

Πρακτικά	του	Συνεδρίου	Μάιος	1992
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	XXVIII/1	σελ. 601-623	Αθήνα 1993
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.		pag.	Athens

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΙΘΑΚΗΣ

Σ.Π.ΑΛΕΧΑΝΔΡΟΠΟΥΛΟΥ*, Σ.Π.ΒΑΡΝΑΒΑΣ**, Α.Γ.ΠΑΝΑΓΟΣ***

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν τα επιφανειακά ιζήματα του κόλπου της Ιθάκης, ως προς τα ιζηματολογικά τους χαρακτηριστικά. Πραγματοποιήθηκε η ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων με περιθλασίμετρο ακτίνων Χ και προσδιορίστηκαν τα ορυκτά ασβεσίτης, Mg-ασβεσίτης, αραγονίτης, δολομίτης, χαλαζίας, άστριοι, απατίτης, ιλλίτης και χλωρίτης.

Ακολούθησε ιζηματολογική ανάλυση του υλικού (κοκκομετρική ανάλυση, αθροιστικές καμπύλες μέσου μεγέθους κ.ά.) και υπολογίστηκαν οι κοκκομετρικοί στατιστικοί παράμετροι και οι μεταξύ των σχέσεις. Καθορίστηκε ο λιθολογικός χαρακτήρας των ιζημάτων και βρέθηκε ότι στον κόλπο επικρατούν δύο βασικοί τύποι (άμμοι και πηλούχοι άμμοι). Διαπιστώθηκε ότι τα ιζήματα του όρμου Βαθύ είναι πιο λεπτόκοκκα από τα ιζήματα του όρμου Αετού.

Εφαρμόστηκε η παραγοντική ανάλυση στα κοκκομετρικά δεδομένα και ακολούθησε η παραγοντική ερμηνεία των ιζηματολογικών γεγονότων.

Ερμηνεύεται η συμπεριφορά των ιζημάτων του κόλπου και ο τρόπος μεταφοράς τους και δίδονται στοιχεία για το περιβάλλον απόθεσης.

ABSTRACT

Surface sediments from Ithaki Gulf have been studied in terms of their sedimentological features. Their mineralogical study with X-ray diffractometer techniques showed the presence of calcite, Mg-calcite, aragonite, dolomite, quartz, feldspars, apatite, illite and chlorite.

On the basis of grain size analysis and the granulometric statistical parameters, the lithological character of the sediments was determined. Sands and silty sands are the two main sediment types prevailing in the Gulf. In the Vathi Bay the sediments are generally finer than in the Aetos Bay.

Factor analysis was applied on the granulometric data, the results of which were used to determine the sedimentological processes. The mode of transportation and the behaviour of the sediments in the Gulf are investigated. Implications regarding the environment of their deposition are deduced.

* Sedimentological study of surface sediments from Ithaki Gulf.

** Δρ.Γεωλόγος, *** Καθηγητής Παν/μίου Πατρών,

Καθηγητής Ε.Μ. Πολυτεχνείου

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Επιφανειακά ιζήματα του κόλπου Ιθάκης (όρμοι Βαθύ και Αετός) μελετήθηκαν ως προς τα ιζηματολογικά τους χαρακτηριστικά. Τα δείγματα καλύπτουν όλη σχεδόν την επιφάνεια του κόλπου και η θέση των σταθμών δειγματοληψίας φαίνεται στο χάρτη του Σχ.1.

Η γύρω Ξηρά, που περιβάλλει τον κόλπο της Ιθάκης με απότομες πλαγιές ανήκει από γεωτεκτονική άποψη στην Ιόνιο ζώνη. Δομείται από ιζηματογενή πετρώματα και περιλαμβάνει ολόκληρη τη στρωματογραφική σειρά από το τριαδικό μέχρι και τον μειοκαινικό φλύσχη (Σχ.2).

Στις δυτικές ακτές του νησιού παρατηρούνται επίσης νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις σε περικρισμένη έκταση.

