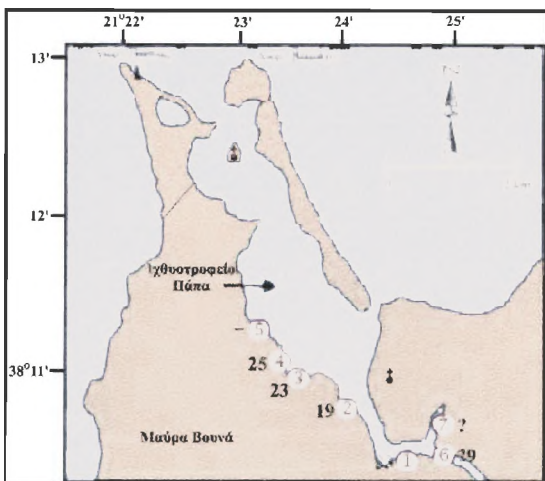
Το κάδμιο (Cd) των επιφανειακών ιζημάτων βρέθηκε σε ανιχνεύσιμες συγκεντρώσεις μόνο στο Σταθμό 1 (2ppm) (Πιν.15, Χάρτης 13). Το χρώμιο (Cr) κυμαίνεται από 152 έως 328ppm (Πιν.15). Η μικρότερη συγκέντρωσή του παρατηρείται στον Σταθμό 2, προς τα κατόντι του οποίου αρχίζουν να αυξάνονται. Ο χαλκός (Cu) βρίσκεται σε συγκεντρώσεις από 19-35ppm (Πιν.15) και η επιφανειακή του κατανομή μοιάζει με αυτή του χρωμίου. Το μαγγάνιο (Mn) κυμαίνεται μεταξύ 452 και 777ppm (Πιν.15). Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του Mn φαίνεται να είναι στις κεντρο-Δυτικές ακτές της περιοχής έρευνας (Σταθμοί 2,3,4). Το νικέλιο (Ni) κυμαίνεται από 17-34ppm (Πιν.15) και η επιφανειακή του κατανομή μοιάζει με αυτή του χρωμίου και του χαλκού. Οι συγκεντρώσεις του μολύβδου (Pb) κυμαίνονται από 15-27ppm (Πιν.15). Η μικρότερη συγκέντρωσή του παρατηρείται στο Σταθμό 4, του οποίου τα επιφανειακά ιζήματα αποτελούνται από ψηφιδούχο άμμο. Τέλος, ο ψευδάργυρος (Zn) κυμαίνεται από 52 έως 102ppm (Πιν.15). Η επιφανειακή κατανομή του δε, μοιάζει με αυτή του Mn.



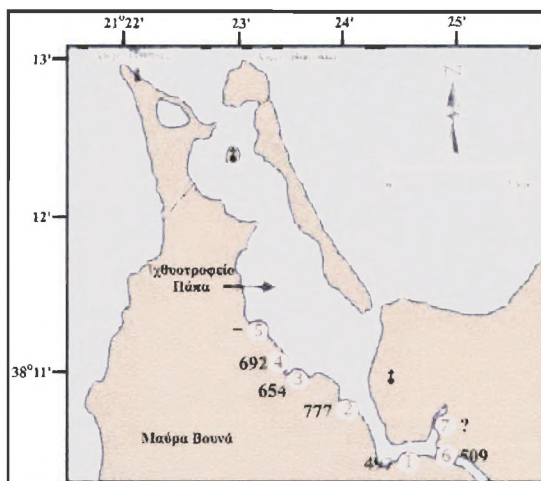
Χάρτης 13. Επιφανειακή κατανομή καδμίου (Cd) (σε ppm).



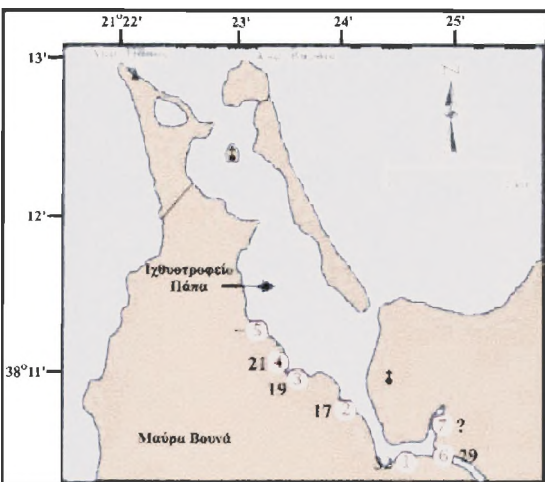
Χάρτης 14. Επιφανειακή κατανομή χρωμίου (Cr) (σε ppm).



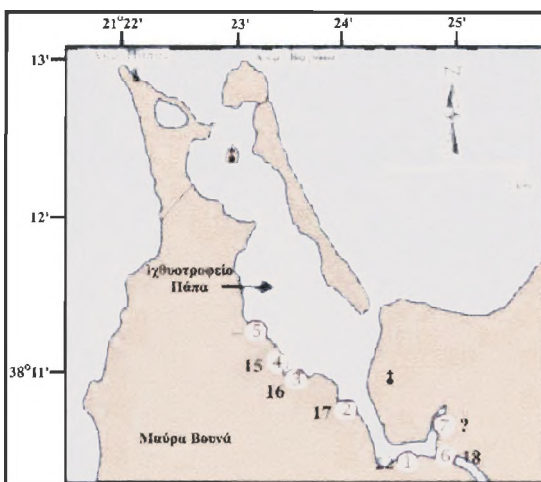
Χάρτης 15. Επιφανειακή κατανομή χαλκού (Cu) (σε ppm).



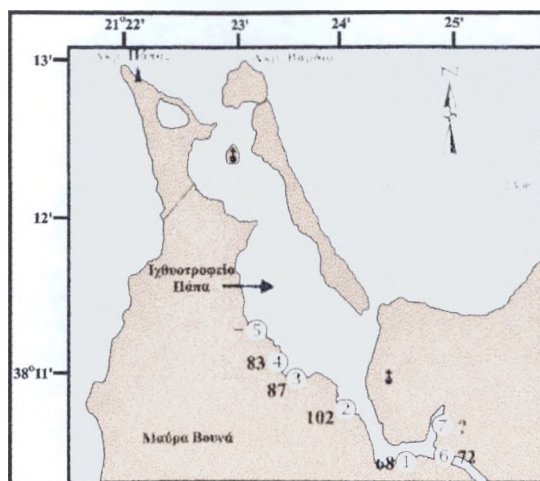
Χάρτης 16. Επιφανειακή κατανομή μαγγανίου (Mn) (σε ppm).



Χάρτης 17. Επιφανειακή κατανομή νικελίου (Ni) (σε ppm).



Χάρτης 18. Επιφανειακή κατανομή μολύβδου (Pb) (σε ppm).



Χάρτης 19. Επιφανειακή κατανομή ψευδαργύρου (Zn) σε (ppm).

2.2 Κατακόρυφες κατανομές κύριων στοιχείων, οργανικού άνθρακα και βαρέων μετάλλων με το βάθος

2.2.1 Πυρήνας 1

Στον Πυρήνα 1¹ το **αργίλιο (Al)** κυμαίνεται από 1.07-1.51%. Ο **σίδηρος (Fe)** βρίσκεται μεταξύ 2.58 και 3.1%. Η κατανομή του με το βάθος εμφανίζει αύξηση μεταξύ του επιφανειακού στρώματος της ψηφιδούχου ιλύος και του υποεπιφανειακού της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος. Από εκεί εμφανίζει γενικά μείωση με το βάθος, εκτός από τα 40-50cm όπου δεν έχει οριστεί ο λιθολογικός χαρακτήρας. Το τελευταίο από τα κύρια στοιχεία του Πυρήνα 1, το **πυρίτιο (Si)**, κυμαίνεται από 2.22-4.26% και γενικά παρουσιάζει τάση μείωσης με το βάθος, εκτός από το στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος των 10-15cm και 60-70cm.

Ο **οργανικός άνθρακας (C_{org})** κυμαίνεται από 1.39 έως 3.85%, εμφανίζοντας σαφή τάση μείωση με το βάθος.

Από τα βαρέα μέταλλα, το **κάδμιο (Cd)** ανιχνεύθηκε στο επιφανειακό στρώμα της ψηφιδούχου ιλύος και στο στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος (βάθος 20-30cm). Και στα δύο αυτά στρώματα η συγκέντρωση του Cd είναι 2ppm. Το **χρόμιο (Cr)** κυμαίνεται από 187-352ppm. Γενικά, εμφανίζει τάση μείωσης με το βάθος, εκτός από το επιφανειακό στρώμα της ψηφιδούχου ιλύος. Ο **χαλκός (Cu)**

¹ Σχετικά για Πυρήνα 1: Πίνακας Π1/2 και Διαγράμματα Π1/9-Π1/19.

βρίσκεται μεταξύ 21 και 35ppm. Το μαγγάνιο (Mn) κυμαίνεται από 495-605ppm. Γενικά παρουσιάζει τάση αύξησης με το βάθος, εκτός από το στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος (βάθος 20-30cm), όπου μειώνεται κατά 32ppm. Το νικέλιο (Ni) κυμαίνεται από 24 έως 32ppm. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του εμφανίζονται στα πρώτα 30cm, στα στρώματα της ψηφιδούχου ιλύος και της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος. Ο μόλυβδος (Pb) κυμαίνεται από 11-22ppm και εμφανίζει τάση μείωσης με το βάθος. Στο βάθος των 40-50cm για το οποίο δεν έχει καθοριστεί λιθολογικός χαρακτήρας δεν ανιχνεύθηκε Pb. Το ίδιο συμβαίνει και για το τελευταίο στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος. Τέλος, ο ψευδάργυρος (Zn) κυμαίνεται μεταξύ 68 και 81ppm. Γενικά παρουσιάζει τάση αύξησης με το βάθος, εκτός από το στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος, όπου και μειώνεται κατά 5ppm. Η κατανομή του φαίνεται να μοιάζει με αυτή του Mn.

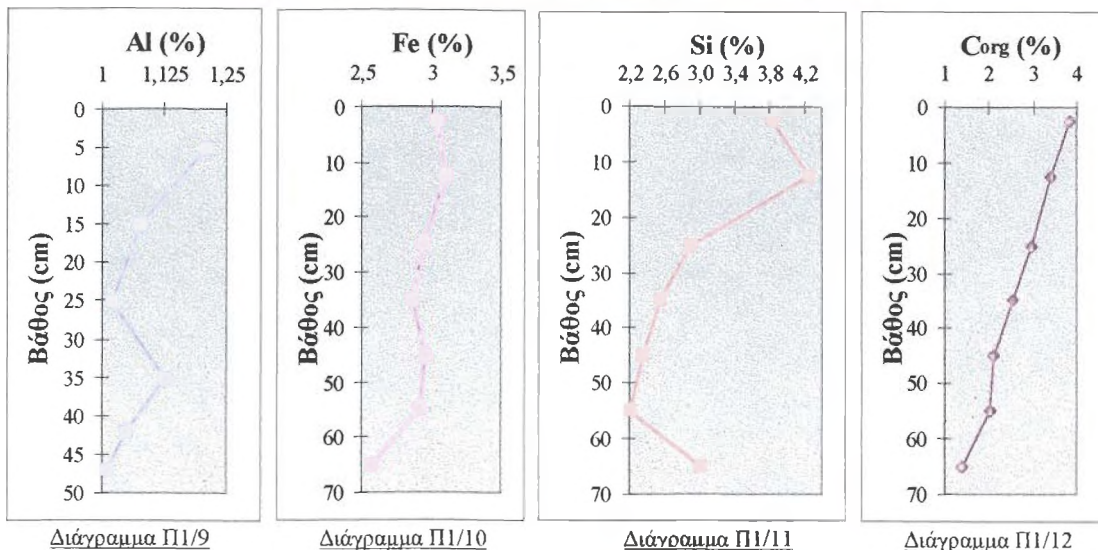
Πίνακας Π1/2. Συγκεντρώσεις κύριων στοιχείων, οργανικού άνθρακα και βαρέων μετάλλων του Πυρήνα 1^a.

Βάθος	Al	Fe	Si	C _{org}	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
0-5	1.37	3.04	3.85	3.85	2	295	33	497	32	22	68
10-15	1.51	3.10	4.26	3.42	μ.α. ^b	352	35	527	31	18	72
20-30	1.22	2.95	2.90	2.97	2	337	32	495	32	17	73
30-40	1.27	2.87	2.57	2.52	μ.α.	289	30	519	28	15	68
40-50	1.16	2.96	2.37	2.11	μ.α.	275	27	538	26	μ.α.	75
50-60	1.07	2.92	2.22	2.02	μ.α.	221	31	549	27	11	77
60-70	1.11	2.58	3.03	1.39	μ.α.	187	21	605	24	μ.α.	81

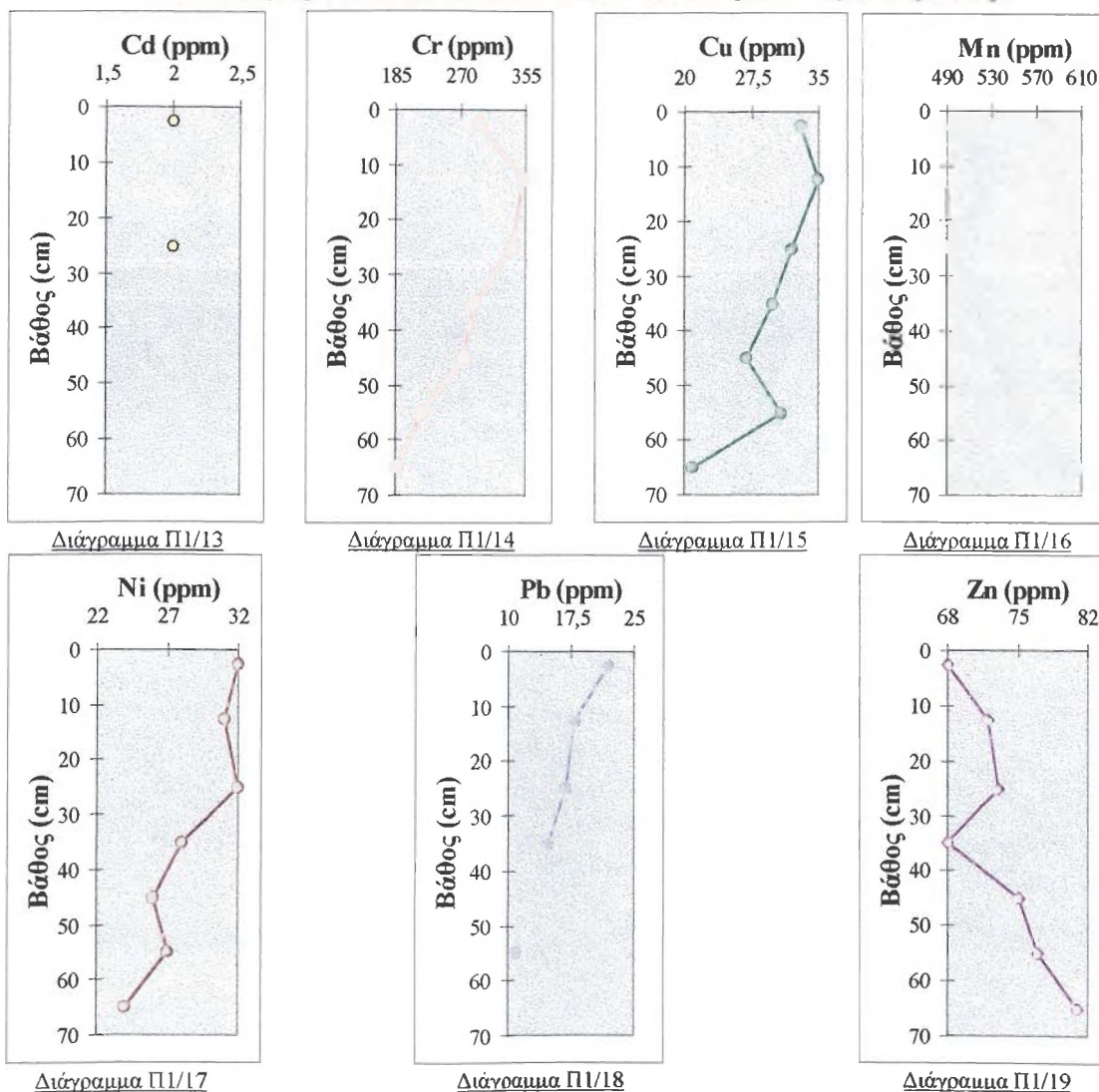
a: Κύρια στοιχεία και οργανικός άνθρακας ως % του ξηρού βάρους του δείγματος (κάθε δείγμα για διάσπαση περίπου 0.1gr). Βαρέα μέταλλα σε ppm.

b: Μη ανιχνεύσιμο.

Κατανομές των κίρκων στο χείμαυρο του οργανικού άνθρακα του Πυρήνα 1 με το βάθος.



Κατανομές των βαρέων μετάλλων του Πυρήνα 1 με το βάθος.



2.2.2 Πυρήνας 2

Στον Πυρήνα 2² το αργίλιο (Al) κυμαίνεται από 1.16-1.24%. Ο σίδηρος (Fe) βρίσκεται μεταξύ 1.49 και 1.57%. Η κατανομή του με το βάθος φαίνεται να μοιάζει με αυτή του Al. Το πυρίτιο (Si) κυμαίνεται από 7.57-8.36% και η κατακόρυφη κατανομή του με το βάθος φαίνεται ότι μοιάζει με αυτές των δύο προηγούμενων κύριων στοιχείων.

Ο οργανικός άνθρακας (C_{org}) κυμαίνεται από 1.24 έως 1.32%, ακολουθώντας τις κατανομές των κύριων στοιχείων με το βάθος.

Όσον αφορά τα βαρέα μέταλλα, το κάδμιο (Cd) δεν ανιχνεύθηκε στον Πυρήνα 2. Το χρώμιο (Cr) κυμαίνεται από 110-152ppm. Ο χαλκός (Cu) κυμαίνεται μεταξύ 14 και 19ppm. Η κατανομή του παρουσιάζει αύξηση στο στρώμα της ψηφιδούχου ιλυούχου άμμου και αύξηση κατά 1ppm στο στρώμα των ιλυούχων αμμούχων ψηφίδων. Το μαγγάνιο (Mn) κυμαίνεται από 777-809ppm και παρουσιάζει τάση αύξησης με το βάθος. Το νικέλιο (Ni) κυμαίνεται μεταξύ 13 και 17ppm ακολουθώντας τις τάσεις της κατανομής του Cu. Ο μόλυβδος (Pb) κυμαίνεται από 12-17ppm και η κατανομή του με το βάθος μοιάζει με αυτές του Cu και Ni. Τέλος, ο ψευδάργυρος (Zn) κυμαίνεται μεταξύ 102 και 129ppm. Η κατανομή του Zn έχει σχέση ειδώλου αντικειμένου με αυτές των Cu, Ni και Pb.

Πίνακας Π2/2. Συγκεντρώσεις κύριων στοιχείων, οργανικού άνθρακα και βαρέων μετάλλων του Πυρήνα 2^a.

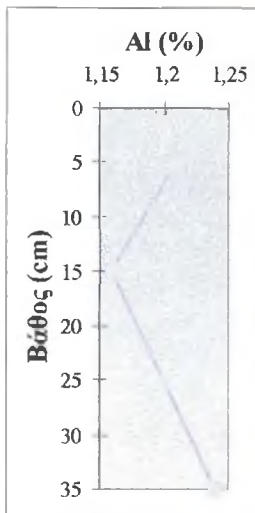
Βάθος	Al	Fe	Si	C _{org}	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
0-10	1.21	1.54	8.36	1.28	μ.α. ^b	152	19	777	17	17	102
10-20	1.16	1.49	7.57	1.24	μ.α.	110	14	792	13	12	129
30-40	1.24	1.57	8.10	1.32	μ.α.	139	15	809	15	15	115

a: Κύρια στοιχεία και οργανικός άνθρακας ως % του ξηρού βάρους του δείγματος (κάθε δείγμα για διάσπαση περίπου 0.1gr). Βαρέα μέταλλα σε ppm.

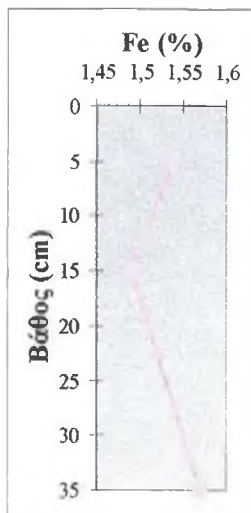
b: Μη ανιχνεύσιμο.

² Σχετικά για Πυρήνα 2: Πίνακας Π2/2, Διαγράμματα Π2/9-Π2/18.

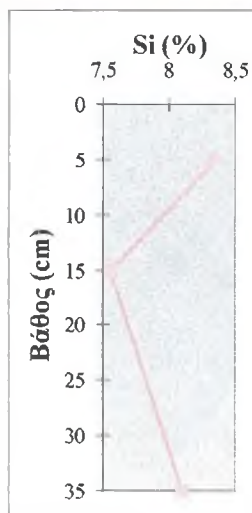
Κατανομές των κίτριων στοιχείων του οργανικού άνθρακα του Πυρήνα 2 με το βάθος.



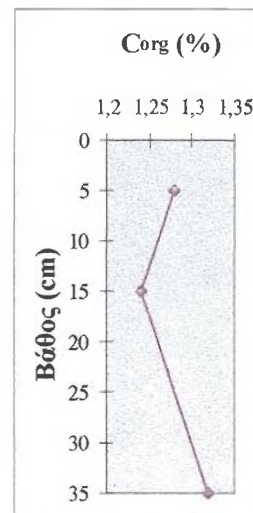
Διάγραμμα Π2/9



Διάγραμμα Π2/10

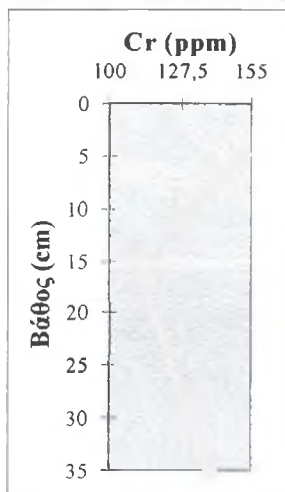


Διάγραμμα Π2/11

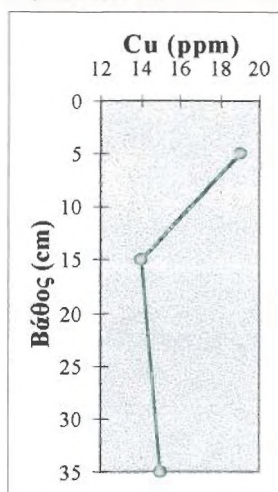


Διάγραμμα Π2/12

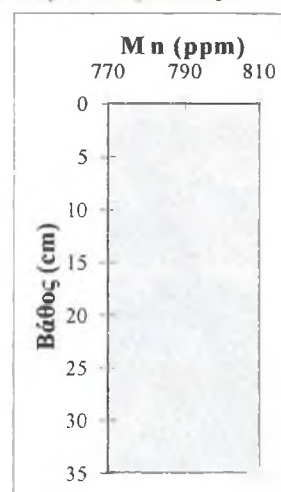
Κατανομές των χιμείων μετάλλων του Πυρήνα 2 με το βάθος.