Η βαθυμετρία του κόλπου της Ιθάκης έχει σε γενικές γραμμές ως ακολούθως:

Στον βαθυμετρικό χάρτη του όρμου Βαθύ της Ιθάκης βλέπουμε, ότι η είσοδος στο λιμάνι είναι μία στενή θαλάσσια λωρίδα, μήκους γύρω στα 900 μέτρα και πλάτους γύρω στα 300 μέτρα (Σχ. 1). Η μορφή των ισοβαθών καμπυλών αριστερά και δεξιά της θαλάσσιας αυτής λωρίδας δείχνει ότι η κλίση του πυθμένα είναι απότομη και φθάνει τις 22.41°. Το ανάγλυφο της Ξηράς εκατέρωθεν της λωρίδας αυτής είναι πολύ πιο ομαλό σε σχέση με το ανάγλυφο του πυθμένα. Προχωρώντας από το μυχό προς το στόμιο του όρμου, η διάταξη των ισοβαθών καμπυλών μας δείχνει ότι το βάθος αυξάνεται σταδιακά, ξεκινώντας από κλίση 1° και συνεχίζοντας προς το κέντρο του κόλπου με κλίση 3,63°. Προς την έξοδο του λιμανιού το ανάγλυφο του πυθμένα γίνεται πολύ ομαλό με κλίση 1,32°.

Στον όρμο Δεξιά, που βρίσκεται μεταξύ του ακρωτηρίου Δεξιά και του ακρωτηρίου Καλαβρή, οι ισοβαθείς καμπύλες δείχνουν ότι το βάθος του πυθμένα αυξάνεται ομαλά προς την έξοδο του όρμου με κλίση γύρω στις 4°. Αριστερά και δεξιά του όρμου και κοντά στα ακρωτήρια έχουμε πύκνωση των ισοβαθών, πράγμα που σημαίνει απότομη κλίση του πυθμένα.

Στον βαθυμετρικό χάρτη του όρμου Αετού βλέπουμε ότι η Ξηρά που περιβάλλει τον όρμο έχει πολύ έντονο ανάγλυφο πράγμα που εκφράζεται και στον πυθμένα της θάλασσας. Ετσι, ανατολικά και δυτικά του όρμου, ενώ το βάθος, πολύ κοντά στην ακτή, αρχίζει από 13 μέτρα, πολύ γρήγορα φτάνει στα 100 μέτρα. Καθώς όμως προχωρούμε από το μυχό του όρμου του Αετού προς την έξοδό του, το ανάγλυφο είναι πιο ομαλό. Υπολογίστηκε η κλίση του πυθμένα και βρέθηκε περίπου 3°.

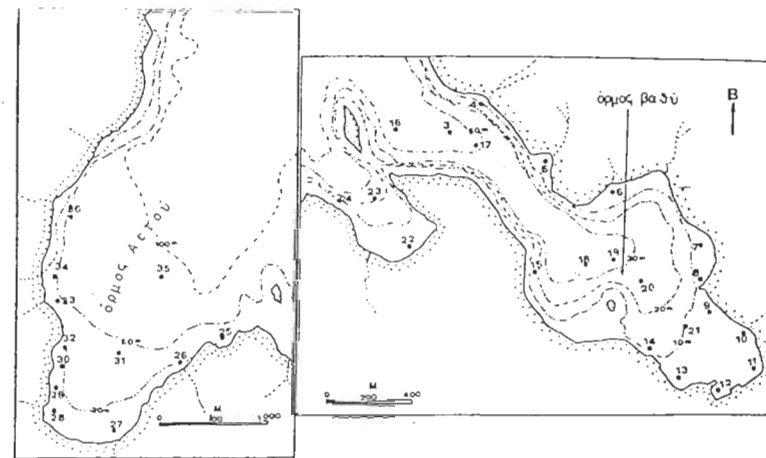
Στο εσωτερικό του όρμου και σε βάθος 69 μέτρων κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας παρατηρείται η ύπαρξη ενός υβώματος.

2. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

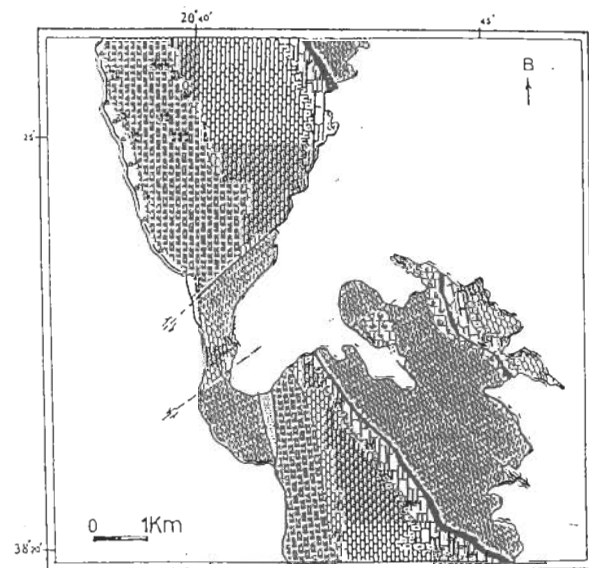
Για την ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων του κόλπου της Ιθάκης χρησιμοποιήθηκε η ακτινογραφική μέθοδος (περιθλασιμετρία) και προσδιορίστηκαν τα ακόλουθα ορυκτά:

2.1. Όρμος Βαθύ

Στα ιζήματα του όρμου Βαθύ προσδιορίστηκαν ο ασβεστίτης, ο χαλαζίας, ο ιλλίτης, οι άστριοι και ο απατίτης. Στις παράκτιες περιοχές επικρατούν τα ορυκτά ασβεστίτης και



Σχ. 1. Σταθμοί δειγματοληψίας επιφανειακών ιζημάτων κόλπου Ιθάκης.



- Πλευρικά κορήματα.
- Κατωκρητιδικός ραδιοαριτικός ασβεστόλιθος.
- Θλύσκη κατώτερου Μειοκαινού.
- Ραδιοαλιθίτες Δογγερίου.
- Ασβεστόλιθος Ηκαίνου.
- Αμμοπηλίκια Ροσκό (Ιουρα-Κρητιδικών).
- Ανωκρητιδικός ασβεστόλιθος.
- Κατωιουρασιακός ασβεστόλιθος.
- Κρητιδικά ραδιοαλιθίτες.

Σχ. 2. Γεωλογικός χάρτης της Ιθάκης (B.P.Co, 1971).

χαλαζίας που είναι αφρονότερος από τα ανθρακικά ορυκτά. Αντίθετα, στο κέντρο και στην έξοδο του όρμου, η περιεκτικότητα των ιζημάτων σε χαλαζία ελαττώνεται και έτσι το επικρατέστερο ορυκτό γίνεται ο ασβεστίτης.

Τα αργιλικά ορυκτά δεν προσδιορίστηκαν, λόγω της μικρής περιεκτικότητας των ιζημάτων σε αργιλικό υλικό, και της περιωρισμένης κρυσταλλικότητάς τους. Στα ακτινογραφήματα όμως δειγμάτων από τα οποία είχε απομακρυνθεί το ανθρακικό υλικό, ξεχώρισαν οι ανακλάσεις του ιλλίτη.

Η παρουσία αργιλικών και ανθρακικών υλικών βιογενούς προέλευσης στα ιζήματα του όρμου Βαθύ έγινε φανερή και κατά την παρατήρηση δειγμάτων (π.χ. δείγμα 12) στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Οι άστριοι είναι ελάχιστοι ενώ αντίθετα αφθονεί ο απατίτης.

2.2. Όρμος Αετού

Στα ιζήματα του όρμου του Αετού εντοπίστηκαν τα ορυκτά ασβεστίτης, Mg-ασβεστίτης, αραγονίτης, δολομίτης, χαλαζίας, απατίτης, ορθόκλαστο, πλαγιόκλαστο, ιλλίτης και χλωρίτης.