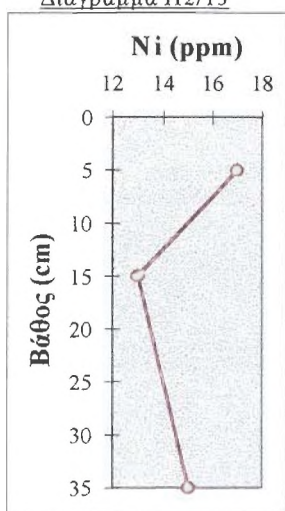
Διάγραμμα Π2/13



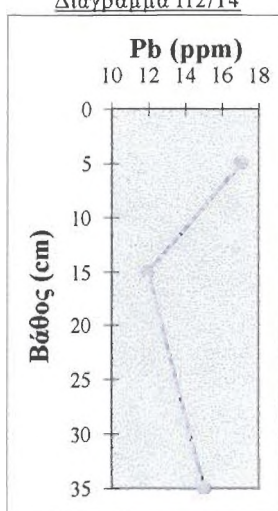
Διάγραμμα Π2/14



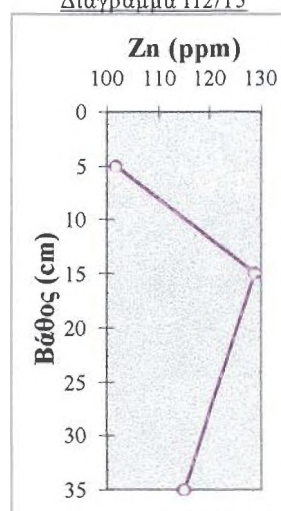
Διάγραμμα Π2/15



Διάγραμμα Π2/16



Διάγραμμα Π2/17



Διάγραμμα Π2/18

2.2.3 Πυρήνας 4

Στον Πυρήνα 4³ το αργίλιο (Al) κυμαίνεται από 1.02-1.08%, παρουσιάζοντας έτσι μικρές αυξομειώσεις. Ο σίδηρος (Fe) κυμαίνεται μεταξύ 2.13 και 2.32%. Η κατανομή του με το βάθος φαίνεται να μοιάζει με αυτή του Al. Το πυρίτιο (Si) κυμαίνεται από 5.09-5.86%, παρουσιάζοντας σαφή τάση μείωσης με το βάθος.

Ο οργανικός άνθρακας (C_{org}) κυμαίνεται από 2.27 έως 2.41%, ακολουθώντας τις κατανομές των δύο πρώτων κύριων στοιχείων (Al και Fe) με το βάθος.

Από τα βαρέα μέταλλα, το κάδμιο (Cd) δεν ανιχνεύθηκε στον Πυρήνα 4. Το χρώμιο (Cr) κυμαίνεται από 177-235ppm, εμφανίζοντας τάση μείωσης με το βάθος. Ο χαλκός (Cu) κυμαίνεται μεταξύ 17 και 25ppm. Η κατανομή του παρουσιάζει τάση μείωσης με το βάθος. Το μαγγάνιο (Mn) κυμαίνεται από 692-713ppm. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του εμφανίζονται στα υποεπιφανειακά στρώματα της ψηφιδούχου άμμου και ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος. Το νικέλιο (Ni) κυμαίνεται μεταξύ 18 και 22ppm, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του οποίου εμφανίζονται στο επιφανειακό και υποεπιφανειακό στρώμα της ψηφιδούχου άμμου. Ο μόλυβδος (Pb) κυμαίνεται από 12-15ppm. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του Pb εμφανίζονται στο επιφανειακό στρώμα της ψηφιδούχου άμμου και στο τελευταίο στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος. Τέλος, ο ψευδάργυρος (Zn) κυμαίνεται μεταξύ 83 και 102ppm και εμφανίζει τάση αύξησης με το βάθος.

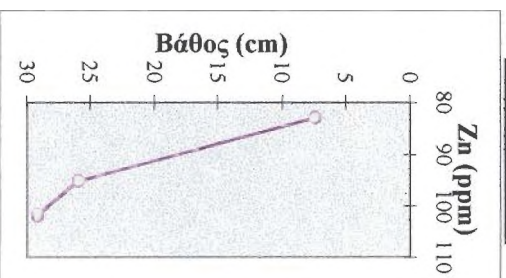
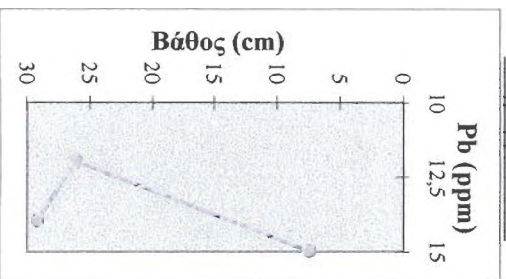
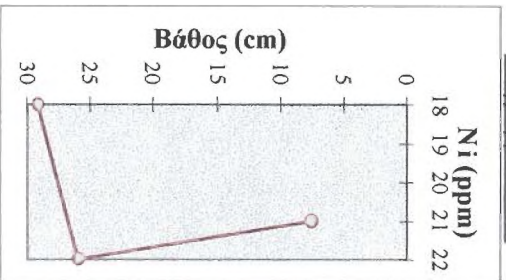
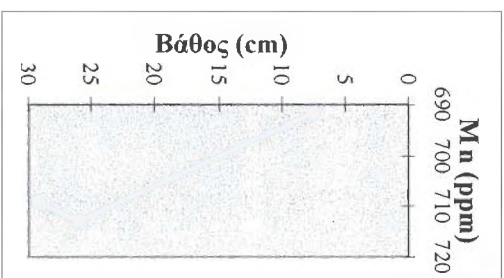
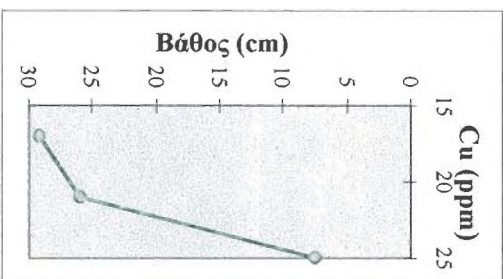
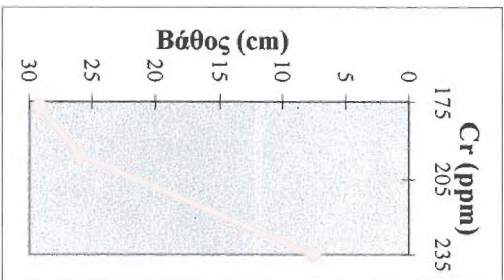
Πίνακας Π4/2. Συγκεντρώσεις κύριων στοιχείων, οργανικού άνθρακα και βαρέων μετάλλων του Πυρήνα 4^a.

Βάθος	Al	Fe	Si	C _{org}	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
0-15	1.05	2.32	5.86	2.38	μ.α. ^b	235	25	692	21	15	83
25-27	1.02	2.13	5.51	2.27	μ.α.	196	21	713	22	12	95
27-31.5	1.08	2.25	5.09	2.41	μ.α.	177	17	709	18	14	102

a: Κύρια στοιχεία και οργανικός άνθρακας ως % του ξηρού βάρους του δείγματος (κάθε δείγμα για διάσπαση περίπου 0.1gr). Βαρέα μέταλλα σε ppm.

b: Μη ανιχνεύσιμο.

³ Σχετικά για τον Πυρήνα 4: Πίνακας Π4/2, Διαγράμματα Π4/9-Π4/18



2.2.4 Πυρήνας 5

Στον Πυρήνα 5⁴ το αργίλιο (Al) κυμαίνεται από 1.19-1.90%, εμφανίζοντας συνεχείς αυξομειώσεις με το βάθος. Ο σίδηρος (Fe) κυμαίνεται μεταξύ 3.71 και 3.98% και γενικά παρουσιάζει τάση μείωσης με το βάθος. Το πυρίτιο (Si) κυμαίνεται από 2.74-4.72%, εμφανίζοντας γενικά τάση μείωσης με το βάθος, εκτός από μία αύξηση της τάξης του 0.8% μεταξύ του στρώματος της ψηφιδούχου άμμου και της ελαφρά ψηφιδούχου άμμου (βάθος 20-30cm).

Ο οργανικός άνθρακας (C_{org}) κυμαίνεται από 3.97 έως 4.35%, εμφανίζοντας αύξηση στο επιφανειακό στρώμα της ψηφιδούχου άμμου και μείωση στα υπόλοιπα υποεπιφανειακά στρώματα.

Από τα βαρέα μέταλλα, το κάδμιο (Cd) δεν ανιχνεύθηκε στον Πυρήνα 5, εκτός από το επιφανειακό στρώμα της ψηφιδούχου άμμου. Το χρώμιο (Cr) κυμαίνεται από 268-328ppm, εμφανίζοντας τάση μείωσης με το βάθος. Ο χαλκός (Cu) κυμαίνεται μεταξύ 28 και 35ppm. Η κατανομή του με το βάθος παρουσιάζει τάση μείωσης, εκτός από το τελευταίο στρώμα της ψηφιδούχου άμμου. Το μαγγάνιο (Mn) κυμαίνεται από 444-468ppm. Το νικέλιο (Ni) κυμαίνεται μεταξύ 28 και 34ppm και παρουσιάζει τάση μείωσης με το βάθος. Ο μόλυβδος (Pb) κυμαίνεται από 19-27ppm και η κατανομή του με το βάθος φαίνεται να μοιάζει με αυτή του Mn. Τέλος, ο ψευδάργυρος (Zn) κυμαίνεται μεταξύ 52 και 64ppm.

Πίνακας Π5/2. Συγκεντρώσεις κύριων στοιχείων, οργανικού άνθρακα και βαρέων μετάλλων του Πυρήνα 5^a.

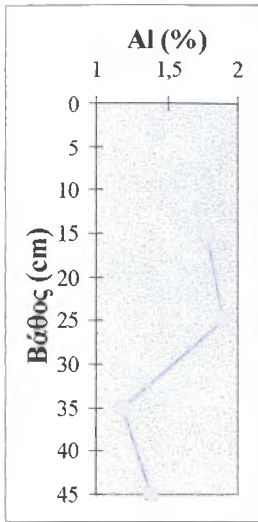
Βάθος	Al	Fe	Si	C _{org}	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
10-20	1.78	3.97	3.74	4.29	4	328	35	452	34	27	52
20-30	1.90	3.98	4.72	4.35	μ.α. ^b	305	32	444	32	19	60
30-40	1.19	3.85	3.03	4.25	μ.α.	292	28	459	30	22	55
40-50	1.39	3.71	2.74	3.97	μ.α.	268	31	468	28	24	64

a: Κύρια στοιχεία και οργανικός άνθρακας ως % του ξηρού βάρους του δείγματος (κάθε δείγμα για διάσπαση περίπου 0.1gr). Βαρέα μέταλλα σε ppm.

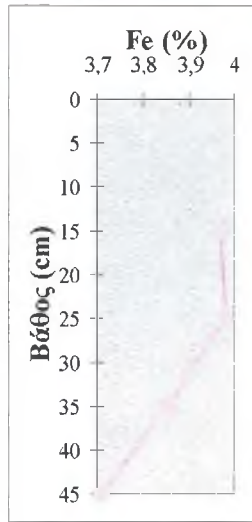
b: Μη ανιχνεύσιμο.

⁴ Σχετικά για τον Πυρήνα 5: Πίνακας 5/2, Διαγράμματα Π5/9-Π5/18.

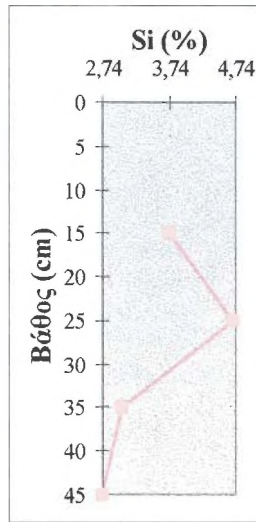
Κατανομές των κύριων στοιχείων και του οργανικού άνθρακα του Πυρήνα 5 με το βάθος.



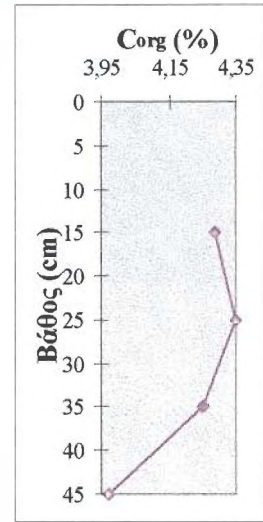
Διάγραμμα Π5/9



Διάγραμμα Π5/10

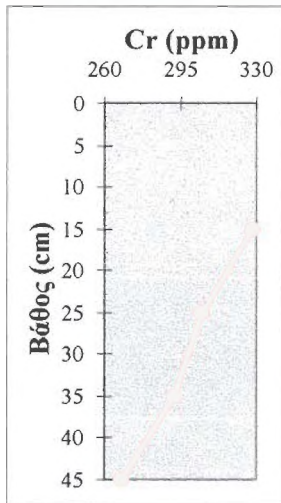


Διάγραμμα Π5/11

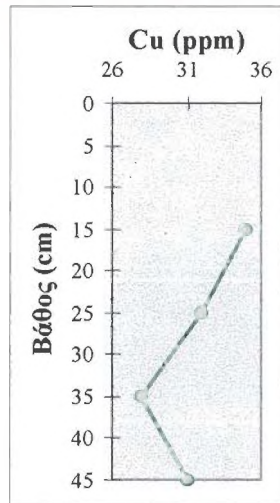


Διάγραμμα Π5/12

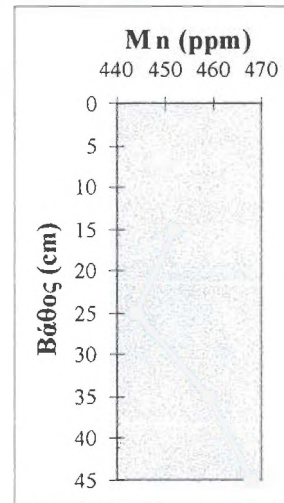
Κατανομές των βαρέων μετάλλων του Πυρήνα 5 με το βάθος.



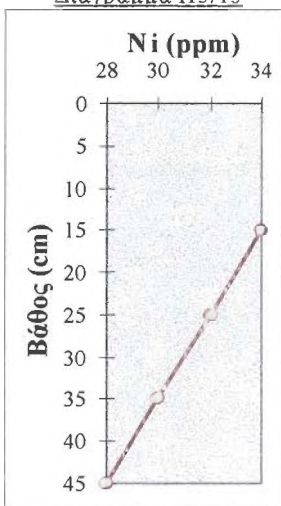
Διάγραμμα Π5/13



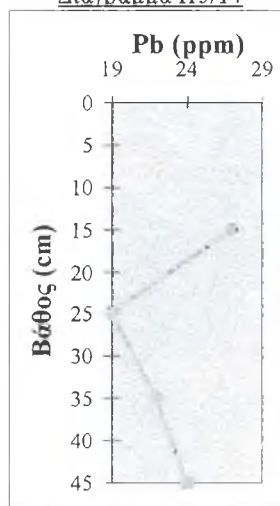
Διάγραμμα Π5/14



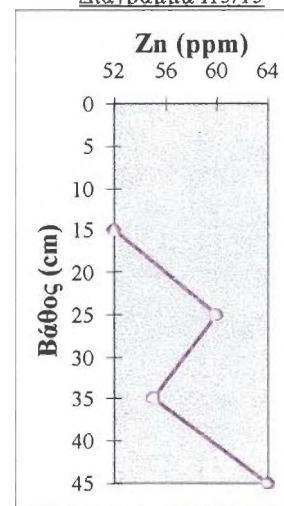
Διάγραμμα Π5/15



Διάγραμμα Π5/16



Διάγραμμα Π5/17



Διάγραμμα Π5/18

2.2.5 Πυρήνας 6

Στον Πυρήνα 6⁵ το αργίλιο (Al) κυμαίνεται από 1.01-1.21%. Ο σίδηρος (Fe) κυμαίνεται μεταξύ 2.47 και 2.85%. Το πυρίτιο (Si) κυμαίνεται από 3.59-5.77%.

Ο οργανικός άνθρακας (C_{org}) κυμαίνεται από 2.75 έως 3.01%.

Από τα βαρέα μέταλλα, το κάδμιο (Cd) δεν ανιχνεύθηκε στον Πυρήνα 6. Το χρώμιο (Cr) κυμαίνεται από 217-273ppm, εμφανίζοντας γενικά τάση μείωσης με το βάθος, εκτός από το στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος (βάθος 30-40cm). Ο χαλκός (Cu) κυμαίνεται μεταξύ 20 και 29ppm. Το μαγγάνιο (Mn) κυμαίνεται από 497-542ppm. Το νικέλιο (Ni) κυμαίνεται μεταξύ 18 και 29ppm και γενικά παρουσιάζει τάση μείωσης με το βάθος, εκτός από το στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος στο βάθος 20-30cm. Ο μόλυβδος (Pb) κυμαίνεται από 9-18ppm. Η κατανομή του γενικά παρουσιάζει τάση μείωσης με το βάθος, εκτός από το στρώμα της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος στα 30-40cm. Από το βάθος των 40cm έως των 50cm δεν ανιχνεύθηκαν συγκεντρώσεις μολύβδου. Τέλος, ο ψευδάργυρος (Zn) κυμαίνεται μεταξύ 72 και 97ppm και παρουσιάζει τάση αύξησης με το βάθος, εκτός του τελευταίου στρώματος της ελαφρά ψηφιδούχου ιλύος.

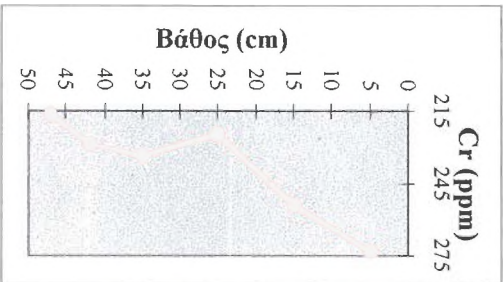
Πίνακας Π6/2. Συγκεντρώσεις κύριων στοιχείων, οργανικού άνθρακα και βαρέων μετάλλων του Πυρήνα 6^a.

Βάθος	Al	Fe	Si	C _{org}	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
0-10	1.21	2.79	3.72	2.98	μ.α. ^b	273	29	509	29	18	72
10-20	1.08	2.85	3.59	2.85	μ.α.	254	25	497	25	15	77
20-30	1.02	2.62	5.77	3.01	μ.α.	225	27	525	26	9	85
30-40	1.13	2.77	5.55	2.80	μ.α.	234	20	519	22	11	87
40-44	1.05	2.58	3.96	2.75	μ.α.	229	21	531	20	μ.α.	97
44-50	1.01	2.47	3.64	2.79	μ.α.	217	26	542	18	μ.α.	89

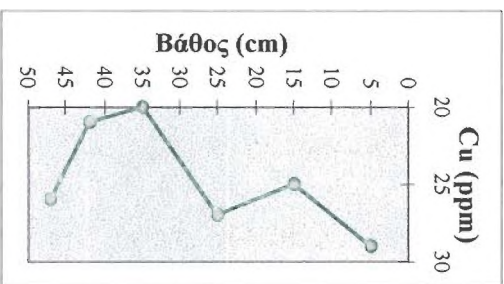
a: Κύρια στοιχεία και οργανικός άνθρακας ως % του ξηρού βάρους του δείγματος (κάθε δείγμα για διάσπαση περίπου 0.1gr). Βαρέα μέταλλα σε ppm.

b: Μη ανιχνεύσιμο.

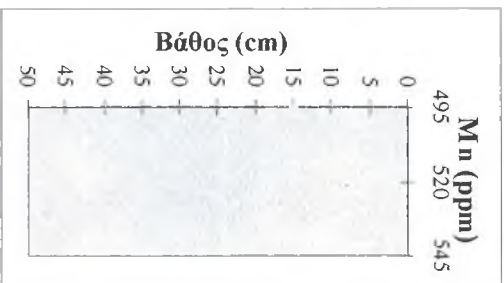
⁵ Σχετικά για τον Πυρήνα 6: Πίνακας Π6/2, Διαγράμματα Π6/9-Π6/18.