Στις ανατολικές παράκτιες περιοχές του όρμου παρατηρούμε ότι όσο προχωρούμε από τον σταθμό 26 προς τον σταθμό 28, τόσο αυξάνεται η παρουσία του ασβεστίτη και του χαλαζία, ενώ μειώνεται αντιστοίχως η παρουσία του αραγονίτη. Στις δυτικές ακτές του όρμου επικρατεί ο ασβεστίτης, ενώ ο χαλαζίας βρίσκεται σε μικρές ποσότητες (όπως αυτό φαίνεται από τις μικρές σε μέγεθος ανακλάσεις του) και η παρουσία του αραγονίτη γίνεται σημαντική.

Και στον όρμο αυτό εντοπίστηκαν ίχνη αργιλικών ορυκτών στα δείγματα από τα οποία είχε απομακρυνθεί το ανθρακικό υλικό. Προσδιορίστηκαν έτσι τα ορυκτά ιλλίτης και χλωρίτης. Οι άστριοι είναι ελάχιστοι ενώ ο απατίτης αφθονεί σ' όλα σχεδόν τα δείγματα.

3. ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για την ιζηματολογική μελέτη των ιζημάτων του κόλπου της Ιθάκης έγινε κοκκομετρική ανάλυση σε επιλεγμένο αριθμό δειγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία κατά Folk (1974).

Για τον προσδιορισμό των μηχανισμών μεταφοράς και απόθεσης των ιζημάτων, α) κατασκευάστηκε για κάθε δείγμα, η αθροιστική καμπύλη μέσου μεγέθους, β) υπολογίστηκαν οι κοκκομετρικοί στατιστικοί παράμετροι και οι μεταξύ τους σχέσεις και γ) εφαρμόστηκε η R-τύπου παραγοντική ανάλυση, στα κοκκομετρικά δεδομένα.

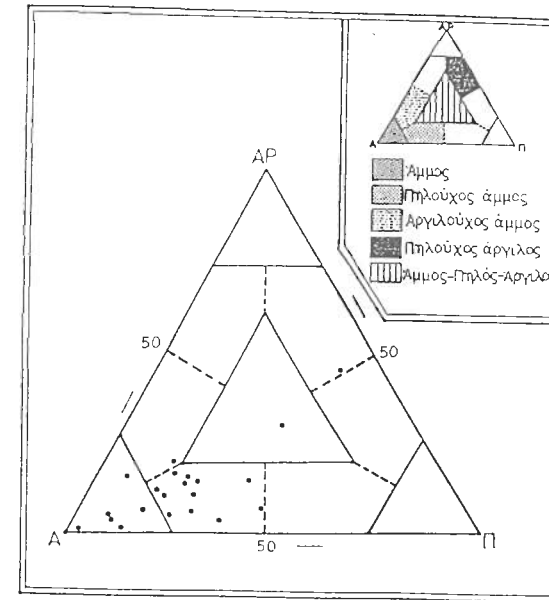
3.1. Λιθολογικός χαρακτηρισμός των ιζημάτων

Από τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων υπολογίστηκε το % ποσοστό της άμμου, του πηλού και της αργίλου καθώς και οι στατιστικές κοκκομετρικές παράμετροι (πιν.1).

Ο λιθολογικός χαρακτηρισμός των ιζημάτων έγινε σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Shepard (1973). Παρατηρούμε ότι επικρατούν κυρίως δύο τύποι ιζημάτων: οι πηλούχοι άμμοι και οι άμμοι (Σχ.3, Πιν.1).

Πιν.1. Λιθολογία και στατιστικές κοκκομετρικές παράμετροι των ιζημάτων του κόλπου της Ιθάκης.