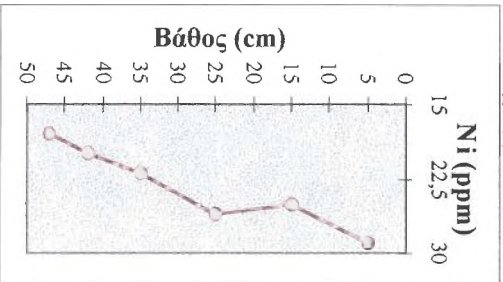
Διάγραμμα Π6/13



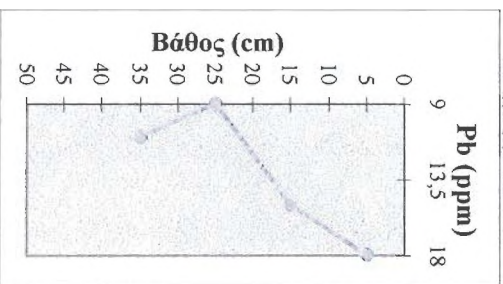
Διάγραμμα Π6/14



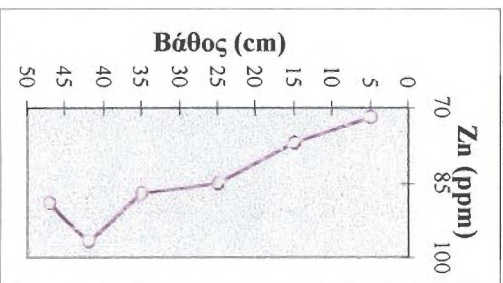
Διάγραμμα Π6/15



Διάγραμμα Π6/16

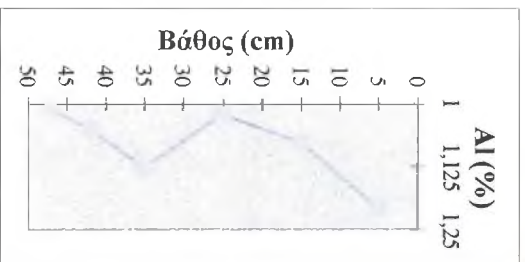


Διάγραμμα Π6/17

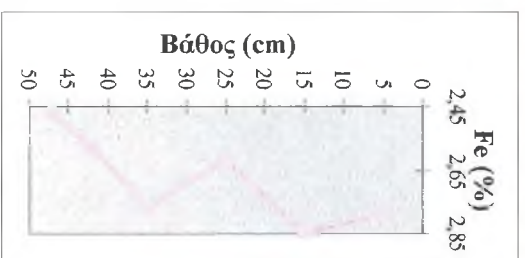


Διάγραμμα Π6/18

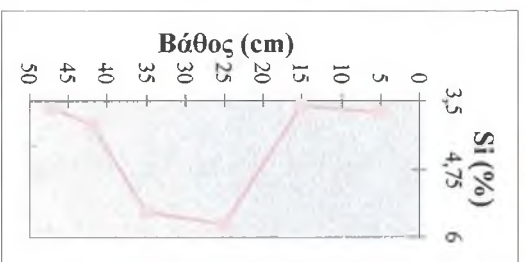
Κατανομή της περιεκτικότητας των στοιχείων ΑΙ, Fe, Si και C_{org} με το βάθος



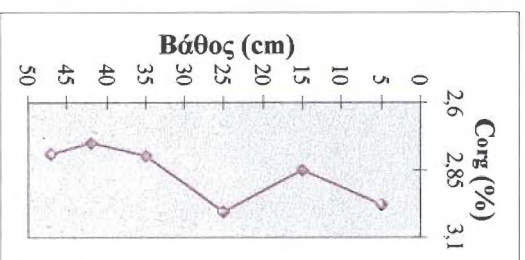
Διάγραμμα Π6/9



Διάγραμμα Π6/10



Διάγραμμα Π6/11



Διάγραμμα Π6/12

3. Περιβαλλοντική επιβάρυνση των ιζημάτων της λιμνοθάλασσας Πάπα

3.1 Δείκτης γεωσυσσώρευσης (I_{geo})

Τα ιζήματα είναι ο κύριος τελικός αποδέκτης των μετάλλων στα υδάτινα περιβάλλοντα. Έτσι, οι συγκεντρώσεις των μετάλλων που ανιχνεύθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα στην περιοχή της παρούσας έρευνας.

Με σκοπό τα προαναφερθέντα, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης γεωσυσσώρευσης (Index of Geoaccumulation, I_{geo}) που προτείνεται από τον Müller (1979). Ο δείκτης γεωσυσσώρευσης δίνεται από τον τύπο:

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1.5 \times B_n} \quad \text{όπου:}$$

- C_n : η συγκέντρωση του μετάλλου στα υπό μελέτη ιζήματα,
- B_n : η συγκέντρωση υποβάθρου του ίδιου μετάλλου σε ιζήματα αντίστοιχων περιβαλλόντων*
- 1.5: σταθερός όρος, ο οποίος χρησιμοποιείται για την ελαχιστοποίηση των λιθολογικών επιδράσεων.

Για τον καθορισμό του βαθμού επιβάρυνσης των ιζημάτων, ο I_{geo} διακρίνεται σε 6 τάξεις επιβάρυνσης, ανάλογα με τις τιμές που παίρνει (Πιν.16). Ο I_{geo} υπολογίστηκε για κάθε σταθμό δειγματοληψίας και για κάθε επιμέρους δείγμα, δηλαδή για κάθε βάθος των πηρήνων που λήφθηκαν (Πιν.17).

Πίνακας 16. Τάξεις του I_{geo} για τον βαθμό επιβάρυνσης ιζημάτων.

Τιμές I_{geo}	I_{geo} - τάξη	Βαθμός επιβάρυνσης
<0	0	μη επιβαρυσμένη περιοχή
0-1	1	μη έως ελαφρά επιβαρυσμένη
1-2	2	ελαφρά επιβαρυσμένη
2-3	3	ελαφρά έως έντονα επιβαρυσμένη
3-4	4	έντονα επιβαρυσμένη
4-5	5	έντονα επιβαρυσμένη έως ρυπασμένη
>5	6	ρυπασμένη περιοχή

* Για τα ιζήματα της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές υποβάθρου για ιζήματα ρηχών υδάτινων περιοχών (shallow water sediments), όπως προτείνονται από τον Wedepohl (1969, 1978).

Πίνακας 17. Τιμές και τάξεις I_{geo} για κάθε στοιχείο και κάθε σταθμό της περιοχής έρευνας.

Δείγμα	Al	Fe	Si	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
1/1	-3.20	-1.68	-3.28	1.71	-1.35	-1.36	-0.71	-0.58	-1.02
1/2	-3.06	-1.65	-3.14	1.97	-1.26	-1.27	-0.76	-0.87	-0.94
1/3	-3.37	-1.72	-3.69	1.90	-1.39	-1.36	-0.71	-0.96	-0.92
1/4	-3.31	-1.76	-3.87	1.68	-1.49	-1.30	-0.91	-1.14	-1.02
1/5	-3.44	-1.72	-3.98	1.61	-1.64	-1.24	-1.01		-0.88
1/6	-3.56	-1.74	-4.08	1.30	-1.44	-1.22	-0.96	-1.58	-0.84
1/7	-3.50	-1.92	-3.63	1.06	-2.00	-1.08	-1.13		-0.77
2/1	-3.38	-2.66	-2.17	0.76	-2.14	-0.71	-1.63	-0.96	-0.44
2/3	-3.44	-2.71	-2.31	0.29	-2.58	-0.69	-2.01	-1.46	-0.10
2/2	-3.35	-2.63	-2.21	0.63	-2.49	-0.66	-1.81	-1.14	-0.26
3/1	-3.47	-1.98	-2.50	1.27	-1.87	-0.96	-1.47	-1.04	-0.67
4/1	-3.58	-2.07	-2.68	1.38	-1.75	-0.88	-1.32	-1.14	-0.73
4/2	-3.63	-2.19	-2.77	1.12	-2.00	-0.84	-1.25	-1.46	-0.54
4/3	-3.54	-2.12	-2.88	0.98	-2.30	-0.85	-1.54	-1.24	-0.44
5/1	-2.82	-1.30	-3.33	1.87	-1.26	-1.50	-0.63	-0.29	-1.41
5/2	-2.73	-1.29	-2.99	1.76	-1.39	-1.52	-0.71	-0.80	-1.20
5/3	-3.40	-1.34	-3.63	1.70	-1.58	-1.47	-0.81	-0.58	-1.33
5/4	-3.18	-1.39	-3.77	1.57	-1.44	-1.45	-0.91	-0.46	-1.11
6/1	-3.38	-1.81	-3.33	1.60	-1.53	-1.32	-0.86	-0.87	-0.94
6/2	-3.54	-1.77	-3.38	1.50	-1.75	-1.36	-1.07	-1.14	-0.84
6/3	-3.63	-1.90	-2.70	1.32	-1.64	-1.28	-1.01	-1.87	-0.70
6/4	-3.48	-1.82	-2.76	1.38	-2.07	-1.30	-1.25	-1.58	-0.67
6/5	-3.58	-1.92	-3.24	1.35	-2.00	-1.26	-1.39		-0.51
6/6	-3.64	-1.98	-3.36	1.27	-1.69	-1.23	-1.54		-0.63

Η I_{geo} -τάξη για τα κύρια στοιχεία Al, Fe και Si, καθώς και για τα μέταλλα Cu, Mn, Ni, Pb και Zn βρέθηκε σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας (0), το οποίο σημαίνει ότι τα ιζήματα της περιοχής έρευνας δεν είναι επιβαρυνμένα με αυτά τα στοιχεία. Για το Cr και για τους Σταθμούς 1, 3, 5 και 6 η I_{geo} -τάξη είναι (2), στοιχείο που υποδηλώνει ότι τα ιζήματα σε αυτούς τους σταθμούς είναι ελαφρά επιβαρυνμένα σε χρώμιο. Για τον Σταθμό 2 η I_{geo} -τάξη για το Cr είναι (1). Έτσι, στο Σταθμό 2 τα ιζήματα είναι μη έως ελαφρά επιβαρυνμένα με χρώμιο. Τέλος, στο Σταθμό 4 παρουσιάστηκε μία διαφοροποίηση των I_{geo} -τάξεων ως προς το βάθος.

Συγκεκριμένα, στα πρώτα 27cm του Πυρήνα 4 η I_{geo} -τάξη για το χρώμιο είναι (2), ενώ από τα 27-31.5cm υποβιβάζεται σε (1). Αυτό υποδεικνύει ότι τα επιφανειακά ιζήματα του Σταθμού 4 είναι περισσότερο επιβαρυνμένα με χρώμιο απ' ό τι τα υποεπιφανειακά. Οι I_{geo} -τάξεις για κάθε στοιχείο στην περιοχή έρευνας παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πιν.18).

Πίνακας 18. Τάξεις I_{geo} των κύριων στοιχείων και μετάλλων που ανιχνεύθηκαν στη λιμνοθάλασσα Πάπα.

I_{geo}	I_{geo} -τάξη	Στοιχεία - μέταλλα
<0	0	Al, Fe, Si, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn
0-1	1	Cr
1-2	2	Cr

3.2 Δείκτης φορτίου ρύπανσης (PLI)

Για τον καθορισμό της επιβάρυνσης που υφίστανται τα ιζήματα της περιοχής έρευνας συνολικά από όλα τα στοιχεία και μέταλλα, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία που έχει προταθεί από τους Tomlinson et al. (1980). Κατά τη μέθοδο αυτή υπολογίστηκε αρχικά ο παράγοντας ρύπανσης (Contamination Factor, CF) για κάθε στοιχείο σε κάθε επιμέρους δείγμα κάθε σταθμού (Πιν.19). Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο δείκτης μόλυνσης για κάθε επιμέρους δείγμα κάθε σταθμού (Pollution Load Index, PLI θέσης), ο οποίος εκφράζει τη συνολική επιβάρυνση του κάθε σταθμού που οφείλεται σε όλα τα στοιχεία που ανιχνεύθηκαν σε κάθε επιμέρους δείγμα του σταθμού αυτού (Πιν.20).

Πίνακας 19. Τιμές του παράγοντα ρύπανσης (CF) για κάθε στοιχείο και σταθμό της περιοχής έρευνας.

Δείγμα	Al	Fe	Si	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
1/1	0,16	0,47	0,15	4,92	0,59	0,58	0,91	1,00	0,74
1/2	0,18	0,48	0,17	5,87	0,63	0,62	0,89	0,82	0,78
1/3	0,15	0,45	0,12	5,62	0,57	0,58	0,91	0,77	0,79
1/4	0,15	0,44	0,10	4,82	0,54	0,61	0,80	0,68	0,74
1/5	0,14	0,46	0,09	4,58	0,48	0,63	0,74		0,82
1/6	0,13	0,45	0,09	3,68	0,55	0,65	0,77	0,50	0,84
1/7	0,13	0,40	0,12	3,12	0,38	0,71	0,69		0,88
2/1	0,14	0,24	0,33	2,53	0,34	0,91	0,49	0,77	1,11
2/3	0,14	0,23	0,30	1,83	0,25	0,93	0,37	0,55	1,40
2/2	0,15	0,24	0,32	2,32	0,27	0,95	0,43	0,68	1,25
3/1	0,14	0,38	0,27	3,62	0,41	0,77	0,54	0,73	0,95
4/1	0,13	0,36	0,23	3,92	0,45	0,81	0,60	0,68	0,90
4/2	0,12	0,33	0,22	3,27	0,38	0,84	0,63	0,55	1,03
4/3	0,13	0,35	0,20	2,95	0,30	0,83	0,51	0,64	1,11
5/1	0,21	0,61	0,15	5,47	0,63	0,53	0,97	1,23	0,57
5/2	0,23	0,61	0,19	5,08	0,57	0,52	0,91	0,86	0,65
5/3	0,14	0,59	0,12	4,87	0,50	0,54	0,86	1,00	0,60
5/4	0,17	0,57	0,11	4,47	0,55	0,55	0,80	1,09	0,70
6/1	0,14	0,43	0,15	4,55	0,52	0,60	0,83	0,82	0,78
6/2	0,13	0,44	0,14	4,23	0,45	0,58	0,71	0,68	0,84
6/3	0,12	0,40	0,23	3,75	0,48	0,62	0,74	0,41	0,92
6/4	0,13	0,43	0,22	3,90	0,36	0,61	0,63	0,50	0,95
6/5	0,13	0,40	0,16	3,82	0,38	0,62	0,57		1,05
6/6	0,12	0,38	0,15	3,62	0,46	0,64	0,51		0,97

Από τη μελέτη του παραπάνω πίνακα (Πιν.19) προκύπτει ότι οι τιμές του παράγοντα ρύπανσης (CF) γενικά είναι μεγαλύτερες στα επιφανειακά ιζήματα κάθε σταθμού για τα στοιχεία Al, Fe, Si, Cr, Cu, Ni και Pb. Αυτό υποδηλώνει ότι τα επιφανειακά ιζήματα της περιοχής έρευνας είναι περισσότερο επιβαρυνμένα με αυτά τα στοιχεία απ' ό,τι τα υποεπιφανειακά στρώματα ιζημάτων· κάτι το οποίο φαίνεται και από το δείκτη γεωσυσσώρευσης, ιδιαίτερα στο Σταθμό 4 για το Cr (βλ. §3.1 ίδιου κεφαλαίου). Αντίθετα, για το Mn και τον Zn φαίνεται ότι τα υποεπιφανειακά ιζήματα είναι περισσότερο επιβαρυνμένα από τα επιφανειακά.

Πίνακας 20. Τιμές δείκτη μόλυνσης (PLI) των σταθμών της περιοχής έρευνας.

Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3	Σταθμός 4	Σταθμός 5	Σταθμός 6
0,62	0,54	0,56	0,56	0,66	0,58
0,64	0,47		0,53	0,65	0,54
0,58	0,51		0,51	0,57	0,53
0,55				0,59	0,53
0,56					0,54
0,51					0,53
0,53					

Με βάση τις παραπάνω τιμές του επιφανειακού PLI θέσης υπολογίστηκε η συνολική τιμή επιβάρυνσης για την περιοχή της έρευνας (PLI περιβάλλοντος), η οποία είναι 0.57.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

1. Γενικά

Η παραγοντική ανάλυση (factor analysis) είναι μια πολυμεταβλητή μέθοδος στατιστικής ανάλυσης, η οποία παρουσιάζει εξαιρετική εφαρμογή σε γεωχημικά δεδομένα (Παπαθεοδώρου, 1996). Σκοπός της ανάλυσης είναι:

- ι) η ανίχνευση των εσωτερικών σχέσεων μεταξύ των δεδομένων,
- ii) ο καθορισμός της στατιστικής σπουδαιότητας της κάθε μιας από τις ανιχνευθείσες σχέσεις και
- iii) ο καθορισμός της γεωγραφικής έκφρασης της καθεμιά από τις παραπάνω σχέσης.

Η παραγοντική ανάλυση επιλύει τον πίνακα των συντελεστών συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών και εξάγει τις ιδιοτιμές (eigen values) και τα ιδιοδιανύσματα (eigen vectors). Τα ιδιοδιανύσματα με απλούς μαθηματικούς μετασχηματισμούς δίνουν τελικά τους παράγοντες (factors), ενώ η αντίστοιχη ιδιοτιμή των παραγόντων αποδίδει τη στατιστική σπουδαιότητα των τελευταίων.

Κάθε παράγοντας (factor) αντιπροσωπεύει τη σχέση ενός αριθμού μεταβλητών (μονοπολικός) ή την αντιπάθεια μεταξύ δύο ομάδων μεταβλητών (διπολικός). Συνεπώς κάθε παράγοντας δηλώνει συγκεκριμένη γεωφυσική φάση των ιζημάτων και συνεπώς συγκεκριμένη διεργασία σύνδεσης των βαρέων μετάλλων με τα ιζήματα. Επιπλέον, ο υπολογισμός των παραγοντικών τιμών (factor scores) επιτρέπει τη σχεδίαση της γεωγραφικής έκφρασης κάθε παράγοντα και συνεπώς τη γεωγραφική κατανομή της διεργασίας που περιγράφει ο κάθε παράγοντας.

Η παραγοντική ανάλυση είναι δυνατό να εφαρμοστεί με δύο διαφορετικούς τρόπους, ώστε να ανιχνεύσει τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών (R-mode) καθώς και τις σχέσεις μεταξύ των δειγμάτων (θέσεις δειγματοληψίας) (Q-mode).

2. Μεθοδολογία εφαρμογής της παραγοντικής ανάλυσης

Η μέθοδος της παραγοντικής ανάλυσης εφαρμόστηκε σύμφωνα με τα παρακάτω στάδια:

- I) Πίνακας δεδομένων: Τα δεδομένα διευθετήθηκαν σε δύο επιμέρους πίνακες δεδομένων. Τα γεωχημικά δεδομένα (χημικές αναλύσεις ιζημάτων) συγκρότησαν έναν πίνακα 10×24 , δηλαδή 10 χημικά στοιχεία και 24 δείγματα. Κάθε στήλη του πίνακα παρουσιάζει τις συγκεντρώσεις συγκεκριμένου μετάλλου σε όλα τα δείγματα, ενώ κάθε γραμμή παρουσιάζει τις συγκεντρώσεις όλων των μετάλλων σε ένα συγκεκριμένο δείγμα. Ο δεύτερος πίνακας δεδομένων συγκροτήθηκε από προσθήκη στον πρώτο πίνακα, των ποσοστών βάρους των κοκκομετρικών τάξεων (ανά 1 \emptyset) των δειγμάτων ιζήματος. Συνεπώς, αυτός ο πίνακας δεδομένων συγκροτείται από 23 μεταβλητές (10 χημικά στοιχεία και 13 κοκκομετρικές τάξεις) και 24 δείγματα (23×24).
- II) Πίνακας συσχέτισης: Στους πίνακες των αρχικών δεδομένων αναπτύχθηκε η παραγοντική ανάλυση R-τύπου (σχέσεις μεταξύ μεταβλητών) και προέκυψαν δύο πίνακες μεγέθους 10×10 και 23×23 αντίστοιχα.
- III) Υπολογισμός ιδιοτιμών και ιδιοδιανυσμάτων και μετασχηματισμός των τελευταίων σε παράγοντες.
- IV) Διατήρηση των κύριων παραγόντων και αποκοπή των υπολοίπων: Είναι ίσως το πιο κρίσιμο σημείο της παραγοντικής ανάλυσης. Πολλά κριτήρια έχουν προταθεί για τον καθορισμό του αριθμού των παραγόντων που πρέπει να διατηρηθούν (Παπαθεοδώρου, 1996). Το κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, είναι αυτό της επιλογής του αριθμού των παραγόντων έτσι ώστε αυτοί να παρουσιάζουν γεωχημικώς αποδεκτά αποτελέσματα και είναι κριτήριο που θεωρείται ως το πιο αξιόπιστο.
- V) Περιστροφή των αξόνων των διατηρούμενων παραγόντων: Η περιστροφή των αξόνων των διατηρούμενων παραγόντων έγινε σύμφωνα με το κριτήριο της μεγιστοδιακύμανσης (varimax) του Kaiser (Παπαθεοδώρου, 1996).
- VI) Υπολογισμός των παραγοντικών τιμών h (factor scores) των διατηρούμενων παραγόντων: Ο υπολογισμός των παραγοντικών τιμών των διατηρούμενων παραγόντων έγινε με τη μέθοδο της πολλαπλής παλινδρόμησης (regression).
- Η παραγοντική ανάλυση με τα προαναφερθέντα στάδια εφαρμογής αναπτύχθηκε με το στατιστικό πακέτο SPSS®.

2.1 Παραγοντική ανάλυση γεωχημικών αναλύσεων

Ένα τριμελές παραγοντικό μοντέλο επιλέχθηκε για να περιγράψει τα γεωχημικά δεδομένα. Το μοντέλο εκφράζει το 91.2% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων, δηλαδή η αποκοπή των υπολοίπων 7 παραγόντων προκάλεσε απώλεια πληροφοριών μόνο 8.8% της ολικής διακύμανσης (Πιν.Ι).

Ο πρώτος παράγοντας εκφράζει το 67.3% της ολικής διακύμανσης και παρουσιάζει έντονα διπολικό χαρακτήρα (Πιν.ΙΙ). Υψηλές θετικές φορτίσεις παρουσιάζουν τα στοιχεία C_{org}, Cr, Cu, Fe, Ni (0.63-0.89), ενώ έντονα αρνητικές φορτίσεις τα στοιχεία Si και Zn (-0.84 έως -0.94). Αυτό σημαίνει ότι οι δύο αυτές ομάδες βρίσκονται σε ισχυρή αντιπάθεια μεταξύ τους και η σχέση αυτή είναι το σημαντικότερο χαρακτηριστικό (64.9%) των δεδομένων μας. Η σύνδεση των μετάλλων Cu, Cr, Fe και Ni με το οργανικό υλικό οφείλεται στην προσροφητική ικανότητα της οργανικής ύλης, η οποία όταν βρίσκεται σε μεγάλο ποσοστό στο περιβάλλον παρουσιάζει μεγαλύτερη ικανότητα προσρόφησης μετάλλων απ' ότι τα οξείδια μαγγανίου και σιδήρου, καθώς και τα αργιλικά ορυκτά. Επιπλέον, η ισχυρή συσχέτιση μεταξύ Fe-Ni-Cr πιθανώς αντανακλά το σχηματισμό αυθιγενών σουλφιδίων και υδροξειδιακών ορυκτών κάτω από αναγωγικές συνθήκες.

Ο θετικός πόλος παρουσιάζει ιδιαίτερα σημαντική έκφραση στους Πυρήνες 1 και 5 (Πιν.ΙΙΙ). Ο Πυρήνας 1 συνίσταται από ελαφρά ψηφιδούχο ιλύ, μαύρου χρώματος, μέχρι βάθος 60cm, ενώ ο Πυρήνας 5 συνίσταται από αμμούχο ιλύ με μεγάλη παρουσία οργανικής ύλης (ιζήμα μαύρου χρώματος) και έντονη μυρωδιά υδρόθειου.

Ο αρνητικός πόλος του πρώτου παράγοντα συνδέει το Si με τον Zn (Πιν.ΙΙ) και παρουσιάζει σημαντική γεωγραφική έκφραση (Πιν.ΙΙΙ) στα ιζήματα των Πυρήνων 2 και 4, καθώς και στο επιφανειακό δείγμα 3, τα οποία είναι τα αδρομερέστερα δείγματα του αναλυθέντος πληθυσμού (βλ. Παρουσίαση αποτελεσμάτων, §1). Έχει διαπιστωθεί ότι τιμή λόγου $\frac{Si}{Al}=3.0$ σημαίνει ότι το πυρίτιο βρίσκεται σε θέσεις πλέγματος των αργιλικών ορυκτών. Οι τιμές του λόγου $\frac{Si}{Al}$ στα ιζήματα των Πυρήνων 2 και 4 και στο δείγμα 3 είναι σημαντικά υψηλότερες από την προαναφερθείσα τιμή $\left(\frac{Si}{Al}>5.0\right)$, στοιχείο που δηλώνει την παρουσία του

πυριτίου και εκτός πλέγματος αργιλικών ορυκτών (χαλαζιακή άμμος, πυριτικό βιογενές κλάσμα).