Αριθμ. Δείγμ.	Mz φ	Sd φ	Sk	Kg	ΑΜΜΟΣ X	ΠΗΛΟΣ X	ΑΡΓΙΛΟΣ X	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ
ΙΤΗ3	3.36	3.21	0.260	1.87	63.22	25.92	10.85	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ4	3.61	3.38	0.239	0.92	60.26	25.54	14.20	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ7	8.03	3.46	0.053	1.03	12.27	44.07	43.69	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΡΓΙΛΟΣ
ΙΤΗ8	3.10	4.62	0.390	1.01	68.30	15.15	16.15	ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ9	5.90	4.44	0.105	1.00	33.47	36.33	30.19	ΑΜ. - ΠΗΛ. - ΑΡΓ.
ΙΤΗ10	3.67	4.18	0.417	1.04	65.06	17.22	17.72	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ14	3.62	4.57	0.360	1.04	61.68	22.06	16.26	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ15	2.75	3.46	0.450	1.33	71.29	16.12	12.59	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ16	3.87	2.09	0.017	0.31	47.05	44.95	8.00	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ17	4.57	3.18	0.190	1.30	47.64	36.45	15.92	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ19	3.19	2.35	0.212	1.52	65.02	27.67	7.32	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ20	3.73	3.63	0.420	1.74	67.29	17.93	14.78	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜ.
ΙΤΗ22	1.55	2.52	0.354	1.41	86.77	7.55	5.68	ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ23	3.20	3.90	0.292	1.12	63.77	22.08	14.15	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ25	1.60	3.10	0.485	1.20	76.83	13.80	9.37	ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ26	3.05	2.97	0.357	1.34	70.36	18.98	10.67	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ28	3.59	0.48	-0.282	1.43	85.30	13.75	0.96	ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ31	2.25	2.56	0.170	1.19	72.05	22.25	5.69	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ33	1.51	1.26	0.060	1.18	96.58	2.40	1.02	ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ34	1.26	2.28	0.354	1.04	86.61	8.95	4.44	ΑΜΜΟΣ
ΙΤΗ35	3.27	1.90	-0.079	1.73	60.02	34.82	5.17	ΠΗΛΟΥΧΟΣ ΑΜΜΟΣ



Σχ. 3. Προβολή των ιζημάτων του κόλπου Ιθάκης, στο διάγραμμα κατά Shepard, 1973.

Στην Σχ. 4 φαίνεται η κατανομή των λιθολογικών φάσεων των επιφανειακών ιζημάτων. Τα ιζήματα του όρμου Βαθύ χαρακτηρίζονται ως πηλούχοι άμμοι, εκτός από τα δείγματα 7, 8, 9, που χαρακτηρίζονται αντίστοιχα ως πηλούχος άργιλος, άμμος, άμμος-πηλός-άργιλος. Τα παράκτια ιζήματα του όρμου Αετού χαρακτηρίζονται ως άμμοι, ενώ τα ιζήματα των βαθύτερων περιοχών ως πηλούχοι άμμοι.

3.2. Επιφανειακή κατανομή των κοκκομετρικών παραμέτρων

3.2.1. Μέσο Μέγεθος (Mz)

Στον όρμο Βαθύ, το μέσο μέγεθος κυμαίνεται από 1,55φ μέχρι 8,03φ, με επικράτηση των τιμών από 3φ μέχρι 6φ. Εξαιρέση αποτελούν τα δείγματα 15 και 22 που είναι παράκτια και έχουν μέσο μέγεθος κάτω από 3φ.

Στον όρμο Αετού το μέσο μέγεθος κυμαίνεται από 1,26φ μέχρι 3,58φ. Παρατηρούμε ότι τα ιζήματα του όρμου Αετού είναι σαφώς πιο χονδρόκοκκα από αυτά του όρμου Βαθύ. Αυτό μάλλον οφείλεται στο γεγονός ότι στον όρμο Βαθύ έχουμε περιβάλλον απόθεσης χαμηλής ενέργειας σε σχέση με το περιβάλλον απόθεσης του όρμου Αετού που χαρακτηρίζεται ως περιβάλλον υψηλής ενέργειας.