Ο δεύτερος παράγοντας εκφράζει το 15.6% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων (Πιν.Ι) και παρουσιάζει υψηλές θετικές φορτίσεις στο Al, τον C_{org} και τα μέταλλα Pb, Fe και κατά δεύτερο λόγο στα μέταλλα Ni και Cr (Πιν.ΙΙ).

Ο παράγοντας αυτός παρουσιάζει την ισχυρή συσχέτιση των μετάλλων Al, Pb, Fe, Ni, Cr με τον C_{org} και εκφράζει τη σχέση μεταξύ αργιλικών ορυκτών και οργανικής ύλης. Η σύνδεση των μετάλλων Pb, Fe, Ni, Cr με το Al αντιπροσωπεύει τα αργιλικά ορυκτά. Τα μέταλλα Pb, Fe, Ni και Cr βρίσκονται σε θέσεις πλέγματος των αργιλικών ορυκτών ή/και είναι προσροφημένα στην επιφάνειά τους, ως αποτέλεσμα ενδομοριακών δυνάμεων. Ένδειξη για την προσρόφηση των μετάλλων στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών είναι η τιμή του λόγου $\frac{Fe}{Al}$. Τιμή του λόγου $\frac{Fe}{Al}$ υψηλότερη από την αντίστοιχη του λόγου στους τυπικούς σχιστόλιθους ($Fe/Al=0.58$, $Pb/Al=2.5 \times 10^{-4}$, $Ni/Al=12.2 \times 10^{-4}$, $Cr/Al=12.5 \times 10^{-4}$) δηλώνει ότι ένα ποσοστό των μετάλλων είναι προσροφημένο στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών. Η παρουσία όμως του C_{org} στον παράγοντα αυτό και συσχέτισή του με τα αργιλικά ορυκτά, ανατρέπει την προηγούμενη άποψη περί προσρόφησης των επιπέδων συγκεντρώσεων των μετάλλων από την επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών. Αυτό συμβαίνει διότι τα αργιλικά ορυκτά, η οργανική ύλη, καθώς και τα οξείδια σιδήρου και μαγγανίου, ως προσροφητές μετάλλων, αναπτύσσουν ανταγωνιστική δράση. Η οργανική ύλη στο υδάτινο περιβάλλον και μάλιστα σε υψηλό ποσοστό, αναδεικνύεται σε πολύ ισχυρό προσροφητή και προπάντως ισχυρότερο απ' ότι η οξειδιακή φάση σιδήρου και μαγγανίου και τα αργιλικά ορυκτά. Συνεπώς, ο παράγοντας αυτός μπορεί να θεωρηθεί ότι δηλώνει την προσρόφηση των μετάλλων Pb, Fe, Cr και Ni από την οργανική ύλη, η οποία στη συνέχεια δημιουργεί περικάλυψη (coating) στα αργιλικά ορυκτά. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο μόλυβδος, ένα μέταλλο που συνδέεται συνήθως με την οργανική ύλη, προσροφάται στην επιφάνεια του οργανικού υλικού, κάτω από αλκαλικές τιμές pH, παρά κάτω από όξινες συνθήκες. Συνεπώς, η πολύ καλή συσχέτιση του Pb με τον C_{org} (0.81) δηλώνει μάλλον την επικράτηση αλκαλικού περιβάλλοντος απόθεσης.

Ο δεύτερος παράγοντας παρουσιάζει σημαντική έκφραση στα επιφανειακά ιζήματα του Πυρήνα 1 και στον Πυρήνα 5 (ιδιαίτερα στα ανώτερα δύο δείγματα)

(Πιν.ΙΙΙ). Η προαναφερθείσα διεργασία οργανικής περικάλυψης είναι δυνατόν να αναπτυχθεί στα λεπτόκοκκα ιζήματα του Πυρήνα 1, ενώ η δράση της στα αδρομερή ιζήματα του Πυρήνα 5 αναμένεται περιορισμένη.

Ο τρίτος παράγοντας εκφράζει το 6.2% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων (Πιν.Ι) και παρουσιάζει υψηλή φόρτιση στο μαγγάνιο (Πιν.ΙΙ). Ο παράγοντας αυτός μπορεί να θεωρηθεί ως παράγοντας Mn και παρουσιάζει σημαντική επίδραση στα ιζήματα του Πυρήνα 2 (Πιν.ΙΙΙ), ο οποίος χαρακτηρίζεται από σημαντικό ποσοστό χερσογενούς υλικού.

Πίνακας Ι.

Παράγοντας	Ιδιότητα	Ποσοστό διακύμανσης	Αθροιστικό ποσοστό διακύμανσης
1	6.93516	69.4	69.4
2	1.56127	15.6	85.0
3	0.61860	6.2	91.2
4	0.35680	3.6	94.7
5	0.21399	2.1	96.9
6	0.14314	1.4	98.3
7	0.07616	0.8	99.1
8	0.05921	0.6	99.6
9	0.02824	0.3	99.9
10	0.00743	0.1	100.0

Πίνακας ΙΙ.

Στοιχεία	Παράγοντας 1	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3
Al	0.22557	0.86592	0.24043
C _{org}	0.62837	0.68040	-0.29105
Cr	0.84531	0.42061	-0.08875
Cu	0.89246	0.35892	0.06184
Fe	0.75061	0.57489	-0.16844
Mn	-0.14431	0.18511	0.95878
Ni	0.88341	0.40951	-0.07511
Pb	0.32218	0.81146	0.19077
Si	-0.93737	-0.02140	0.10506
Zn	-0.83981	-0.46683	0.15222

Πίνακας III.

Δείγμα	Παράγοντας 1	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3
1/1	0.67129	0.67074	0.40408
1/2	0.84749	0.45086	0.69439
1/3	1.35821	-0.67165	0.78868
1/4	1.18372	-0.88155	0.91585
1/5	—	—	—
1/6	1.42742	-1.92761	1.18933
1/7	—	—	—
2/1	-1.53893	0.06869	1.31237
2/3	-1.80708	-0.54289	1.26208
2/2	-1.80825	0.01462	1.27608
3/1	-0.63460	0.02025	0.62091
4/1	-0.40185	-0.36575	-1.09443
4/2	-0.53096	-0.76639	-1.13613
4/3	-1.00907	-0.31123	-1.33977
5/1	0.47422	2.29368	0.08099
5/2	0.07797	2.14671	-0.21419
5/3	0.81020	0.60526	-0.16903
5/4	0.56571	0.97481	0.13684
6/1	0.45683	-0.10333	-0.90850
6/2	0.32251	-0.56967	-1.08071
6/3	0.04285	-0.82900	-1.26226
6/4	-0.50769	-0.27656	-1.47658
6/5	—	—	—
6/6	—	—	—

2.2 Παραγοντική ανάλυση γεωχημικών και ιζηματολογικών δεδομένων

Ένα τετραμελές μοντέλο επιλέχθηκε για να περιγράψει συγχρόνως τα γεωχημικά και ιζηματολογικά δεδομένα, έτσι ώστε να αποδοθούν με στατιστικά αξιόπιστο τρόπο οι σχέσεις βαρέων μετάλλων και λιθολογίας. Η ένταξη όμως των λιθολογικών τάξεων στην παραγοντική ανάλυση δεδομένων, τα οποία χαρακτηρίζονται από έντονες σχέσεις συμπάθειας - αντιπάθειας, μειώνει τη στατιστική αξιοπιστία μεταξύ γεωχημικών και λιθολογικών δεδομένων. Το προτεινόμενο τετραμελές παραγοντικό μοντέλο εκφράζει το 82.7% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων (Πιν.ΙV).

Ο **πρώτος παράγοντας** εκφράζει το 37.8% της ολικής διακύμανσης και είναι διπολικού χαρακτήρα. Ο θετικός πόλος συσχετίζει τα μέταλλα Cr, Cu, Fe, Ni και Pb με το Al και τον C_{org} , ενώ αυτή η ομάδα των στοιχείων φαίνεται να συσχετίζεται με τη λεπτομερέστερη τάξη ($>10\phi$) (Πιν.V). Η συσχέτιση των στοιχείων Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Al, C_{org} αντιπροσωπεύει, όπως έχει ήδη αναφερθεί, την προσρόφηση βαρέων μετάλλων από την οργανική ύλη και την οργανική περικάλυψη (coating) των αργιλικών ορυκτών. Η διεργασία αυτή αφορά βεβαίως το λεπτομερέστερο κλάσμα των ιζημάτων και έχει σημαντική έκφραση στα ιζήματα των Πυρήνων 1 και 5 (Πιν.VI). Ο αρνητικός πόλος συσχετίζει το Si και το Zn με τις αδρομερέστερες τάξεις μεγέθους των κόκκων (Πιν.V). Ο πόλος αυτός του πρώτου παράγοντα είναι όμοιος με τον αντίστοιχο αρνητικό πόλο της παραγοντικής ανάλυσης των γεωχημικών δεδομένων.

Ο **δεύτερος παράγοντας** εκφράζει το 28.8% της ολικής διακύμανσης (Πιν.IV) και είναι διπολικού χαρακτήρα. Ο θετικός πόλος αντιπροσωπεύει τα λεπτομερέστερα κλάσματα των ιζημάτων (5-10 ϕ), ενώ ο αρνητικός πόλος συσχετίζει τα Pb, Mn και Al με τις αδρομερείς τάξεις μεγέθους (-1 ϕ έως 3 ϕ) των ιζημάτων των Πυρήνων 2, 3, 4 και 5 (Πιν.VI). Ο θετικός πόλος μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πόλος οξειδιακής περικάλυψης των αργιλικών ορυκτών από οξείδια Mn.

Ο **τρίτος διπολικός παράγοντας** εκφράζει το 9.1% της ολικής διακύμανσης (Πιν.IV) και μπορεί να θεωρηθεί ως λιθολογικός παράγοντας, επειδή εκφράζει την αντιπάθεια μεταξύ αδρομερών (-1 ϕ έως 3 ϕ) και λεπτόκοκκων ($>10\phi$) τάξεων μεγέθους (Πιν.V). Η σαφώς ασθενής συσχέτιση (0.23, 0.21) των C_{org} και Fe με τα αδρομερή κλάσματα, η οποία εκφράζεται στα ιζήματα κυρίως των Πυρήνων 4 και 5 (Πιν.VI), πιθανώς δηλώνει την κάλυψη των αδρομερών κόκκων με οργανική ύλη. Παρόμοια, η ασθενής συσχέτιση (-0.36) του Mn με τον αρνητικό πόλο και τις λεπτόκοκκες τάξεις πιθανώς αντιπροσωπεύει μια Mn-οξειδιακή φάση, η οποία εκφράζεται κυρίως στα ιζήματα (λεπτόκοκκα) του Πυρήνα 1 (Πιν.VI).

Ο **τέταρτος παράγοντας** είναι διπολικός και εκφράζει το 7% της ολικής διακύμανσης (Πιν.IV). Ο αρνητικός πόλος εκφράζει την τάξη του αδρομερούς πηλού (4-5 ϕ), ενώ ο θετικός πόλος εκφράζει κυρίως το Mn (0.68), καθώς και το Al και τις αδρομερείς τάξεις μεγέθους κόκκων (Πιν.V). Ο θετικός πόλος μπορεί να θεωρηθεί ως πόλος Mn, καθώς παρουσιάζει σημαντική έκφραση στα ιζήματα αποκλειστικώς του Πυρήνα 2, ο οποίος παρουσιάζει υψηλά ποσοστά χερσογενούς υλικού.

Πίνακας IV.

Παράγοντας	Ιδιότητα	Ποσοστό διακύμανσης	Αθροιστικό ποσοστό διακύμανσης
1	8.69785	37.8	37.8
2	6.63035	28.8	66.6
3	2.08717	9.1	75.7
4	1.60226	7.0	82.7
5	0.95259	4.1	86.8
6	0.74264	3.2	90.1
7	0.54457	2.4	92.4
8	0.52878	2.3	94.7
9	0.35663	1.6	96.3
10	0.24130	1.0	97.3
11	0.20645	0.9	98.2
12	0.14553	0.6	98.9
13	0.08855	0.4	99.2
14	0.06876	0.3	99.5
15	0.05331	0.2	99.8
16	0.03122	0.1	99.9
17	0.01806	0.1	100.0
18	0.00401	0.0	100.0
19	0.00000	0.0	100.0
20	0.00000	0.0	100.0
21	0.00000	0.0	100.0
22	0.00000	0.0	100.0
23	0.00000	0.0	100.0

Πίνακας V.

	Παράγοντας 1	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4
<-1	-0.52763	-0.46748	0.10306	0.47831
(-1)-0	-0.24439	-0.47555	0.47166	0.52717
0-1	0.34156	-0.39565	0.77948	0.16823
1-2	0.13100	-0.41973	0.83633	0.11958
2-3	-0.51763	-0.50221	0.34652	0.36557
3-4	-0.65460	-0.08616	0.06908	0.01649
4-5	-0.15468	-0.16704	-0.22980	-0.87781
5-6	-0.12140	0.65067	-0.43369	-0.00053
6-7	0.17600	0.86057	-0.33415	-0.05555
7-8	0.08693	0.90373	-0.06563	-0.04506
8-9	0.07877	0.88056	-0.06768	-0.03214
9-10	0.06493	0.94392	-0.17155	-0.08683
>10	0.46596	0.07694	-0.79203	0.06872
Al	0.62273	-0.42875	-0.10738	0.37341
C _{org}	0.89566	-0.05658	0.23319	-0.11422
Cr	0.94412	0.07369	-0.10595	-0.00612
Cu	0.92957	0.04763	-0.17596	0.10644
Fe	0.94196	0.04434	0.21065	-0.3702
Mn	-0.11054	-0.46341	-0.36048	0.68346
Ni	0.96714	0.11087	-0.09781	0.01341
Pb	0.67155	-0.51836	0.16895	0.22248
Si	-0.84172	-0.21848	0.08470	0.19971
Zn	-0.95594	-0.08755	-0.14219	0.00341

Πίνακας VI.

Δείγμα	Παράγοντας 1	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4
1/1	0.96667	-0.55408	-1.37083	0.24058
1/2	1.15067	-0.58684	-1.58363	0.19011
1/3	0.72204	0.14706	-1.09269	0.17188
1/4	0.66380	0.56368	-1.21345	0.29165
1/5	—	—	—	—
1/6	0.17209	0.84082	-0.79938	0.15374
1/7	—	—	—	—
2/1	-1.30554	-0.55093	-0.11439	1.37068
2/3	-1.81971	-0.46588	-0.24371	0.83900
2/2	-1.54354	-0.65023	-0.58934	0.96059
3/1	-0.71766	-0.70328	0.25333	0.34364
4/1	-0.44705	-0.32425	1.27009	-0.52275
4/2	-0.64294	-0.26350	1.33656	-0.12180
4/3	-0.76845	-1.19449	-0.43750	-3.35936
5/1	1.76369	-0.94670	1.32294	0.83499
5/2	—	—	—	—
5/3	1.21154	-0.53171	1.71363	-0.26433
5/4	0.82514	-0.81407	0.71868	0.53403
6/1	0.36019	0.35918	-0.42032	-1.13706
6/2	0.09024	2.49343	0.59577	0.02439
6/3	-0.29773	1.50990	-0.04952	-0.46713
6/4	-.038346	1.67191	0.70376	-0.08284
6/5	—	—	—	—
6/6	—	—	—	—

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

✎ Από την ιζηματολογική ανάλυση των ιζημάτων του Ν.Δ. μέρους της λιμνοθάλασσας Πάπα προέκυψε ότι τα ιζήματα των Πυρήνων 1 και 6 αποτελούνται από λεπτόκοκκο υλικό, ενώ αυτά των Πυρήνων 2, 4, 5, καθώς και του δείγματος 3 αποτελούνται από χονδρόκοκκο ως επί το πλείστον υλικό. Επίσης, ο Πυρήνας 7 παρουσιάζει έντονη λιθολογική ανομοιογένεια.

✎ Οι τιμές της σταθερής απόκλισης ροπών (moments standard deviation) υποδηλώνουν ότι τα ιζήματα της περιοχής έρευνας ταξινομούνται ως εξαιρετικά φτωχά έως φτωχά διαβαθμισμένα. Αυτή η φτωχή διαβάθμιση των ιζημάτων υποδεικνύει ότι αυτά αποτελούνται από μεγάλη ποικιλία κόκκων διαφορετικού μεγέθους στο ίδιο ιζημα, στοιχείο που δείχνει ότι το συγκεκριμένο περιβάλλον απόθεσης των ιζημάτων είναι μικρής ενέργειας. Αυτό σημαίνει την έλλειψη ισχυρών υδροδυναμικών συνθηκών (κυματισμός ή ρεύματα), το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη μη υδραυλική διαβάθμιση των ιζημάτων.

Στα συλλεχθέντα ιζήματα των πυρήνων προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των Fe, Ni, Mn, Zn, Al, Pb, Cd, Cu, Si και το ποσοστό του C_{org}. Οι μέσες επιφανειακές συγκεντρώσεις των μετάλλων είναι: Fe=3.2%, Al=1.29%, Si=5.36%, Ni=25ppm, Mn=597ppm, Zn=77ppm, Cr=250ppm, Pb=19ppm, Cd=3ppm και Cu=27ppm. Οι μέσες αυτές συγκεντρώσεις, εκτός αυτής του Cr, είναι σαφώς χαμηλότερες από τις αντίστοιχες των τυπικών σχιστολίθων και των ιζημάτων αβαθών θαλασσών (βλ. Μέρος Β', Βαρέα μέταλλα σε θαλάσσια παράκτια ιζήματα και ιζήματα λιμνοθαλάσσιων συστημάτων, §2.4, Πιν.6). Οι μέσες υποεπιφανειακές συγκεντρώσεις των μετάλλων είναι: Fe=2.8%, Al=1.20%, Si=4.10%, Ni=24ppm, Mn=569ppm, Zn=83ppm, Cr=239ppm, Pb=15ppm, Cd=2ppm, Cu=25ppm και παρουσιάζονται, εκτός αυτής του Zn, ελαφρά χαμηλότερες των επιφανειακών, δηλώνοντας έτσι μία ελαφρά ανθρωπογενή επίδραση.

✎ Για την ποσοτικοποίηση της ρύπανσης των ιζημάτων από βαρέα μέταλλα χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης γεωσυσσώρευσης (I_{geo}). Βρέθηκε ότι τα ιζήματα δεν παρουσιάζουν επιβάρυνση σε Al, Fe, Si, Cu, Mn, Ni, Pb και Zn. Παρόλα αυτά, ο

βαθμός εμπλουτισμού των ιζημάτων σε αυτά τα στοιχεία φαίνεται να είναι ο ακόλουθος: $Zn > Pb > Ni = Mn > Cu > Fe > Si > Al$, μία σειρά η οποία έχει διαπιστωθεί και από άλλους ερευνητές. Αντιθέτως, τα ιζήματα παρουσιάζονται ελαφρά επιβαρυσμένα με Cr, όπως προκύπτει από τις I_{geo} -τάξεις (1) και (2). Για τον προσδιορισμό της επιβάρυνσης των ιζημάτων από όλα τα στοιχεία συνολικά υπολογίστηκε ο δείκτης φορτίου ρύπανσης (PLI). Ο δείκτης αυτός βρέθηκε να είναι 0.57, μία αξιοσημείωτα χαμηλή τιμή.

Η πολυμεταβλητή στατιστική μέθοδος της παραγοντικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση των κύριων γεωχημικών διεργασιών. Με εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης R-τύπου επιλέχθηκε ένα τριμελές παραγοντικό μοντέλο για την ερμηνεία των γεωχημικών δεδομένων, το οποίο έδειξε τρεις παράγοντες, οι οποίοι εκφράζουν το 91.2% της ολικής διακύμανσης.

Ο πρώτος παράγοντας είναι έντονα διπολικός και ερμηνεύει την ισχυρή αντιπάθεια μεταξύ των ομάδων των στοιχείων C_{org} , Cr, Cu, Fe, Ni και των Si και Zn. Επίσης ερμηνεύει τη σύνδεση των στοιχείων Cr, Cu, Fe, Ni με το οργανικό υλικό, το οποίο βρίσκεται σε μεγάλο ποσοστό στο περιβάλλον μελέτης. Το γεγονός ότι οι τιμές του λόγου Si/Al είναι μεγαλύτερες από 3, διαπιστώνεται ότι στους Πυρήνες 2, 4 και στο δείγμα 3 το πυρίτιο βρίσκεται και εκτός πλέγματος αργιλικών ορυκτών.

Ο δεύτερος παράγοντας εκφράζει τη σχέση αργιλικών ορυκτών και οργανικής ύλης και αναδεικνύει την τελευταία ως ισχυρό προσροφητή βαρέων μετάλλων. Ο παράγοντας αυτός λοιπόν θεωρείται ότι δηλώνει την προσρόφηση των μετάλλων Pb, Fe, Cr και Ni από την οργανική ύλη, η οποία στη συνέχεια δημιουργεί περικάλυψη στα αργιλικά ορυκτά.

Ο τρίτος παράγοντας θεωρείται ως παράγοντας μαγγανίου και επιδρά σημαντικά στα ιζήματα του Πυρήνα 2.

Για την ταυτόχρονη περιγραφή των γεωχημικών και ιζηματολογικών δεδομένων επιλέχθηκε ένα τετραμελές μοντέλο, το οποίο εκφράζει το 82.7 της ολικής διακύμανσης.

Ο πρώτος διπολικός παράγοντας συσχετίζει τα μέταλλα Cr, Cu, Fe, Ni και Pb με τα λεπτόκοκκα κλάσματα των ιζημάτων, το οποίο αντανακλά την προσρόφηση τους από την οργανική ύλη.

Ο δεύτερος παράγοντας είναι και αυτός διπολικός και ο θετικός του πόλος ερμηνεύει την περικάλυψη των αργιλικών ορυκτών από οξείδια μαγγανίου.

Ο τρίτος διπολικός παράγοντας θεωρείται ως λιθολογικός παράγοντας, διότι εκφράζει την αντιπάθεια μεταξύ χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων τάξεων μεγέθους. Ο θετικός πόλος του τέταρτου διπολικού παράγοντα θεωρείται ως πόλος μαγγανίου, καθώς παρουσιάζει σημαντική έκφραση στα ιζήματα του Πυρήνα 2 (υψηλά ποσοστά χερσογενούς υλικού) αποκλειστικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ackefors H. & Sodergren A.** (1985) Swedish experience of impact of aquaculture on the environment, ICES, CM/E:40/Sess., W:1-7.
- Ackefors H. & Enell M.** (1990) Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas, *Ambio*, vol. 19, no. 1, pp. 28-35.
- Ackefors H. & Olburs C.** (1996) Swedish aquaculture policy - a nightmare for the industry?, *Aquaculture Europe*, European Aquaculture Society, 21(2), pp. 6-13.
- Affleck R.J.** (1952) Zinc poisoning in a trout hatchery, *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 3, pp. 142-169.
- Alabaster J.S.** (1973) Oxygen in estuaries: requirements for fisheries. In mathematical and hydraulic modelling of estuarine pollution, *Wat. Pollut. Res. Tech. Pap.*, London, 13 p.
- Alabaster J.S., Ed.** (1982) Report of the EIFAC workshop on fish-farm effluents, Silkeborg, Denmark, 26-28 May 1981, *EIFAC Tech. Pap.*, 41, 166 p.
- Alabaster J.S. & Herbert D.W.M.** (1954) Influence of carbon dioxide on the toxicity of ammonia, *Nature*, 174, pp. 404-405.
- Alabaster J.S. & Lloyd R.** (1980) Water quality criteria for freshwater fish, Butterworths for F.A.O., London, 279 pp.
- Alanara A.** (1990) Demand-feeding eller timestyrd utfodring. Effekt på tillvekst, foderutnyttjande och slaktkvalitet hos regnbåge i kassodling, Swedish University of Agricultural Science, Report 2, pp. 1-24 (in Swedish).
- Alderson R.** (1979) The effect of ammonia on the growth of juvenile dover sole, *Solea solea* and turbot, *Scophthalmus maximus*, *Aquaculture*, 17, pp. 291-301.
- Αλεξανδροπούλου Σ.** (1991) Γεωχημεία παράκτιων ιζημάτων (Περιοχές Ιθάκης - Κεφαλληνίας - Αστακού), Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 420 σελ.
- Al-Izz M.S.** (1971) *Landforms of Egypt*, The American University in Cairo Press, Cairo, U.A.R.
- Allen J.** (1985) *Physical Sedimentology*, Allen & Unwin Publ.

- Alvarez M.M.S. & Ellis D.V.** (1990) Widespread neogastropod imposex in the northeast Pacific: implications for TBT contamination surveys, *Mar. Pollut. Bull.*, **21**, p. 244.
- Alzieu C.** (1989) Water - the medium of culture, In: *Aquaculture*, (Ed. G. Gilbert), Ellis Horwood Ltd., 2nd edition, vol. I, pp. 37-62.
- Anonymous** (1984) The causes, dynamics and effects of exceptional blooms and related events, ICES, CM 1984/E:42, 5p.
- Anonymous** (1988) Report of the working group on environmental impact of mariculture, ICES, CM 1988/F:32, Mariculture Committee, Ref. MEQC.
- Ansell A.D.** (1974) Sedimentation of organic detritus in Lochs Etive and Crenan, Argyll, Scotland, *Mar. Biol.*, **27**, p. 263.
- Aoki T.** (1988) Drug-resistant plasmids from fish pathogens, *Microbiological Sciences*, **5**(7), pp. 219-223.
- Aoki T. et al.** (1971) Detection of R-factors in naturally occurring *Aeromonas salmonicida* strains, *Appl. Microbiol.*, **22**, pp. 716-717.
- Arrhenius G.** (1963) In: *The Sea*, M.N. Hill ed., vol.3, p. 655, Interscience, New York.
- Asmus R.M. & Asmus H.** (1991) Mussel beds: limiting or promoting phytoplankton?, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **148**(2), pp. 215-232.
- A.T.E - Δ/νση Ζωικής Παραγωγής - Τμήμα Αλιείας** (1996) Απολογιστική έκθεση εργασιών έτους 1995. Αλιεία - Υδατοκαλλιέργειες - Σπογγαλιεία - Μεταποίηση αλιευμάτων, *Αλιευτικά Νέα*, **180**, σελ. 33-51.
- Αθανασοπούλου - Irvine Φ.** (1997) Η θαλάσσια ψείρα και τα προβλήματα θεραπείας της, *Αλιευτικά Νέα*, **187**, σελ. 74-79.
- Aure J. & Stigebrandt A.** (1989a) Aquaculture and fjords - an analysis of consequences with respect to environmental effects for 30 fjords in Møre and Romsdal, Report No. FO8803, Inst. Marine Research, Bergen, Norway, 116 p. (in Norwegian).
- Aure J. & Stigebrandt A.** (1990) Quantitative estimates of the eutrophication effects of fish farming on fjords, *Aquaculture*, **90**, pp. 135-156.
- Austin B.** (1985) Antibiotic pollution from fish farms: effects on aquatic microflora, *Microbiol. Sci.*, **2**, p. 113.

- Baas Becking L.G.M. & Moore D.** (1959) The relation between iron and organic matter in sediments, *J. Sed. Pet.*, **29**(3), pp. 454-458.
- Bader R.G.** (1954) The role of organic matter in determining the distribution of pelecypodes in marine sediments, *J. Mar. Res.*, **13**, pp. 32-47.
- Baisch P.R.N., Niencheski L.H.F. & Lacerda L.D.** (1988) Trace metal distribution in sediments of the Patos Lagoon Estuary, Brasil, *Metals in Coastal Enviroments of Latin America*, pp. 59-64.
- Baker R.A.** (Editor) (1980) Methylmercury accumulation in plankton and fish, In: *Contaminants and Sediments*, vol. 2: Analysis, Chemistry, Biology, Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, MI, pp. 2, 485-491.
- Bakke T.A., Jansen P.A. & Hansen L.P.** (1990) Differences in the host resistance of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., stocks to the monogenean *Gyrodactylus salaris* (Malmberg, 1957), *J. Fish Biol.*, **37**, pp. 577-588.
- Balls P.W.** (1987) Tributiltin (TBT) in the waters of a Scottish sea loch arising from the use of antifoulant treated netting by salmon farms, *Aquaculture*, **65**, p. 277.
- Bebbington G.N., Makay N.J., Chvojka R., Williams R.J., Dunn A. & Auty E.H.** (1977) Heavy metals, selenium and arsenic in nine species of Australian commercial fish, *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, **28**, pp. 277-286.
- Behrendt A.** (1984) How to screen out the objectors, *Fish Farmer*, **7**, p. 30.
- Bei F., Catsiki V.A. & Papathanassiou E.** (1992) Copper and calcium levels in fish from the Greek waters (Aegean and Ionian seas), *CIESM*, vol. **33**, p. 167.
- Bekkevold S.** (1990) Antibiotikarestere i dødfisk fra fiske-oppdrettsanlegg (Residues of antibacterials in morts from fish farms), A/S Miljøplan Trondhjem, 8 p. (in Norwegian).
- Bekkevold S., Fjellidal J.C. & Yndestad M.** (1991) Behandling av dødfisk som inneholder antibakterielle midler (Handling of morts containing residues of antibacterials), A/S Veritas - Miljøplan Trondhjem, 30 p. (in Norwegian).
- Belan C.** (1970) *Mar. Pollut. Bull.*, **1**, pp. 59-60.
- Bell T.A. & Lightner D.V.** (1983) The penaeid shrimp species affected and known geographic distribution of IHHNV virus, Proc. BYU-HI 1983 1st Conf. On Warm Water Fish Culture, Crustacea.
- Belova I.V.** (1970) *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **193**, p. 493 (Engl. Transl. 210).

- Benoit D.A., Leonard E.N., Christensen G.M. & Fiandt J.J.**, (1976) Toxic effects of cadmium on three generations of brook trout (*Salvelinus fontinalis*), *Trans. Am. Fish. Soc.*, **105**(4), pp. 550-560.
- Bergheim A., Snekvik E. & Sivertsen** (1978) Effluents from grass silos, as a pollution problem in rivers in the southeastern part of Norway, *Vatten*, **34**, pp. 33-43.
- Bergheim A., Sivertsen A. & Selmer-Olsen A.R.** (1982) Estimated pollution loadings from Norwegian fish farms. I. Investigations 1978-1979, *Aquaculture*, **28**, pp. 347-361.
- Bergheim A. et al.** (1984) Estimated pollution loadings from Norwegian fish farms. II. Investigations 1980-1987, *Aquaculture*, **28**, pp. 347-361.
- Bergheim A., Tyvold T. & Seymour E.A.** (1991) Effluent loading and sludge removal from landbased salmon farming tanks, *Aquaculture and the Environment*, Short communications and abstracts, N. De Pauw & J. Joyce (Comp.), European Aquaculture Society, Bredene, Belgium, Special Publication, No. 14, p. 27.
- Bernard R.F.** (1983) Physiology and the mariculture of some Northeastern Pacific bivalve molluscs, *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, **63**, p. 24.
- Beveridge M.C.M.** (1984) Cage pen fish farming, carrying capacity models and environmental impact, *FAO Fish. Tech. Pap.*, **255**, p. 131.
- Beveridge M.** (1996) *Cage aquaculture*, Fishing News Books, 346 pp.
- Bezrukov P.L.** (1955) *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **103**, p. 473.
- Bical C.** (1979) Contribution a l' etude de l' activite respiratoire du bar juvenile, *Dicentrarchus labrax* (L.): influence de la temperature, de la salinite et de la teneur en oxygene du milieu, These 3eme cycle, Universite Pierre et Marie Curie, Paris, 122 p.
- Bishai H.M. & Yosef S.F.** (1977) Some aspects of the hydrography, physico-chemical characteristics and fisheries of Lake Manzalah, *U.A.R. Bull. Inst. Oceanogr. Fish.*, **7**, pp. 1-30.
- Björklund H.** (1991) Oxytetracycline and oxolinic acid as antibacterials in aquaculture - analysis, pharmacokinetics and environmental impacts, Dept. of Biology, Åbo Akademi, University Finland.

- Björklund H., Bondestam J. & Bylund G.** (1990) Residues of oxytetracycline in wild fish and sediments from fish farms, *Aquaculture*, **86**, p. 359.
- Björklund H.V. & Bylund G.** (1991) Comparative pharmacokinetics and bioavailability of oxolinic acid and oxytetracycline in rainbow trout, *Xenobiotica*, **21**, pp. 1511-1520.
- Blackburn T.H.** (1983) In: *Microbial Geochemistry*, edited by W.H. Krumbein, Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 63-89.
- Blake B.F.** (1983) The environmental impact of fish farming in Scotland, Report to the Nature Conservancy Council.
- Bodoy A., Garnier J., Razet D. & Geairon P.** (1990) Mass mortalities of oysters (*Crassostrea gigas*) during spring 1988 in the bay of Marennes - Oleron, related to environmental conditions, ICES Counc. Meet., ICES, 23 p.
- Bonn E.W. & Follis B.J.** (1967) Effects of hydrogen sulphide on channel catfish, *Ictalurus punctatus*, *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **96**, pp. 31-36.
- Bowden K.F.** (1983) *Physical Oceanography of Coastal Waters*, J. Wiley & Sons, Ellis Horwood Ltd.
- Boyd C.E.** (1981) Water quality in warmwater fish ponds, Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn, Alabama, U.S.A., 359 p.
- Braaten B.** (1991) Impact of pollution from aquaculture in six Nordic countries. Release of nutrients, effects, and waste water treatment, *Aquaculture and the Environment*, N. De Pauw & J. Joyce (Eds.), European Aquaculture Society, Special Publication No.16, Gent, Belgium, pp. 79-101.
- Braaten B., Aure J., Ervik A. & Boge E.** (1983) Pollution problems in Norwegian fish farming, ICES, CM:1983/F:26, Mariculture Committee, 11 p.
- Brett J.R.** (1979) Environmental factors and growth. In: *Fish Physiology* (Eds. W.S. Hoar and Randall), vol. III, pp. 599-675, Academic Press, New York.
- Brett J.R. & Zala C.A.** (1975) Daily pattern of nitrogen excretion and oxygen consumption of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) under controlled conditions, *J. Fish. Res. Board Can.*, **32**, p. 2479.
- Brett J.R. & Groves D.D.** (1979) *Physiological Energetics*, In: *Fish Physiology*, vol. VIII, Bioenergetics and Growth, Hoar W.S., Randall D.J. & Brett J.R. Eds., Academic Press, New York, U.S.A., pp. 280-352.

- Briakhurst R.O.** (1974) *The Benthos of Lakes*, Macmillan, London.
- Brock J.A., Lightner D.V. & Bell T.A.** (1983) A review of four virus (BP, MBV, BMN, IHNV) diseases of penaeid shrimp with particular references to clinical significance, diagnosis and control in shrimp aquaculture, *ICES, CM/Gen 10* Mini Symp., p. 1.
- Brockway D.R.** (1950) Metabolic products and their effects, *Prog. Fish. Cult.*, **12**, pp. 127-129.
- Brown J.R., Gowen R.J. & McLusky D.S.** (1987) The effect of salmon farming on the benthos of a Scottish sea loch, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **109**, pp. 39-51.
- Brown J.R. & Hartwick B.E.** (1988) Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. I. Absolute and allometric growth, *Aquaculture*, **70**, pp. 231-251.
- Brown V.M.** (1968) The calculation of the acute toxicity of mixtures of poisons to rainbow trout, *Wat. Res.*, **1**, pp. 683-685.
- Burrous R.E.** (1964) Effects accumulated excretory products on hatchery - reared salmonids, *Rep. U.S. Fish. Wildl. Serv.*, **66**, pp. 1-12.
- Butz I. & Vens-Cappell B.** (1982) Organic load from the metabolic products of rainbow trout fed with dry food, In: Report on EIFAC Workshop on Fish Farm Effluents, edited by J.S. Alabaster, *EIFAC Tech. Pap.*, No. **41**, pp. 73-82.
- Byrne J.V. & Emery K.O.** (1960) *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **71**, p. 983.
- Calamari D. & Marchetti R.** (1977a) Influence of water hardness on cadmium toxicity to *Salmo gairdneri* Rich., Paper presented to the International Workshop on Structure and Function of Fish Gills, Messina, 26-29 September 1977.
- Calamari D. & Marchetti R.** (1977) Accumulation di cadmio in *Salmo gairdneri* Rich., *N. Ann. Ig.*, **28**, pp. 425-436.
- Calvert S.E.** (1966) *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **77**, p. 569.
- Calvert S.E. & Price N.B.** (1970a) *Nature, Lond.*, **227**, p. 593.
- Calvert S.E. & Price N.B.** (1971a) In: *The Geology of the East Atlantic Continental Margin*, F.M. Delany ed., I.G.S. Rep. 70/16, p. 171.
- Carlsson S.Å.** (1985) Reningsteknik vid kassodling i Sverige, In: *Akvakultur - Miljøproblem*, 21 Nordiska symposiet om vattenforskning, Nordforsk publ. 1985:2, Os 1985, 7-9 May, pp. 197-202.

- Carlucci A.F., Silbernagel S.B. & McNally P.M.** (1969) Influence of temperature and solar radiation on persistence of vitamin B12, thiamine and biotin in seawater, *J. Phycol.*, **5**, pp. 302-305.
- Carrigy M.A.** (1956) *J. Sediment. Petrol.*, **26**, p. 228.
- Carss D.N.** (1990) Concentrations of wild and escaped fishes immediately adjacent to fish farm cages, *Aquaculture*, **90**, pp. 29-40.
- Catsiki V.A. & Florou H.** (1984) Bioaccumulation des metaux Cr, Cd, Ni et Cu dans le golfe de Geras, ile de Lesbos, mer Egee, Greece, *CIESM*, pp. 317-320.
- Κατσίκη Β.Α., Νταουλιάς Χ. & Λαλιάνη Ι.** (1987) Βιοσυσσώρευση Cu και Zn σε ιχθυοπληθυσμούς της λίμνης Βεγορίτιδας, *Πρακτ. 2^{οδ} Πανελ. Συμπ. Ωκεανογραφίας και Αλιείας*, Μάιος 1987, σελ. 341-344.
- Cearley J.E. & Coleman R.L.** (1974) Cadmium toxicity and bioconcentration in largemouth bass and bluegill, *Bull. Envir. Contam. Toxicol.*, **11**, pp. 146-151.
- Charlon N., Barbier B. & Bonnet C.** (1970) Resistance de truite Arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) a des variations brusques de temperature, *Ann. Hydrobiol.*, **1**(1), pp. 73-89.
- Chave K.E.** (1967) *A.G.I. Council Educ. Geol. Sci. Short Rev.*, **7**, p. 200.
- Chesney E.J. & Eglesias J.** (1979) Seasonal distribution, abundance and diversity of demersal fishes in the inner Ria de Arosa, North West Spain, *Est. Coast. Mar. Sci.*, **8**, pp. 227-239.
- Chester R. & Hughes M.J.** (1967) *Chem. Geol.*, **2**, p. 249.
- Chester R. & Voutsinou F.G.** (1981) The initial assessment of trace metal pollution in coastal sediments, *Mar. Pollut. Bull.*, **12**, pp. 84-91.
- Chua T.E., Paw J.N. & Guarin F.Y.** (1989) The environmental impact of aquaculture and the effects of pollution on coastal aquaculture development in Southeast Asia, *Mar. Poll. Bull.*, **20**, p. 335.
- Clark R.** (1986) *Marine Pollution*, Oxford University Press.
- Clarke F.W.** (1924) The data of geochemistry, *Bull. U. S. Geol. Surv.*, **770**, 841 p.
- Coche A.G.** (1982) Cage culture of tilapias, In: *Biology and Culture of the Tilapias*, Pullin R.S.W. and Lowe-McConnell R.H. Eds., ICLARM Conf. Proc., **7**, p. 205.
- Colby P.J., Spangler G.R., Hurley D.A. & McCombie A.M.** (1972) *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **29**, pp. 975-983.

- Collins I.** (1983) B.Sc. thesis, University of Stirling, Scotland, 92 p.
- Collins R.A.** (1971) Cage culture of catfish in reservoir lakes, *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish. Comm.*, **24**, pp. 489-496.
- Colt J. & Tchobanoglous G.** (1978) Chronic exposure of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to ammonia. Effects on growth and survival, *Aquaculture*, **15**, pp. 353-372.
- Copenhagen W.J.** (1934) *Invest. Rep. No.3 Fish. Mar. Biol. Surv.*, Union South Africa, p. 1.
- Copenhagen W.J.** (1953) *Invest. Rep. No.14 Div. Fish.*, Union South Africa, p. 1.
- Cornell G.E. & Whoriskey F.G.** (1993) The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec, *Aquaculture*, **109**, pp. 101-117.
- Crawford R.E. & Allen G.H.** (1977) Seawater inhibition of nitrite toxicity to chinook salmon, *Trans. Am. Fish. Soc.*, **106**, pp. 105-109.
- Cross T.F.** (1991) Potential genetic interactions between reared and wild fish in Europe, with particular emphasis on Atlantic salmon, *Aquaculture and the Environment*, N. De Pauw & J. Joyce (Eds.), European Aquaculture Society, Special Publication No.16, Gent, Belgium, pp. 299-308.
- Curtis C.D.** (1966) In: *Advances in Organic Geochemistry*, G.D. Hobson and M.C. Louis eds, p. 330, Pergamon Press, Oxford.
- Cuvin-Aralar Ma.L.A.** (1990) Mercury levels in the sediment, water and selected finfishes of Laguna Lake, The Philippines, *Aquaculture*, **84**, pp. 277-288.
- Dahlback B. & Gunnarsson L.Å.H.** (1981) Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture, *Mar. Biol.*, **63**, pp. 269-275
- Danecker E.** (1964) Die Janchevergiftung von Fischen - eine Ammoniakvergiftung, *Österreichs Fischerei*, **3, 4**, pp. 55-68.
- Davenport J. & Vahl O.** (1979) Responses of the fish *Blennius pholis* to fluctuating salinities, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **1**, pp. 101-107.
- Davies I.M. & McKie J.C.** (1987) Accumulation of total tin and tributyltin in muscle tissue of farmed Atlantic salmon, *Mar. Pollut. Bull.*, **18**, p. 405.

- Davies I.M., McKie J.C. & Paul J.D.** (1986) Accumulation of tin and tributyltin from anti-fouling paint by cultivated scallops (*Pecten maximus*) and Pacific oysters (*Crassostrea gigas*), *Aquaculture*, **55**, p. 103.
- Davies I.M., Drinkwater J., McKie J.C. & Balls P.** (1987) Effects of the use of tributyltin antifoulants in mariculture, In: Proc. Int. Organotin Symp. Oceans '87, September 28 to October 1, Halifax, Canada.
- De Rosa S., Damiani V. & Serena F.** (1983) Studio dei sedimenti del Golfo di Pozzuoli: 2. Livelli di contaminazione da metalli pesanti: Atti V. Congr. Naz. A. I. O. L., Stresa May 19-22, pp. 437-447.
- Dean J.G., Bosqui F.L. & Lanouette V.H.** (1972) Removing heavy metals from waste water, *Environ. Sci. Technol.*, vol. 6, pp. 518-522.
- Department of Environment, UK** (1972) *Water Pollution Research*, 1971, London, H.M.S.O., 37 pp.
- Deufel J.** (1976) Über die wirkung freier kohlen-säure auf fische und die ursache der gasblasekrankheit, In: *Fisch und umwelt*, H.2, Suppl., pp. 145-151.
- Δημητρίου Β. & Ρούσση - Δημητρίου Α.** (1996) Η αντιμετώπιση των μονοξείδων ιχθυοκαλλιέργειας από τους κατοίκους της περιοχής όπου αυτές αναπτύσσονται, *Αλιευτικά Νέα*, **183**, σελ. 34-39.
- Dobrowolski Z.** (1987) The effect of cage aquaculture of rainbow trout on the distribution and stability of macrobenthos in eutrophic lake Letowskie, *Ekol. Pol.*, **35**, p. 611.
- Doff D.H.** (1969) PhD thesis, University of Edinburgh, p. 245.
- Donazzolo R., Merlin H., Vitturri M., Orio A., Pavoni B., Perin G. & Rabitti S.** (1981) Heavy metals contamination in surface sediments from the Gulf of Venice, *Mar. Pollut. Bull.*, **12**, pp. 417-425.
- Donazzolo R., Merlin H., Vitturri M. & Pavoni B.** (1984) Heavy metal content and lithological properties of recent sediments in the Northern Adriatic, *Mar. Pollut. Bull.*, **15**, pp. 93-101.
- Dorta C.C. & Rona E.** (1971) *Bull. Mar. Sci.*, **21**, p. 745.
- Δουκάκης Σ., Σκούλλος Μ. & Λασηνάκης Μ.** (1993) Θρεπτικά συστατικά και βαρέα μέταλλα στον κόλπο της Γέρας (Λέσβος), Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου

- Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, 26-29 Απριλίου 1993, Ρόδος, σελ. 378-381.
- Dowidar N.M. & Abdel-Moati A.R.** (1983) Distribution of nutrient salts in Lake Manzalah, Egypt, *Rapp. P-V Reun. CIESM*, **28**, pp. 185-188.
- Dowidar N.M. & Hamza R.W.** (1983) Primary productivity and biomass of Lake Manzalah, Egypt, *Rapp. P-V Reun. CIESM*, **28**, pp. 182-192.
- Dowidar N.M., Irgolic K.J. & Abdel-Moati A.R.** (1984) Trace metals in Lake Manzalah, Egypt, Workshop, Pollution in the Mediterranean, Lucerne: CIESM, pp. 331-337.
- Downing K.M. & Merkens J.C.** (1995) The influence of dissolved oxygen concentrations on the toxicity of un-ionised ammonia to rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson), *Ann. Appl. Biol.*, **43**, pp. 243-246.
- Dugdale R.C.** (1967) Nutrient limitation in the sea: dynamics, identification and significance, *Limnol. Oceanogr.*, **12**, pp. 685-695.
- Earll R.C., James G., Lumb C. & Pagett R.** (1984) A report on the effects of fish farming on the marine environment of the Western Isles, Nature Conservancy Council, Marine Biological Consultants Ltd., Peterborough, Scotland, CSD Rep. No. 524.
- Edwards D.J.** (1978) *Salmon and Trout Farming in Norway*, Fishing News Books, Farnam, United Kingdom.
- Egidius E.** (1984) Diseases of salmonids in aquaculture, *Helgoländer Meeresunters*, **37**, pp. 547-569.
- EIFAC** (1973) Water quality criteria for European freshwater fish. Report on ammonia and inland fisheries operations, *EIFAC Tech. Pap.*, **51**, 79 p.
- Eisler R.J.** (1971) Cadmium poisoning in *Fundulus heteroclitus* (Pisces: Cyprinodontidae) and other marine organisms, *J. Fish. Res. Board. Can.*, **28**(9), pp. 1225-1234.
- Eklund J.** (1986a) Rainbow trout farming polluting the Archipelagic Sea, *Can. Transl. Fish. Aquat. Sci.*, no. **5251**, 8 p.
- Eklund J.** (1986b) Fish farms polluting the Archipelagic Sea, *Can. Transl. Fish. Aquat. Sci.*, no. **5269**, 9 p.
- El Gamal A. & Shafik Y.** (1985) *Water Qual. Bull.*, **10**, pp. 111-115.