3.2.2. Σταθερή απόκλιση (Sd)

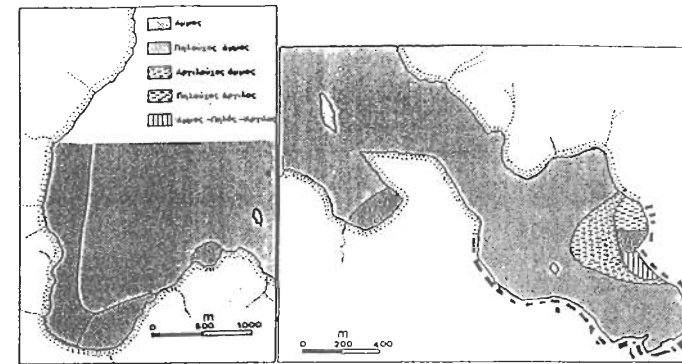
Οι τιμές της σταθερής απόκλισης στον όρμο Βαθύ κυμαίνονται από 2,09φ μέχρι 4,62φ. Οι υψηλότερες τιμές της σταθερής απόκλισης παρατηρούνται στο εσωτερικό του όρμου, ενώ αυτές ελαττώνονται σταδιακά όσο προχωρούμε προς το στόμιο του όρμου, (Σχ.5). Επειδή οι υψηλές τιμές σταθερής απόκλισης σημαίνουν κακή διαβάθμιση, αυτό δείχνει ότι το περιβάλλον απόθεσης των ιζημάτων είναι χαμηλής ενέργειας.

Στον όρμο Αετού οι τιμές της σταθερής απόκλισης κυμαίνονται από 0,48φ μέχρι 3,10φ. Στα ΝΑ του όρμου τα ιζήματα είναι ασθενώς διαβαθμισμένα παρά το γεγονός ότι είναι παράκτια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, η ακτή στο σημείο αυτό είναι πολύ απότομη και τα ιζήματα βρίσκονται σε βάθη μεγαλύτερα των 20 μέτρων. Έτσι, η κυμματική ενέργεια εξασθενίζει σ' αυτό το βάθος με αποτέλεσμα η διαβάθμιση να μην είναι καλή.

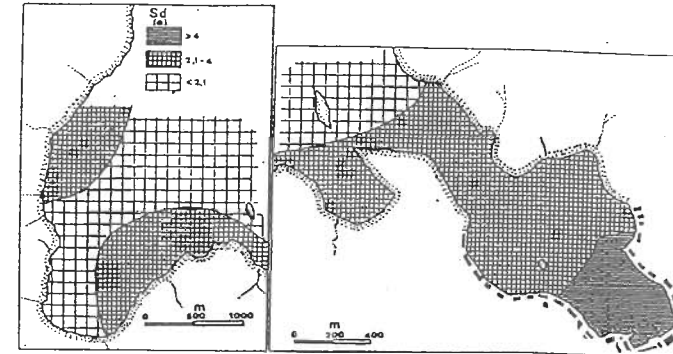
3.2.3. Λοξότητα (Sk)

Οι τιμές της λοξότητας κυμαίνονται από 0,49 μέχρι -0,28. Το 76,19% του συνόλου των δειγμάτων έχει θετική λοξότητα ενώ μόνο το 4,76% έχει αρνητική λοξότητα. Τιμές γύρω από το 0 εμφανίζει το 19,05% των δειγμάτων. Από την κατανομή των τιμών της λοξότητας φαίνεται ότι οι υψηλότερες θετικές τιμές εμφανίζονται στο εσωτερικό του όρμου Βαθύ και ελαττώνονται προς το στόμιο του όρμου. Αυτό δείχνει ότι έχουμε ανάμιξη δύο τύπων ιζημάτων με επικράτηση του χονδρόκοκκου κλάσματος, παρά την προσφορά λεπτόκοκκου υλικού. Προς τα βαθύτερα σημεία τείνει να κυριαρχήσει ένας τύπος ιζήματος (Σχ. 6).