- Ellis A.E.** (1991) Tissue residues of chemotherapeutants in fish, *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, **11**, pp. 22-25.
- El-Sokkary I.H.** (1992) Trace metals in sediments and water: Case study from Egypt, In: Vernet J.-P. (Ed.), *Impact of heavy metals in the environment*, London, Elsevier, pp. 355-379.
- El-Wakeel S.K. & Wahby S.D.** (1970a) *Arch. Hydrobiol.*, **67**, p. 368.
- Emelyanov E.M. & Shimcus K.M.** (1962) *Geochemistry and sedimentology of the Mediterranean Sea*, D. Reidel Publishing Company.
- Emery K.O. & Rittenberg S.C.** (1952) Early diagenesis of California Basin sediments in relation to origin of oil, *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **36**, pp. 735-806.
- Emery K.O.** (1960) *The Sea off Southern California*, p. 366, John Wiley, New York.
- Emery K.O.** (1968) *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **52**, p. 445.
- Enell M.** (1985) Fosfor - och kvävebelastningen från fiskodlingar - skillnaden mellan sjöar av olika trofigrad, In: *Akvakultur - Miljöproblem*, Symp. Nordforsk, 7-9 May 1985, Bergen, Norway (in Swedish).
- Enell M.** (1987) Environmental impact of cage fish farming with special reference to phosphorus and nitrogen loadings, ICES Council Meeting (collected papers), 13 p.
- Enell M. & Löf J.** (1983) Environmental impact of aquaculture - sedimentation and nutrient loadings from fish cage culture farming, *Vatten*, **39**, pp. 364-375.
- Enell M., Löf J. & Bjørklund T.C.** (1984) Fiskkasseodling med rening, Teknisk beskrivning och fiskkasseodlingar, Limnologiska Inst., Lunds Universitet, 33 p.
- Epifanio C.E. & Srna R.F.** (1975) Toxicity of ammonia, nitrite ion, nitrate ion and orthophosphate to *Mercenaria mercenaria* and *Crassostrea virginica*, *Mar. Biol.*, **33**, pp. 241-246.
- Ervik A., Johannessen P. & Aure J.** (1985) Environmental effects of marine Norwegian fish farms, ICES, CM 1985/F:37.
- Εθνικός Οργανισμός Φαρμάκων - Δ/ση Αξιολόγησης Προϊόντων - Κτηνιατρικό Τμήμα**, Αθήνα 21/1/1997, αρ. πρωτ. 46531/Δ4/989.
- Everett G.V.** (1973) The rainbow trout *Salmo gairdneri* (Rich.) fishery in Lake Titicaca, *J. Fish Biol.*, **5**, pp. 429-440.

- Fader G.B.J.** (1991) Gas-related sedimentary features from the eastern Canadian continental shelf, *Continental Shelf Research*, vol. 11, Nos. 8-10, pp. 1123-1153.
- Fanning K.A. & Pilson M.E.Q.** (1973) The lack of inorganic removal of dissolved silica during river-ocean mixing, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37, pp. 2405-2415.
- Fayette A.R. & Haines T.A.** (1980) *Environ. Pollut.*, Ser. A, 22, pp. 11-17.
- Febry R. & Lutz P.** (1987) Energy partitioning in fish: activity related cost of osmoregulation in a euryhaline cichlid, *J. Exp. Biol.*, 128, pp. 63-85.
- Fenchel T.M. & Riedl R.J.** (1970) The sulphide system: a new biotic community underneath the oxidized layer of marine sand bottoms, *Mar. Biol.*, 7, pp. 255-268.
- Φερεντίνος Γ.** (1985) *Τεχνική Ωκεανογραφία – Βυθόμετρία, Μορφολογία, Γεωλογία*, Τόμος 1, (Επιμέλεια ασκήσεων: Παπαθεοδώρου Γ.), 150 σελ.
- Φερεντίνος Γ., Ζαχαρίας Ι. & Κάστανος Ν.** (1994) Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ωκεανογραφικές διεργασίες οι οποίες ελέγχουν τη διασπορά και μεταφορά των οικιακών και βιομηχανικών αποβλήτων στο θαλάσσιο χώρο, *Επιστημονικές Εκδόσεις Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας*, Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 1, σελ. 1-45.
- Φερεντίνος Γ., Παπαθεοδώρου Γ., Χασιώτης Θ., Γκιώνης Γ. & Γεραγά Μ.** (1994) Υποβρύχια τηλεπικοινωνιακή ζεύξη Πρέβεζα - Κέρκυρα: Μελέτη πελάγους και προσαιγιαλώσεων διαδρομής καλωδίου, 8 τόμοι, Τεχνική Έκθεση υποβληθείσα στον Ο.Τ.Ε.
- Fisher H., List I., Koh R., Imberger I. & Brooks N.** (1979) *Mixing in inland and coastal waters*, Academic Press.
- Florou H. & Catsiki V.A.** (1985) Bioaccumulation of Fe, Ni, Cr by some selected marine organisms from a polluted area, *Proc. Int. Conf.: Heavy metals in the environment*, Athens, Sept. 1995, pp. 359-362.
- Folk R.L.** (1974) *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Texas.
- Folk R.L. & Ward W.C.** (1957) Brazos River Bar, a study in the significance of grain-size parameters, *J. Sediment. Petrol.*, 27, pp. 3-26.

- Folke C. & Kautsky N. (1989) The role of ecosystems for a sustainable development of aquaculture, *Ambio*, **18**(4), pp. 234-243.
- Foy R.H. & Rossell R. (1991a) Loadings of nitrogen and phosphorus from a Northern Ireland fish farm, *Aquaculture*, **96**, pp. 17-30.
- Foy R.H. & Rossell R. (1991b) Fractionation of nitrogen and phosphorus from a Northern Ireland fish farm, *Aquaculture*, **96**, pp. 31-42.
- Frid C.L.J. & Mercer T.S. (1989) Environmental monitoring of caged fish farming in macrotidal environments, *Mar. Pollut. Bull.*, vol. **20**, No. 8, pp. 379-383.
- Friere J., Fernandez E. & Gonzalez-Gurriaran E. (1990) Influence of mussel raft culture on the diet of *Liocarcinus arcuatus* (leach) (Brachyura: Portunidae) in the Ria de Arousa (Galacia, NW Spain), *J. Shellfish Res.*, **9**(1), p. 45.
- Frignani M., Frascari F., Quarantotto G. & Poletti R. (1978) Trace heavy metals in Adriatic Sea sediments of the Italian coast from Pesaro to the Po delta, *Giorn. Geol.*, **43**, pp. 21-45.
- Fromm P.O. (1963) Studies on renal and extra-renal excretion in the freshwater *Salmo gairdneri*, *Comp. Biochem. Physiol.*, **10**, p. 121.
- Förstner U. & Whittman G.T.W. (1979) *Metal Pollution in the Aquatic Environment*, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Gabriel B.C. (1979) Milkfish culture in freshwater pens, In: Technical Consultation on available Aquaculture Technology in the Philippines, SEAFDEC/Philippines Council for Agriculture and Resources Research (PCARR), p. 114.
- Gabrielides G.P., Alzieu C., Readman J.W., Bacci E., Aboul Dahab O. & Salihoglu I. (1990) MED POL survey of organotins in the Mediterranean, *Mar. Pollut. Bull.*, **21**, p. 233.
- Galloway J.N. (1979) *Geochim. Cosmochim. Acta*, **43**, pp. 207-218.
- Gerlach S.A. (1981) *Marine Pollution. Diagnosis and Therapy*, Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg, N.Y., pp. 146-149.
- Gibbs R.J. (1977) Transport processes in lakes and rivers, In: *Transport Processes in Lakes and Oceans*, Gibbs R.J. Ed., Plenum Press, New York.
- Glagoleva M.A. (1961) *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **136**, p. 195 (Engl. Transl. 1).
- Glagoleva M.A. (1970) *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **193**, p. 184 (Engl. Transl. 203).

- Global Environmental Facility Chairman's Report** (1992) Part 2, Washington, DC: pp. 182-189, UNDP/UNEP/World Bank.
- Gomez E.D.** (1988) Overview of environmental problems in the east Asian seas region, *Ambio*, **17**, p. 166.
- Gowen R.J. & Bradbury N.B.** (1987) The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review, *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **25**, pp. 563-575.
- Gowen R.J., Brown J.R., Bradbury N.B. & McLusky D.S.** (1988) Investigation into benthic enrichment, hypereutrophication and eutrophication associated with mariculture in Scottish coastal waters (1984-1988), Report to Highlands & Islands Development Board, Crown Estate Commissioners, Nature Conservancy Council, Countryside Commission for Scotland and the Scottish Salmon Growers Association from Dept. Biological Sciences, University of Stirling, Stirling.
- Grant J., Enright C.T. & Grosword A.** (1990) Resuspension and growth of *Ostrea edulis*: a field experiment, *Mar. Biol.*, **104**(1), pp. 51-59.
- Grave K., Engelstad M., Soli N.E. & Håstein T.** (1990) Utilization of antibacterial drugs in salmonid farming in Norway during 1980-1988, *Aquaculture*, **86**, p. 359.
- Gray J.** (1990) Antibiotic use in Norwegian fish farms, *Mar. Pollut. Bull.*, **21**, p. 4.
- Γρηγορίου Π. & Πριόνα Κ.** (1996) Η συμβολή των θαλασσιών μεθόδων γεωφυσικής διασκόπησης στην αντιμετώπιση γεωαρχαιολογικών προβλημάτων – Εφαρμογή των μεθόδων στον κόλπο της Πύλου, *Τετράδια Εργαστηρίου Χημικής Ωκεανογραφίας*, τεύχος 2, (Υπεύθυνος σειράς: Παπαθεοδώρου Γ.), Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου, (υπό προετοιμασία).
- Γρηγορίου Π., Περδικάρης Κ., Κορρές Α. & Πολυχρονόπουλος Γ.** (1996) *Tilapia*: ένα πολλά υποσχόμενο είδος για εκτροφή, *Αλιευτικά Νέα*, **176**, σελ. 76-83.
- Gross M.G.** (1967) In: *Estuaries*, G.H. Lauff ed., p. 273, *Amer. Ass. Adv. Sci.*
- Guezzoni S., Frignani M., Giordani P. & Frascari F.** (1984) Heavy metals in sediments from different environments of a Northern Adriatic Sea area, Italy, *Environ. Geol. Water Sci.*, **6**, No.2, pp. 111-119.

- Håkanson L., Ervik A., Mäkinen T. & Möller B. (1988) Basic concepts concerning assessments of marine fish farms, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark, Nord 1988:90, ISBN 91-7995-088-x, 103 p.
- Halim Y. & Guerguess S.K. (1978) Eutrophication in a brackish delta lake, *J. Etud. Pollut. Attaya*, Monaco, CIESM 4, pp. 435-438.
- Halim Y. & Guerguess S.K. (1982) Oxygen distribution in Lake Manzalah, *Oceanol. Acta*, 5, pp. 309-312.
- Hall P.O.J., Anderson L.G., Holby O., Kollberg S. & Samuelsson M.O. (1990) Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. I. Carbon, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 61, pp. 61-73.
- Halvorsen O. & Hartvigsen R. (1989) A review of the biogeography and epidemiology of *Gyrodactylus salaris*, *NINA Utredning*, 2, pp. 1-41.
- Hamilton T., Willis J.M. & Reynolds C.S. (1984) Depositional fluxes of metals and phytoplankton in Windermere as measured by sediment traps, *Limnol. Oceanogr.*, 29, pp. 695-710.
- Hasiotis T., Papatheodorou G. & Ferentinos G. (1996) A pockmark field in the Patras Gulf (Greece) and its activation during the 14/7/1993 seismic event, *Marine Geology*, vol. 130, pp. 333-344.
- Hasselrot I.B. & Gothberg A. (1974) The ways of transport of mercury to fish, In: A.S.W. de Freitas (Editor), Proc. Int. Conf. Transport of Persistent Chemicals in Aquatic Ecosystems, pp. 37-47.
- Χατζηφώτης Σ.Π. (1995) Στοιχεία από την καλλιέργεια των μαργαριταριών, *Αλιευτικά Νέα*, 169-170, σελ. 89-93.
- Χατζηγιάννη Ε., Παπαδοπούλου Κ.Ν., Πλαϊτή W., Μαϊδανού Μ. & Καρακάσης Ι. (1997) Δομή των μακροπανιδικών κοινοτήτων σε τρεις περιοχές παράκτιας ιχθυοκαλλιέργειας, *Πρακτικά 5^ο Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας*, Καβάλα 15-18 Απριλίου 1997, Τόμος II, σελ. 223-226.
- Hays T. (1980) Impact of net pen culture on water quality and fish populations in Bull Shoals Reservoir, *Compl. Rep. Ark. Game Fish. Comm.*, AGFC Proj. 2-338-R-1, 10 p.
- Head W.K. & McKercher R.B. (1971) *Can. J. Soil Sci.*, 51, p. 423.

- Heit M.** (1979) Variability of the concentrations of seventeen trace elements in the muscle and liver of single striped bass, *Morone saxatilis*, *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, **23**, pp. 1-5.
- Hektoen H. & Berge J.A.** (1991) Nedbrytning og utlekking av kjemoterapeutika i bunnsediment og opptak av kjemoterapeutika i viltlevende organismer rundt oppdettanlegg, In: Hoffman E., Persson R., Gaard E. & Jonsson G.S. (Eds.), Nordisk Ministerråd, København, Havbrug og Miljø, *Nord*, **10**, p. 233.
- Hektoen H., Schaaning M., Berge J.A., Nygaard K., Hormazabal V. & Yndestad M.** (1991) Effekter av antibiotika på miljøet rundt oppdrettsanlegg (Effects of antibiotics on the environment surrounding fish farms), Sluttrapport NFFR prosjekt, V 1203.729.015, Oslo, 56 p. (in Norwegian).
- Helmke P.A., Koons R.D., Schomberg P.J. & Iskander I.K.** (1977) *Env. Sci. and Tech.*, **11**, p. 984.
- Henderson A.R. & Ross D.J.** (1995) Use of the macrobenthic infaunal communities in the monitoring and control of the impact of marine cage fish farming, *Aquaculture Research*, **26**, pp. 659-678.
- Herbert D.W.M.** (1961) The toxicity to rainbow trout of spent still liquors from the distillation of coal, *Ann. Biol.*, **50**, pp. 755-777.
- Herbert D.W.M. & Shurbern D.G.** (1964) The toxicity to fish of mixtures of poissons. I. Salts of ammonia and zinc, *Ann. Appl. Biol.*, **53**, pp. 33-41.
- Herbert D.W.M. & Wakeford A.C.** (1964) The susceptibility of salmonid fish to poisons under estuarine conditions. I. Zinc sulfate, *Int. J. Air. Wat. Poll.*, **8**, pp. 251-256.
- Hillaby B.A. & Randall D.J.** (1979) Acute ammonia toxicity and ammonia excretion in rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *J. Fish. Res. Board Can.*, **36**, p. 621.
- Hinshaw R.N.** (1973) Pollution as a result of fish culture activities, Ecological Research Series, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., 53 p.
- Hirata H.** (1960) Diurnal rhythm of the feeding activity of goldfish with special reference to the inflection point of temperature changes, *Bull. of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **26**, pp. 783-791.

- Hirayama K.** (1966b) Influence of nitrate accumulated in culturing water on *Octopus vulgaris*, *Bull. Jap. Sci. Fish.*, **32**, pp. 105-111.
- Hirst D.M.** (1962a) The geochemistry of modern sediments from the Gulf of Paria (I), *Geochim. Cosmochim. Acta*, **26**, pp. 309-334.
- Hirst D.M.** (1962b) The geochemistry of modern sediments from the Gulf of Paria - II: The location and distribution of trace elements, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **26**, pp. 1147-1187.
- Hirst D.M. & Nicholls G.D.** (1958) *J. Sediment. Petrol.*, **28**, p. 468.
- Hodson P.V.** (1976) Temperature effects on lactate glycogen metabolism in zinc - intoxicated rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *J. Fish Res. Board Can.*, **33**(6), pp. 1393-1397.
- Holby O. & Enell M.** (1991) Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **70**, pp. 263-272.
- Holby O. & Hall P.O.J.** (1991) Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **70**, pp. 263-272.
- Holliday F.G.T.** (1971) *Salinity - Animals - Fishes*, In: *Physiology* (Eds. W.S. Hoar & D.J. Randall), Academic Press, New York, vol. I, pp. 293-311.
- Χώτος Γ. & Ρογδάκης Ι.** (1992) *Υδατοκαλλιέργειες ευρύαλων ψαριών. Λαβράκι και Τσιπούρα - Τεχνικές της αναπαραγωγής και πάχυνσης*, Εκδόσεις 'ΙΩΝ', ISBN 960-405-364-7, Αθήνα.
- Hovland M. & Judd A.G.** (1988) *Seabed pockmarks and seepages*, Graham & Trotman Press, 293 p.
- Huba C., Remacle J., Dubois D & Thorez J.** (1983) Factors affecting the concentrations of cadmium, zinc, copper and lead in the sediments of the Vesdre River, *Water Res.*, **17**, pp. 1281-1286.
- Incze L.S., Lutz R.A. & Watling L.** (1980) Relationships between effects of environmental temperature and seston on growth and mortality of *Mytilus edulis* in a temperate northern estuary, *Mar. Biol.*, **57**, pp. 147-156.
- Ingebrigtsen K.** (1989) Organiske fosforinsekticider, miljøeffekter og persistens, In: Forurensning fra fiskeoppdrett, Berthelsen B. & Braaten B. (Eds.), Rapport fra fagkonferanse, 13-14 Juni 1989, *LENKA-Rapport T-726*, pp. 119-123.

- Inoue H.** (1972) On water exchange in a net cage stocked with the fish hamachi, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **38**, p. 167 (in Japanese).
- Ishio S. & Kondo K.** (1980) Study on the scarcity of red tide in the eutrophicated waters of Ariake Bay. I. Dissolution of phosphate ion from bottom mud by hydrogen sulphide, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **46**, p. 977.
- Ito S. & Imai T.** (1955) Ecology of oyster bed on the decline productivity due to repeated cultures, *Tokyo J. Agric. Res.*, **4**, pp. 251-268.
- Ivleva I.V.** (1972) *Usp. Sovrem. Biol.*, **73**(1).
- Iwama K.G.** (1991) Interactions between aquaculture and the environment, *Critical Reviews in Environmental Control*, **21**(2), pp. 117-216.
- Jacobsen P.** (1988) Legemiddelbrukens påvirkning av oppdrettsmiljøet (The influence of medication on the fish farm environment), *Norsk Fiskeoppdrett*, **1**, pp. 38-39.
- Jacobsen P. & Berglind L.** (1988) Persistence of oxytetracycline in sediments from fish farms, *Aquaculture*, **70**, pp. 365-370.
- Jenkins M.C. & Kemp W.M.** (1984) The coupling of nitrification and denitrification in two estuarine sediments, *Limnol. Oceanogr.*, **29**, pp. 609-619.
- Johnsen R.I., Grahl-Nielsen O. & Lunestad B.T.** (1993) Environmental distribution of organic waste from a marine fish farm, *Aquaculture*, **118**, pp. 229-244.
- Jones T.O. & Iwama G.D.** (1990) The polyculture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg) with chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*, *Bull. Aquaculture Assoc. Can.*
- Juell J.-E., Fosseidengen J.E. & Lindem T.** (1990) Lovende resultater med atferdsbasert foringskontroll i matfiskanlegg, *Norsk Fiskeoppdrett*, **1**, pp. 32-34.
- Κανέτη Σ., Κατσίκη Β.Α. & Χατζησπύρου Α.** (1987) Προκαταρκτική μελέτη βιοσυσσώρευσης χαλκού σε τρία είδη ψαριών του κόλπου Γέρας, *Πρακτ. 2^ο Πανελ. Συμπ. Ωκεανογραφίας και Αλιείας*, Μάιος 1987.
- Καπίρης Κ.** (1991a) Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ίδρυση και λειτουργία μονάδων θαλάσσιων ιχθυοκαλλιέργειών, Μέρος Α', *Αλιευτικά Νέα*, **115**, σελ. 79-90.

- Καπίρης Κ.** (1991b) Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ίδρυση και λειτουργία μονάδων θαλάσσιων ιχθυοκαλλιεργειών, Μέρος Β', *Αλιευτικά Νέα*, **116**, σελ. 85-91.
- Καρακάσης Ι., Τσαπάκης Ε. & Zivanovic S.** (1997a) Εξέλιξη στο χώρο και στο χρόνο της ποιότητας του ιζήματος στην περιοχή τριών μονάδων υδατοακλλιέργειας, *Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας*, Καβάλα 15-18 Απριλίου 1997, **Τόμος ΙΙ**, σελ. 211-214.
- Καρακάσης Ι., Τσαπάκης Ε., Χατζηγιάννη Ε., Μαϊδανού Μ., Παπαδοπούλου Κ.Ν., Πήττα Π. & Smith C.** (1997b) Αλληλεπίδραση υδατοκαλλιεργειών και θαλασσίου περιβάλλοντος: Μεθοδολογία και πρώτα συμπεράσματα, *Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας*, Καβάλα 15-18 Απριλίου 1997, **Τόμος ΙΙ**, σελ. 233-234.
- Kaspar H.F., Gillespie P.A., Boyer L.C. & MacKenzie A.L.** (1985) Effects of mussel aquaculture on the nitrogen cycle and benthic communities in Keneruru Sound, Marlborough Sounds, New Zealand, *Mar. Biol.*, **85**, pp. 127-136.
- Kaspar H.F., Hall G.H. & Holland A.J.** (1988) Effects of sea cage salmon farming on sediment nitrification and dissimilatory nitrate reductions, *Aquaculture*, **70**, pp. 333-344.
- Kato S., Hirobe H. & Maegawo T.** (1985) On the essential sea water parameters to discriminate between red tide and non red tide by discriminate analysis, *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, **51**, pp. 7-12, 21.
- Kazakov R.V. & Khalyapina L.M.** (1981) Oxygen consumption of adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) males and females in fish culture, *Aquaculture*, **25**, pp. 289-292.
- Kelley D.F.** (1988) The importance of estuaries for sea bass *Dicentrarchus labrax* (L.), *J. Fish Biol.*, **33** (Suppl. A), pp. 25-33.
- Ketola H.G.** (1982) Effect of phosphorus in trout diets on water pollution, *Salmonid*, **6**, p. 12.
- Kilambi R.V., Adams J.C. & Wickizer W.A.** (1978) Effects of cage culture on growth, abundance and survival of resident largemouth bass (*Micropterus salmoides*), *J. Fish. Res. Board Can.*, **35**, pp. 157-160.

- Kimura K.** (1984) Accumulation and retention of caesium-137 by the common goby, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **50**, pp. 481-487.
- Κλαουδάτος Σ., Κονίδης Α. & Χατζηευσταθίου Μ.** (1997) Αλληλεπιδράσεις μεταξύ υδατοκαλλιεργειών και περιβάλλοντος στον κόλπο Καλλονής Λέσβου: Πρώτα συμπεράσματα, *Πρακτικά 5^ο Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας*, Καβάλα 15-18 Απριλίου 1997, **Τόμος II**, σελ. 215-218.
- Knepp G.W. & Arkin G.F.** (1973) Ammonia toxicity levels and nitrate tolerance of channel catfish, *Prog. Fish. Cult.*, **35**, pp. 221-224.
- Kochenov A.V., Baturin G.N., Kovaleva S.A., Yemelyanov Y.M. & Shimkus K.M.** (1965) *Geokhimiya*, **3**, p. 302.
- Κονίδης Α.** (1992) *Επίδραση της αλατιότητας στην ανάπτυξη ιχθυδίων της τσιπούρας Sparus aurata, καλλιεργούμενων υπό ελεγχόμενες συνθήκες*, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 135 σελ.
- Κονισπολιάτης Ν.Κ.** (1984) Μελέτη των ιζημάτων του Στρυμωνικού κόλπου, Διδακτορική διατριβή, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 109 σελ.
- Korzeniewski K. & Salata W.** (1982) Effect of intensive trout culture on chemistry of Lake Letowo waters, *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **29**, p. 633.
- Korzeniewski K., Banat Z. & Moczulska A.** (1982) Changes of the water in the Uniesc and Skotawa rivers, caused by intensive trout culture, *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **29**, p. 683.
- Κουσουρής Θ., Φώτης Γ. & Κονίδης Α.** (1995) *Περιβάλλον και Υδατοκαλλιέργεια. Η αμφίδρομη σχέση των επιπτώσεων*, Εκδ. Αγροτική Τράπεζα Ελλάδος, Αθήνα.
- Krishnaja A.P. & Rege S.** (1982) Induction of chromosomal aberrations in fish *Bleophthalmus dussumieri* after exposure to mitomycin C and heavy metals mercury, selenium, and chromium, *Mutat. Res.*, **102**, pp. 71-82.
- Krom M.D., Porter C. & Gordin H.** (1985a) Nutrient budget on a marine fish pond in Eilat, Israel, *Aquaculture*, **51**(1), pp. 65-80.
- Krom M.D., Porter C. & Gordin H.** (1985b) Description of the water quality conditions in a semi-intensively cultured marine fish pond in Eilat, Israel, *Aquaculture*, **51**(1), pp. 141-157.

- Krumbein W.C. & Goldwell L.T.** (1939) A real variation of organic carbon content of Barataria Bay sediments, Louisiana, *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **23**, pp. 582-594.
- Kryvi H.** (1989) Akvakultur i Japan - algeoppblomstring - miljø (Aquaculture in Japan - algal blooms - environment), LENKA-rapport, *Miljøverndepartementets rapportserie*, No. T-726, Oslo, Norway, 83 p. (in Norwegian).
- Kuenen Ph.H.** (1950) *Marine Geology*, John Wiley, New York, 568 p.
- Kupka-Hansen P., Lunestad B.T. & Samuelsen O.B.** (1991) Environmental effects of antibiotics/chemotherapeutics from aquaculture, In: *Aquaculture and the Environment*, Short communications and abstracts, N. De Pauw and J. Joyce (Comp.), European Aquaculture Society, Special Publication No.14, Bredene, Belgium, p. 332.
- Lacerda L.D.** (1983) Aplicacao de metodologia de abordagem pelos parametros criticos no estudo da populacao por meta-is pesados na Baia de Sepetiba, Rio de Janeiro, Ph.D. Thesis, Federal University of Rio de Janeiro, Brazil, 136 pp.
- Landner et al.** (1982) System for testing and hazard evaluation of chemicals in the aquatic environment - Esther, National Swedish Environment Protection Board, Solna, Sweden, Report 1, Bulletin PM 1631, 81 p.
- Lane P. & Associates** (1992) Global Environmental Facility: Egyptian engineered wetlands - Environmental Impact Assessment, **E-388**, UNDP, New York, 2 vols.
- Leatherland J.F.** (1970a) Seasonal variation in the structure and ultrastructure-of the pituitary in the marine form (*Trachurus*) of the three spined stickleback, *Gasterosteus aculatus* L. I. Rostral pars distalis, *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.*, **104**, pp. 301-317.
- Leatherland J.F.** (1970b) Seasonal variation in the structure and ultrastructure of the pituitary in the marine form (*Trachurus*) of the three spined stickleback, *Gasterosteus aculatus* L. II. Proximal pars distalis and neuro-intermediate lobe, *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.*, **104**, pp. 318-336.
- Lees G.H.** (1937) *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **21**, p. 1579.
- Lees A. & Buller A.T.** (1972) *Mar. Geol.*, **13**, p. 67.

- Lightner D.V., Redman R.M. & Bell T.A.** (1983) Infectious hypodermal and hematopoietic necrosis (IHHNV), a newly recognized virus disease of penaeid shrimp, *J. Invert. Pathol.*, **42**, p. 62.
- Lisitsyn A.P.** (1966) *Recent Sedimentation in the Bering Sea*, Izdatel'stvo Nauka, Moscow.
- Lloyd R.** (1960) The toxicity of zinc sulfate to rainbow trout, *Ann. Appl. Biol.*, **48**, pp. 84-94.
- Lopez-Jamar E., Eglesias J. & Otero J.J.** (1984) Contribution of infauna and mussel-raft epifauna to demersal fish diets, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **15**, pp. 13-18.
- Loring D.H. & Nota D.J.G.** (1968) *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **25**, p. 2327.
- Loyacano H.A. & Smith D.C.** (1976) Attraction of native fish to catfish culture cages in reservoirs, *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish. Comm.*, **29**, pp. 63-73.
- Lubchenko I.Y.** (1970) *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **193**, p. 445 (Engl. Transl. 221).
- MacLaren Engineers, Planners & Scientists Inc.** (1981) Lake Manzalah study, *Report to Arab Repub. Egypt and UNDP.EGY/76/001/07*, Cairo: Ministry of Development and New Communities, 12 vols.
- Malouf R.E. & Breese W.P.** (1977) Seasonal changes in the effect of temperature and water flow rate on the growth of juvenile Pacific oysters, *Crassostrea gigas* Thunberg, *Aquaculture*, **12**, pp. 1-13.
- Manahan S.E.** (1991) *Environmental Chemistry*, Chelsea, Michigan: Lewis Publ., 583 pp.
- Manheim F.T.** (1961a) *Geochim. Cosmochim. Acta*, **25**, p. 52.
- Mantle G.J.** (1982) Biological and chemical changes associated with the discharge of fish-farm effluent, *EIFAC Tech. Pap.*, **1**(3), p. 112.
- Marchant J.M.** (1928) *Spec. Rep. No.5 Fish. Mar. Biol. Surv.*, Union South Africa.
- Markmann P.N.** (1978) Begrænsning af dambrugsforureningen, *Vand*, **9**(1), pp. 29-34
- Markmann P.N.** (1982) Biological effects of effluents from Danish fish farms, *EIFAC Tech. Pap.*, **41**, 99 p.
- McLean W.E. & Frazer F.J.** (1974) Environmental Protection Series Pacific Region, Surveillance Rep., EPS 5-EPR-74-5.

- Μεγαλοφώνου Π.** (1995) Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος 'Θαλάσσια Βιολογία', Τμ. Ιχθυοκομίας - Αλιείας, Σ.Τ.Ε.Γ., Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου.
- Merican Z.O. & Phillips M.J.** (1985) Solid waste production from rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, cage culture, *Aquacult. Fish. Mgmt.*, **16**, pp. 55-69.
- Midvedt** (1990) Nye antibiotika og fiskoppdrett (New antibacterials and fish farming), *Tidsskr Nor Lægeforen 1*, **110**, pp. 81-82.
- Milne P.H.** (1979) *Fish and Shellfish Farming in Coastal Waters*, 2nd edition, Fishing News Books Ltd., Farnham, England.
- Moore J.R.** (1963) Bottom sediment studies, Buzzards Bay, Mass., *J. Sediment. Petrol.*, **33**, pp. 511-558.
- Moore J.R.** (1968) *Bull. Brit. Mus. (Natur. Hist.)*, **2**, p. 1.
- Moore J.W. & Ramamoorthy S.** (1984) *Heavy Metals in Natural Waters. Applied Monitoring and Impact Assessment*, Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg, N.Y., Tokyo, pp. 4-199.
- Mount D.I.** (1966) The effect of total hardness and pH on acute toxicity of zinc to fish, *Int. J. Air. Wat. Pollut.*, **10**, pp. 49-56.
- Munro A.L.S.** (1990) Salmon farming, *Fish. Res.*, **10**, p. 151.
- Murray J.** (1900) *Scott. Geol. Mag.*, **16**, p. 673.
- Mäkinen T.** (1989) Fish culture and environmental impacts in Finland, ICES, CM:F10, **30**.
- Møster G.** (1986) Bruk av antibiotika i fiskeoppdrett (The use of antibiotics in Norwegian fish farming), Sogn og Fjordane Distriktshøgskole, 5800 Sogndal, Norway, 58 pp.
- Müller G.** (1979) Schwermetalle in den sedimenten des Rheins Verandenrungen seit (1971), *Umschau.*, **79**, pp. 778-783.
- Nagashima Y., Kikuchi T. & Chiba M.** (1984) Toxicity and accumulation of mercury in fish, the himedaka, *Oryzias latipes*, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **50**, pp. 95-99.
- Nash C.** (1988) A global overview of aquaculture production, *J. World Aquaculture Soc.*, **19**, p. 51.
- Neori A. & Krom M.D.** (1991) Nitrogen and phosphorus budgets in an intensive marine fish pond: the importance of microplankton. In: *Nutritional strategies*

- and aquaculture waste*, Cowey C.B. & Cho C.Y. (Eds.), Fish Nutr. Res. Lab., University of Guelph, Ontario, Canada, pp. 223-230.
- Newton R.S., Cunningham R.C. & Schubert C.E.** (1980) Mud volcanoes and pockmarks: Seafloor engineering hazards or geological curiosities?, *Offshore Technology Conference*, Paper 3729, Houston, Texas, U.S.A.
- Nishimura H. & Kumagai M.** (1983) Mercury pollution of fishes in Minamata Bay and surrounding water: analysis of pathway of mercury, *Water Air Soil Pollut.*, **20**, pp. 401-411.
- Nota D.J.G & Loring D.H.** (1964) *Mar. Geol.*, **2**, p. 198.
- Ντούκας Β.** (1996) Κίνδυνοι από τη χρήση αντιβιοτικών και σουλφοναμιδών στις ιχθυοκαλλιέργειες, *Αλιευτικά Νέα*, **186**, σελ. 73-77.
- O'Connor B.D.S., Costelloe J., Keegan B.F. & Rhoads D.C.** (1989) The of REMOTS[®] technology in monitoring coastal enrichment resulting from mariculture, *Mar. Pollut. Bull.*, vol. **20**, No. 8, pp. 384-390.
- O'Grady P., Smith P.R., Palmer R. & Hickey C.** (1986) Antibiotic therapy of furunculosis in freshwater and seawater, In: *Pathology in marine aquaculture*, Vivares C.P., Bonami J.-R. & Jaspers E. (Eds.), European Aquaculture, Special Publication No.9, 428 p.
- Ottman F. & Sornin J.M.** (1985) Observations on sediment accumulation as a result of mollusk culture systems in France, In: *Proc. of the Int. Symp. on Utilization of Coastal Ecosystems: Planning, Pollution and Productivity*, 21-27 Nov. 1982, Rio Grande, Brazil, Vol. 1, (Ed. by Chao N.L. & Kirby-Smith W.), pp. 329-337.
- Paasche E.** (1973) Silicon and the ecology of marine plankton diatoms. I. *Thalassiasira pseudonana* (Cyclotellana) grown in a chemostate with silicate as limiting nutrient, *Mar. Biol.*, **19**, pp. 117-126.
- Panayotidis P. & Florou H.** (1994) Copper, cadmium and iron in marine organisms in a eutrophic estuarine area (Amvrakikos gulf, Ionian sea, Greece), *Toxicological and Environmental Chemistry*, **45**, pp. 211-219.
- Παπαθεοδώρου Γ.Σ.** (1990) Διαργασίες σύγχρονης ιζηματογένεσης στον Κορινθιακό κόλπο, Τόμος I: Γεωφυσική, Τόμος II: Ιζηματολογία, Τόμος III:

- Γεωχημεία, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 253 σελ.
- Παπαθεοδώρου Γ.** (1994) Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος 'Χημική Ωκεανογραφία Γ', Τμ. Ιχθυοκομίας - Αλιείας, Σ.ΤΕ.Γ., Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου.
- Παπαθεοδώρου Γ.** (1995) Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος 'Χημική Ωκεανογραφία Γ', Τμ. Ιχθυοκομίας - Αλιείας, Σ.ΤΕ.Γ., Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, 197 σελ.
- Παπαθεοδώρου Γ.** (1996) Μέθοδοι ποσοτικοποίησης της ρύπανσης των θαλάσσιων ιζημάτων από βαρέα μέταλλα, *Γεωλογία Περιβάλλοντος*, Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 130 σελ.
- Papatheodorou G., Hasiotis T. & Ferentinos G.** (1993) Gas charged sediments in the Aegian and Ionian Seas, Greece, *Marine Geology*, vol. 112, pp. 171-184.
- Παπαθεοδώρου Γ. & Φερεντίνος Γ.** (1994) Φυσικοχημικοί παράμετροι ως κριτήρια εγκατάστασης - συντήρησης χώρου ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων, Ημερίδα 'Αλιεία - Υδατοκαλλιέργειες', ΓΕΩΤ.Ε.Ε., Παράρτημα Πελοποννήσου - Δυτ. Στερ. Ελλάδας, 14 Δεκεμβρίου 1994, Μεσολόγγι, σελ. 27-31.
- Παπουτσόγλου Σ.Ε.** (1985) *Εφαρμοσμένη Υδροβιολογία. Μέρος Β' Ειδικό. Εισαγωγή στις Υδατοκαλλιέργειες*, Τόμος Α, Εκδ. Καραμπερόπουλος, Αθήνα, 595 σελ.
- Papoutsoglou S.E. & Papapaskeva - Papoutsoglou E.** (1978) Effect of water temperature on growth rate and body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*, Risso) fry, fed on maximum ration in close system, *Thalassographica*, 2(1), pp. 83-97.
- Papoutsoglou S.E.** (1996) Impact of aquaculture on the aquatic environment in relation to applied production systems, *Αλιευτικά Νέα*, 179, English Supplement, σελ. 122-127.
- Parametrix** (1990) Final Programmatic Environmental Impact Statement, Fish Culture in Floating Net Pens, Washington State Department of Fisheries.
- Parks R.W., Scarsbrook E. & Boyd C.E.** (1975) Phytoplankton and water quality in a fertilized fish pond, Auburn University, *Agr. Exp. Sta. Circ.*, 224, 16 p.
- Παρπούρα Αλκ.** (1992) Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος 'Θαλάσσια Βιολογία', Τμ. Ιχθυοκομίας - Αλιείας, Σ.ΤΕ.Γ., Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου.

- Παρπούρα Αλκ.** (1995) Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος 'Ρύπανση Υδάτινων Μαζών', Τμ. Ιχθυοκομίας - Αλιείας, Σ.ΤΕ.Γ., Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου.
- Partanen P.** (1986) A study of the zoobenthos in the environment of fish farms in the sea off Sipoo, *Can. Transl. Fish. Aquat. Sci.*, **5267**, p. 26.
- Pascoe D. & Cram P.** (1977) The effect of parasitism on the toxicity of cadmium to the three-spined stickleback *Crasterosteus aculeatus* L., *J. Fish Biol.*, **10**, pp. 467-472.
- Paul J. & Meischner D.** (1976) Heavy metal analyses of sediments from the Adriatic Sea, *Senckemb. Marit.*, **8**, pp. 91-102.
- Paul J.D. & Davies I.M.** (1986) Effects of copper and tin-based anti-fouling compounds on the growth of scallops (*Pecten maximus*) and oysters (*Crassostrea gigas*), *Aquaculture*, **54**, p. 191.
- Pearson T.H.** (?) The Loch Eil project: assessment and synthesis with a discussion of certain biological questions arising from a study of prganic pollution of sediments, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **57**, p. 93.
- Pearson T.R. & Rosenberg R.** (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment, *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **16**, pp. 229-331.
- Penczak T., Galicka W., Molinski M., Kusto E. & Zalewski M.** (1982) The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *J. Appl. Ecol.*, **19**, pp. 371-393.
- Perrone S.J. & Meade T.L.** (1977) Protective effect of Chloride on nitrite toxicity in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*), *J. Fish. Res. Board Can.*, **34**, pp. 486-492.
- Persson G.** (1987) Sambandet mellan föda, produktion och förorening vid odling av stor regnbege (*Salmo gairdneri*), Naturvårdsverket Rapport, No. **3382**, 76 p.
- Persson G.** (1988) Relationship between feed, productivity and pollution in the farming of large rainbow trout (*Salmo gairdneri*), National Swedish Environmental Protection Board Report, No. **3534**.
- Petit J.** (1989) Water supply treatment and recycling in aquaculture, In: *Aquaculture*, (Ed. G. Gilbert), Ellis Horwood Ltd., 2nd edition, vol. II, pp. 63-196.

- Phillips M.J.** (1982) The attraction of free-ranging rainbow trout to a feeding station, Ph.D. thesis, University of Stirling, Scotland, 241 p.
- Phillips M.J., Beveridge M.C.M. & Ross L.G.** (1985) The environmental impact of salmonid cage culture on inland fisheries: present status and future trends, *J. Fish. Biol.*, **27**, Suppl. A, pp. 123-137.
- Pickering Q.H. & Gast M.H.** (1972) Acute and chronic toxicity of cadmium to the fathead minnow (*Pimephales promelas*), *J. Fish. Res. Board. Can.*, **29**(30), pp. 1099-1106.
- Pilipchuk M.F. & Volkov I.I.** (1966) *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **167**, p. 1 (Engl. Transl. 152).
- Pillay T.V.R.** (1992) *Aquaculture and the Environment*, Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, United Kingdom, ISBN 0-85238-183-2, 189 p.
- Piper D.Z.** (1971) *Geochim. Cosmochim. Acta*, **35**, p. 531.
- Πήττα Π., Τσαπάκης Ε., Δαφνομήλη Ε. & Καρακάσης Ι.** (1997) Επιπτώσεις των υδατοκαλλιεργειών στο πλαγκτονικό σύστημα στην περιοχή τριών μονάδων παραγωγής, *Πρακτικά 5^ο Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανόγραφίας & Αλιείας*, Καβάλα 15-18 Απριλίου 1997, Τόμος **II**, σελ. 219-222.
- Poenomo A. & Singh V.P.** (1982) Problems, field identification and practical solutions of acid sulphate soils for brackishwater fishponds, In: Report of Consultation / Seminar on Coastal Fishpond Engineering, FAO/UNDP, Manila, Philippines, 44 p.
- Poxton M.G. & Allouse S.B.** (1982) Water quality criteria for marine fisheries, *Aquacultural Engineering*, **1**, pp. 153-191.
- Price N.B. & Wright P.L.** (1971) In: *The Geology of the East Atlantic Continental Margin*, F.M. Delany ed., I.G.S. Rep. 70/14, p. 17.
- Quayle D.B.** (1969) Pacific oyster culture in British Columbia, *Fish. Res. Board Can. Bull.*, **1969**, p. 192.
- Raa J. & Liltved H.** (1991) An assessment of the compatibility between fish farming and the Norwegian coastal environment, *Aquaculture and the Environment*, N. De Pauw & J. Joyce (Eds.), European Aquaculture Society, Special Publication No.16, Gent, Belgium, pp. 51-59.

- Rapin F., Fernex F., Farvager P.Y., Vernet J.P. & Van Dievoet E.** (1979) Repartition by mercure dans les sediments marine superficiels by plateau continental de la Conte d' Azur (France, Mediterranee), *Rev. Int. Oceanogr. Med.*, **53-54**, pp. 41-49.
- Ratkowsky D.A., Dix T.G. & Wilson K.C.** (1975) Mercury in fish in the Derwent Estuary, Tasmania, and its relation to the position of the fish in food chain, *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, **26**, pp. 223-231.
- Ραβασόπουλος Γ. & Βρης Δ.** (1996) Ωκεανογραφικές έρευνες στον όρμο Αιγίου, Ερατεινής και στην παραλία Νικολεϊκών μετά τον καταστρεπτικό σεισμό (6.2R) της 15^{ης} Ιουνίου 1995, *Τετράδια Εργαστηρίου Χημικής Ωκεανογραφίας*, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, τεύχος 1, (Υπεύθυνος σειράς: Παπαθεοδώρου Γ.), 150 σελ.
- Ραβασόπουλος Γ. & Παπαθεοδώρου Γ.** (1997) Διαφυγές αερίων υδρογονανθράκων από τα θαλάσσια ιζήματα και η επίδρασή τους στις υδατοκαλλιέργειες, *Αλιευτικά Νέα*, **187**, σελ. 81-88.
- Ray S. & Macknight S.D.** (1984) Trace metal distribution in Saint John Harbour sediments, *Mar. Pollut. Bull.*, **15**, pp. 12-18.
- Reichenbach - Klinke** (1967) Untersuchungen über die Einwirkung des Ammonia - Kgehalts anf den Fischorganismus, *Arch. Fisch. Wiss.*, **17**, pp. 122-132.
- Reison G.E.** (1975) *Mar. Geol.*, **19**, p. 297.
- Renfro W.C. & Oregioni B.** (1974) Metal concetration in nearshore Mediterranean sediments: Vienna, I.A.E.A. Techn. Rep. No. 163, pp. 129-134.
- Rhoads D.C. & Germano J.D.** (1982) Characterization of organism-sediment relations using sediment profile imaging: an efficient method of remote ecological monitoring of the seafloor (REMOTS[®] system), *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **8**, pp. 115-128.
- Rhoads D.C. & Germano J.D.** (1986) Interpreting long-term changes in benthic community structure: a new protocol, *Hydrobiologia*, **142**, pp. 291-308.
- Rhoads D.C. & Stanley D.J.** (1966) Transmitted infrared radiation: a simple method for studying sedimantary structures, Woods Hole Oceanographic Institution, Contribution No. 1814, Woods Hole, Massachusetts, pp. 1144-1149.
- Rittenberg S.C., Emery K.O. & Orr W.L.** (1955) Regeneration of nutrients in sediments of shallow marine basins, *Deep Sea Res.*, **3**, pp. 23-45.

- Rombough P.J. & Garside E.T.** (1984) Disturbed balance in alevins of Atlantic salmon, *Salmo salar*, chronically exposed to sublethal concentration of cadmium, *Can. J. Zool.*, **62**, pp. 1443-1450.
- Romero P., Gonzalez-Gurriaran E. & Penas E.** (1982) Influence of mussel rafts on spatial and seasonal abundance of crabs in the Ria de Arousa, North-west Spain, *Mar. Biol.*, **72**, pp. 201-210.
- Rosenberg R. & Loo L.** (1983) Energy-flow in a *Mytilus edulis* culture in western Sweden, *Aquaculture*, **35**, p. 151.
- Rosenthal H.** (1980) Implications of transplantations to aquaculture and ecosystems, *Mar. Fish. Rev.*, **1**.
- Rosenthal H.** (1985) Recent observations on environmental effects, ICES, CM:F34, **1**.
- Rosenthal H., Weston D., Gowen R. & Black E.** (1988) Report of the *ad hoc* study group on 'Environmental impact of mariculture', Cooperative Research, Report No. 154, 83 p.
- Ross A.** (1989) Nuvan use in salmon farming: the antithesis of the precautionary principle, *Mar. Pollut. Bull.*, **20**, p. 372.
- Ross A. & Horsman P.V.** (1988) The use of Nuvan 500EC in the salmon farming industry, Marine Conservation Society Report, pp. 1-24.
- Russo R.C., Smith C.E. & Thurston R.V.** (1974) Acute toxicity of nitrite to rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *J. Fish. Res. Board Can.*, **31**(10), pp. 1653-1655.
- Russo R.C. & Thurston R.V.** (1977) The acute toxicity of nitrite to fishes, In: *Recent advances in fish toxicity*, (Ed. R.A. Tubb), EPA Ecol. Res. Ser., EPA-600/3-77-085, pp. 118-131.
- Rychly J. & Spannhof L.** (1979) Nitrogen balance in trout. I. Digestibility of diets containing varying levels of protein and carbohydrate, *Aquaculture*, **16**, pp. 39-46.
- Rychly J.** (1980) Nitrogen balance in trout. II. Nitrogen excretion and retention after feeding diets with varying protein and carbohydrate levels, *Aquaculture*, **20**, pp. 343-350.
- Ryther J.H. & Dunstan W.M.** (1971) *Science*, **171**, pp. 1008-1013.

- Røed H.** (1991) Demands for environmental testing of antibacterials to be used in Norwegian fish farming and environmental solutions, *Aquaculture and the Environment*, N. De Pauw & J. Joyce (Eds.), European Aquaculture Society, Special Publication No.16, Gent, Belgium, pp. 255-276.
- Saad M.A.H., Ezzat A. & Shabana A.** (1973) Effect of pollution on the blood characteristics of *Tilapia zillii* GERV, *Water, Air, Soil Pollut.*, **2**, pp. 171-179.
- Saad M.A.H.** (1971) *Bull. Faculty Science Alex.*, **11**, p.215.
- Saad M.A.H.** (1974) *Hydrobiol.*, **44**, p. 381.
- Saad M.A.H.** (1980) Eutrophication of Lake Mariut, a heavily polluted lake in Egypt, *Agrochim. Resid. - Biota Interact. Soil Aquatic Ecosyst. IAEA*, Vienna, pp. 153-163.
- Saad M.A.H., Abu-Elamayem M.M., El-Sebae A.H. & Sharaf I.F.** (1982) *Water, Air and Soil Poll.*, **17**, p. 245.
- Saad M.A.H., McComas S.R. & Eisenreich S.J.** (1985) Metals and chlorinated hydrocarbons in surficial sediments of three Nile Delta Lakes, Egypt, *Water, Air and Soil Poll.*, **24**, pp. 27-39.
- Sakaizumi M. & Egami N.** (1980) Effects of methyl mercuric chloride and gamma irradiation on the fertility of males in the fish *Oryzias latipes*, *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, Sect. IV Zool., **14**, pp. 385-390.
- Salmon T.P. & Conte F.S.** (1982) Birds - fighting the feathered foe, *Fish Farming Int.*, **3**, p. 13.
- Samuelsen O.B.** (1989) Degradation of oxytetracycline in seawater at two different temperatures and light intensities, and the persistence of oxytetracycline in the sediment from a fish farm, *Aquaculture*, **83**, pp. 7-16.
- Samuelsen O.B., Ervik A. & Solheim E.** (1988) A qualitative and quantitative analysis of the sediment gas and diethylether extract of the sediment from salmon farms, *Aquaculture*, **74**, pp. 277-285.
- Samuelsen O.B., Solheim E. & Lunestad B.T.** (1991) Fate and microbial effects of furazolidone in a marine aquaculture sediment, *Science of the Total Environment*, **108**, pp. 275-284.

- Samuelsson M.O.** (1986) Dissimilatory nitrate reduction in the marine environment, Ph.D. thesis, Department of Marine Microbiology, University of Göteborg, Sweden, ISBN 91-86022-23-7, 124 p.
- Savidge G., Forster P. & Voltolina D.** (1984) Intense localised productivity in the Irish Sea, *Estuarine, Coastal and Marine Sciences*, vol. 18, pp. 157-164.
- Schindler D.W.** (1981) In: *Estuaries and Nutrients*, edited by B.J. Neilson & L.E. Cronin, The Humana Press Inc., Clifton, New Jersey, pp. 71-82.
- Schlotfeldt H.J.** (1985) *Grundlagen der fischpathologie*, Verlag Paul Parey, Berlin, Germany.
- Scholl D.W.** (1963) *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, 47, p. 1581.
- Seamann M.N.L.** (1985) Ecophysiological investigations on the oyster, *Crassostrea gigas*, in Flensburg fjord, *Veroeff. Ints. Kuest.-Binn*, Hamburg, no. 89, 71 p.
- Secretan P.** (1979) Too much stock escapes from nets and cages, *Fish Farming Int.*, 6(3), p. 23.
- Seibold E., Müller G. & Fesser H.** (1958) *Erdöl Kohle*, 11, p. 296.
- SEMA** (1980a) Avaliacao dos projetos de metais pesados. Minist Interior Secr. Esp. Meio Ambiente, Brasilia, DF.
- Sholkowitz E.** (1973) Interstitial water chemistry of the Santa Barbara basin sediments, *Geochimica Cosmochimica Acta*, vol. 37, pp. 2043-2073.
- Short J.W. & Thrower F.P.** (1986) Accumulation of butyltins in muscle tissue of Chinook salmon reared in sea pens treated with tri-n-butyltin, *Mar. Pollut. Bull.*, 17, p. 542.
- Shukri N.M., Philip G. & Said R.** (1956) The geology of the Mediterranean coast between Rosetta and Bardia. II. Pleistocene sediments, geomorphology and microfacies, *Bull. Inst. Egypte*, 37(2), pp. 395-427.
- Siegel F.R., Slaboda M.L. & Stanley D.J.** (1994) Metal pollution loading, Manzalah Lagoon, Nile Delta, Egypt: Implications for aquaculture, *Env. Geol.*, 23, pp. 89-98.
- Simpson H.J. & Pedini M.** (1985) Brackishwater aquaculture in the tropics: the problem of acid sulphate soils, *FAO Fish. Circ.*, 791, p. 32.
- Skidmore J.F.** (1970) Respiration and osmoregulation in rainbow trout with gills damaged by zinc sulfate, *J. Exp. Biol.*, 52, pp. 481-494.

- Σκούλλος Μ.** (1988) *Χημική Ωκεανογραφία. Μέρος Β': Θαλάσσια Ρύπανση, Ανόργανες Υλεις από τη Θάλασσα, Αφολάτωση*, Β' έκδοση, Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ. 53-89.
- Slanina K.** (1962) Beitrag zur Wirkung mineralischer Suspensionen auf Fische, *Wass u. Abwass.*, (In: Alabaster & Lloyd, 1980).
- Sly D.G., Thomas R.L. & Pelletier B.R.** (1983) Interpretation of moment measures derived from water-lain sediments, *Sedimentology*, **30**, pp. 219-233.
- Smart G.R.** (1976) The effect of ammonia exposure on gill structure of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *J. Fish. Biol.*, **8**, pp. 471-477.
- Smart G.R.** (1978) Investigations of the toxic mechanisms of ammonia to fish - gas exchange in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) exposed to acutely lethal concentrations, *J. Fish. Biol.*, **12**, pp. 93-104.
- Smith C.E. & Williams W.C.** (1974) Experimental nitrite toxicity in rainbow trout and chinook salmon, *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **2**, pp. 389-390.
- Smith L.R.** (1975) Turbulence in lakes and rivers, *Publ. Freshwater Biol. Assoc.*, **29**, p. 79.
- Smith P.** (1983) *Fish Farming Int.*, **10**, p. 6.
- Smith P.R.** (1991) Antibiotics and the alternatives, In: *Aquaculture and the Environment*, N. De Pauw & J. Joyce (Eds.), European Aquaculture Society, Special Publication No.16, Gent, Belgium, pp. 223-234.
- Smith P.R., Cazabon D., Coyne R. & Kerry J.** (1991) Technical report on the fate and impact of oxytetracycline in a marine salmon farm, Fish Disease Group, University College Galway, Ireland, 42 p.
- Solberg S.O. & Bregnballe F.** (1977) Dambrug som forureningskilde, *Medd. Forsøgsdambruget*, No. **58**, 71 p.
- Solbé J.F. de L.G.** (1982) Fish-farm effluents; a United Kingdom survey, in Report on EIFAC Workshop on Fish Farm Effluents, Alabaster J., Ed., *EIFAC Tech. Pap.*, **41**, 166 p.
- Solov'yev A.V.** (1960) *Int. Geol. Rev.*, **4**, p. 17.
- Souza C.M.M.** (1986) Estudo comparativo da distribuicao de metais pesados em sedimentos contaminados e nao contaminados e nao contaminados no litoral sul

- do Estado do Rio de Janeiro, MSc. Thesis, Federal University of Fluminense, Brasil.
- Spencer W.D.** (1963) The interpretation of grain-size distribution curves of clastic sediments, *Journal Sed. Petrology*, **33**, pp. 180-190.
- Spencer D.W., Degens E.T. & Kulbicki G.** (1968) In: *Origin and Distribution of the Elements*, L.H. Ahrens ed., p. 981, Pergamon Press, Oxford.
- Spotte S.** (1979) *Fish and Invertebrate Culture. Water Management in Closed Systems*, Second Edition, Wiley and Sons, New York, 179 pp.
- Stamm J.** (1991) Environmental assessment of sarafin™, an aquaculture antibacterial, In: *Aquaculture and the Environment*, Short communications and abstracts, N. De Pauw and J. Joyce (Comp.), European Aquaculture Society, Special Publication No.14, Bredene, Belgium, pp. 304-306.
- Stewart K.I.** (1984) M.Sc. thesis, University of Stirling, Scotland, 45 p.
- Stigebrandt A.** (1986) Modellberäkningar av en fiskodnings miljöbelastning, NIVA, Rap. Nr. 1823, 28 p. (in Swedish).
- Storebakken T. & Olsen R.A.** (1982) Hvor farling er opphopning av forspill og gjødsel under mærene? (What negative effects can the sedimentation of excess food and feces under a fish farm have on the fish ?), *Norsk Fiskeoppdrett*, **2**, pp. 4-5.
- Strakhov N.M.** (1962) *Principles of Lithogenesis*, Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Strakhov N.M. & Nesterova I.L.** (1968) *Geochem. Int.*, **5**, p. 644.
- Strøm K.M.** (1936) *Skifter Norsk Viden-Akad. Oslo, I*, **7**, p. 1.
- Stumm W. & Morgan J.J.** (1981) *Aquatic Chemistry*, 2nd edition, J. Wiley & Sons, New York, U.S.A.
- Suess E.** (1977) *Nutrients near the depositional surface*, In: McCave J. (Ed.), *Benthic Boundary Layer*, Plenum Press, New York, pp. 57-59.
- Swingle H.S.** (1969) Methods of analysis for waters, organic matter and pond bottom soils used in fisheries research, Auburn University, Auburn, Alabama, U.S.A., 119 pp.
- Sørum H.** (1990) Development of microbial resistance, Round table consultations on documentation of drugs for use in aquaculture, The Norwegian Medicines Control Authority, Oslo, Norway.

- Taft J.L. & Taylor W.R. (1976) In: *Estuarine Processes*, Vol. 1, Uses, Stresses and Adaptation to the Estuary, edited by M. Wiley, Academic Press, London, pp. 79-89.
- Takahashi M. & Fukazawa N. (1982) *Mar. Biol.*, **70**, pp. 267-273.
- Takeuchi T. (1972) Distribution of mercury in the environment of Minamata Bay and the Island Ariake Sea, In: *Environmental Mercury Contamination*, Hartung R., Dinman B.D. (Eds.), Ann Arbor Sci. Publ. Inc., pp. 79-81.
- Tenore K.R. & Dunstan W.M. (1973) Comparison of feeding and biodeposition of three bivalves at different food levels, *Mar. Biol.*, **21**, pp. 190-195.
- Tenore K.R., Boyer L.F., Cal R.M., Corral J., Garcia-Fernandez C., González N., González-Gurriara E., Hanson R.B., Iglesias J., Drom M., López-Jamur E., McClain J., Pamatmat M.M., Perez A., Rhoads D.C., deSantiago G., Tietjan J., Westrich J. & Windom H.L. (1982) Coastal upwelling in the Rias Bajas, NW Spain: contrasting the benthic regimes of the Rias de Arosa and de Muros, *J. Mar. Res.*, **43**, p. 701.
- The London Declaration (1987) The Second International Conference on the Protection of the North Sea, November 1987, London, U.K.
- Thorgaard G.H. & Allen S.K. (Jr.) (1988) Environmental impacts of inbred, hybrid and polyploid aquatic species, *J. Shellfish Res.*, **7**(3), p. 556.
- Thorpe J.E., Talbot C., Miles M.S., Rawlings C. & Keay D.S. (1990) Food consumption in 24 hours by Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a sea cage, *Aquaculture*, **90**, pp. 41-47.
- Ti T.L., Hassan R.B. & Rajamanickam L.D. (1982) Coastal mangrove swamps for fishponds: a focus on some environmental factors, In: Report of Consultation / Seminar on Coastal Fishpond Engineering, FAO/UNDP, Manila, Philippines, 62 p.
- Tiews K. (Ed.) (1981) Aquaculture in heated effluents and recirculation systems, *Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei*, vol. 1, Hamburg, pp. 59-61.
- Toews D.R. (1986) Fisheries transformation on Lake Manzalah, Egypt during the period 1920-1980: Toxic contamination in large lakes, In: Schmidtke N.W.

- (ed.), *Proceedings from 1986 World Conference on Large Lakes*, Chelsea, Michigan: Lewis Publishers, pp. 25-51.
- Tomlinson D.L., Wilson J.G., Harris C.R. & Jeffrey D.W.** (1980) Problems in the assessment of heavy - metal levels in estuarine and the formation of a pollution index, *Helgol Meeresunters*, **33**, pp. 566-575
- Trask P.D.** (1953) *Paper Phys. Oceanog. Meteorol., Mass. Inst. Technol.*, **12**, p. 51.
- Τσιαμπάος Η.Δ.** (1984) Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος 'Υδατοκαλλιέργειες Ι - Γενικά', Τμ. Ιχθυοκομίας - Αλιείας, Σ.Τ.Ε.Γ., Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου.
- Tsutsumi H. & Kikuchi T.** (1983) *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab. Kyushi University*, **7**, pp. 17-40.
- Tulley O. & Morrissey D.** (1989) Concentrations of dichlorvos in Beirtrech Bui Bay, Ireland, *Mar. Pollut. Bull.*, **20**, p. 190.
- Turekian K.K. & Wedepohl K.H.** (1961) Distribution of the elements in some major units of the earth's crust, *Bull. Geol. Soc. Am.*, **72**, pp. 177-192.
- Van Andel Tj.H.** (1964) In: *Marine Geology of the Gulf of California*, Van Andel Tj.H. and Shor G.G. eds., *Amer. Ass. Petrol. Geol. Mem.*, **3**, p. 216.
- Varnavas S.P., Panagos A.G. & Laios G.** (1984) Heavy metal distribution in surface sediments from the Kalamata bay, Greece, *Journees Etud. Pollutions*, **7**, pp. 267-274.
- Varnavas S.P., Panagos A.G. & Laios G.** (1987) Trace elements in surface sediments of Navarino bay, Greece, *Env. Geol. Water Sci.*, **10**, pp. 159-168.
- Βαβίζος Γ. & Ζαννάκη Κ.** (1989) Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ίδρυση και λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων, *Αλιευτικά Νέα*, **101**, σελ. 65-75.
- Vinberg G.G.** (1956) *Intensivnost obmena I pishchevye potrebnosti ryb*, Minsk, Izdat Belaruskogo Universitet.
- Volkman C. & Oppenheimer C.H.** (1959) The microbial decomposition of organic carbon in surface sediments, *Bacteriological proceedings of the 59th general meeting*.
- Voutsinou - Taliadouri F.** (1984) Survey of metal pollution in Greek sediments, *Journees Etud. Pollutions*, **7**, pp. 251-259.

- Wahby S.D., Yosef S.F. & Bishara N.F.** (1972) Further studies in the hydrography and chemistry of Lake Manzalah, *U.A.R. Bull. Inst. Oceanogr. Fish. Egypt*, **2**, pp. 401-422.
- Wahby S.D., Kinawy S.M., El-Tabbach T.I., & El-Moneim M.A.A.** (1978) *Estuar. Coastal Mar. Sci.*, **7**, p. 17.
- Wallen I.E.** (1951) The direct effect of turbidity of fishes, *Bull. Ocla. Agric. Mech. Coll.*, (Biol.), **2**, p. 48.
- Warer-Hansen I.** (1979) *Fish Farming Int.*, **6**, pp. 32-34.
- Warer-Hansen I.** (1982) Evaluation of matter discharged from trout farming in Denmark, In: Report on EIFAC Workshop on Fish Farm Effluents, edited by J.S. Alabaster, *EIFAC Tech. Pap.*, No. **41**, pp. 57-63.
- Wedemeyer G.A. & Yasutake W.T.** (1978) Prevention and treatment of nitrite toxicity in juvenile steelhead trout (*Salmo gairdneri*), *J. Fish. Res. Board Can.*, **35**, pp. 822-827.
- Wedepohl K.H.** (1969, 1978) *Handbook of Geochemistry*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Weir P.A. & Hine C.H.** (1970) Effects of various metals on behavior of conditioned goldfish, *Arch. Environm. Health*, **20**, pp. 45-51.
- Westin D.T.** (1974) Nitrate and nitrite toxicity to salmonid fishes, *Prog. Fish. Cult.*, **36**, pp. 86-89.
- Weston D.P.** (1986) The environmental effects of floating mariculture in Puget Sound, Special Report, Washington Dept. of Fisheries and Ecology, Seattle, USA.
- Weston D.P.** (1990) Quantitative examination of macrobenthic community changes along an organic enrichment gradient, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **61**, pp. 233-244.
- Weston D. & Gowen R.J.** (1988) Assessment and prediction of the effects of salmon net-pen culture on the benthic environment, Report for the Washington State Dept. of Fisheries.
- White S.M.** (1970) *J. Sediment. Petrol.*, **40**, p. 38.
- Wiesmann D., Scheid H. & Pfeffer E.** (1988) Water pollution with phosphorus of dietary origin by intensively fed rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.), *Aquaculture*, **69**, pp. 263-270.

- Woker H.** (1949) Die temperaturabhängigkeit der Giftwirkung von Ammoniak auf Fisch. *Ver. Int. Limnol.*, **10**, pp. 575-579.
- Woodward I.** (1989) Finfish farming and the environment: a review, *Tech. Rep. Dep. Sea Fish., Tasmania*, **35**, 43 p.
- Wright P.L.** (1972) PhD thesis, University of Edinburgh, 266 pp.
- Ξένος Δ.Κ.** (1993) Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος 'Χημική Ωκεανογραφία I', Τμ. Ιχθυοκομίας - Αλιείας, Σ.ΤΕ.Γ., Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου.
- Ξένος Δ.Κ.** (1993) Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος 'Χημική Ωκεανογραφία II', Τμ. Ιχθυοκομίας - Αλιείας, Σ.ΤΕ.Γ., Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου.
- Yndestad M.** (1991) Public health aspects of residues in animal products: fundamental considerations, Problems of chemotherapy in aquaculture from theory to reality, Office International des Epizooties, Working Paper, Paris, France.
- Ζούλιας Θ.** (1997) Σύσσωρευση και τοξικότητα των βαρέων μετάλλων στα ψάρια, *Αλιευτικά Νέα*, **189**, σελ. 66-75.