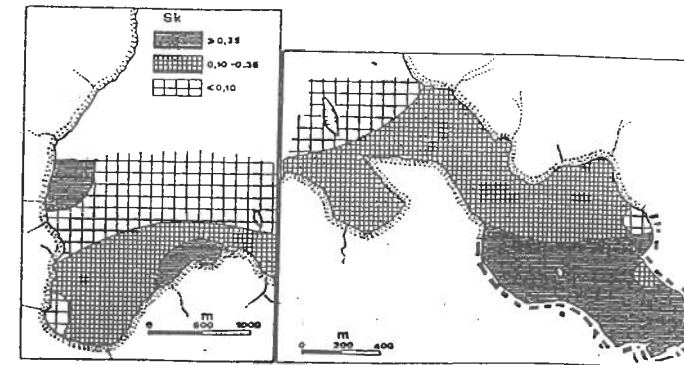
Στον όρμο Αετού και στα παράκτια ιζήματα έχουμε ανάμιξη υλικών με επικράτηση των χονδρόκοκκων. Εξαιρέση αποτελεί η θέση 28 το δείγμα της οποίας έχει αρνητική λοξότητα και επομένως φαίνεται ότι εδώ επικρατεί το λεπτόκοκκο υλικό. Τα δείγματα 16, 33 και 35 που



Σχ. 4. Επιφανειακή κατανομή των λιθολογικών φάσεων των ιζημάτων του κόλπου Ιθάκης.



Σχ. 5. Επιφανειακή κατανομή των τιμών της σταθερής απόκλισης (Sd)



Σχ. 6. Επιφανειακή κατανομή των τιμών της λοξότητας (Sk).

προέρχονται από μεγάλα σχετικά βάθη (μεγαλύτερα από 60m) καθώς και το 33 έχουν τιμές λοξότητας γύρω στο μηδέν, γεγονός που σημαίνει ότι αποτελούνται από υλικά ενός τύπου μεγέθους.

3.2.4. Κύρτωση (K_G)

Οι τιμές της κύρτωσης κυμαίνονται από 0,31 έως 1,87μ. Στο εσωτερικό του όρμου Βαθύ οι τιμές της κύρτωσης κυμαίνονται μεταξύ 1 και 1.04m, αυτό σημαίνει ότι οι καμπύλες αθροιστικής συχνότητας κατανομής των κόκκων ακολουθούν την κανονική κατανομή κατά Gauss. Έχουμε επομένως εδώ ομοιόμορφη ταξινόμηση σε όλες τις τάξεις μεγέθους του ιζήματος. Στην περιοχή αυτή, σύμφωνα με τα πρηγούμενα, έχουμε πολύ ασθενώς διαβαθμισμένα ιζήματα και η ασθενής αυτή διαβάθμιση εκφράζεται σε όλα τα κλάσματα του ιζήματος (Σχ. 7).

Στο κεντρικό τμήμα του όρμου Βαθύ οι αθροιστικές καμπύλες συχνότητας χαρακτηρίζονται ως πολύ λεπτόκυρτες και προς την έξοδο του όρμου γίνονται λεπτόκυρτες. Αυτό μας δείχνει ότι, όσο προχωρούμε προς την έξοδο του όρμου η διαβάθμιση γίνεται καλύτερη στις ενδιάμεσες τάξεις μεγέθους, δηλαδή στο πηλτικό κλάσμα του ιζήματος. Αυτό, σύμφωνα με τους Folk and Ward (1957), πιθανόν να σημαίνει ότι το κλάσμα αυτό του ιζήματος ταξινομήθηκε νωρίτερα, μεταφέρθηκε πιό βαθειά και αναμείχθηκε με πιό λεπτόκοκκο υλικό χωρίς να τροποποιηθούν τα χαρακτηριστικά του.

Στον όρμο Αετού οι αθροιστικές καμπύλες συχνότητας από λεπτόκυρτες που είναι στις παράκτιες περιοχές, γίνονται στα βαθύτερα πολύ λεπτόκυρτες. Ετσι, στον όρμο Αετού έχουμε καλύτερη διαβάθμιση στο κλάσμα του πηλού. Εξαιρέση αποτελεί το δείγμα ΙΤΗ34 που βρίσκεται στις δυτικές ακτές και έχει συμμετρική καμπύλη, δηλαδή παρουσιάζει ομοιόμορφη ταξιθέτηση σε όλες τις τάξεις μεγέθους του ιζήματος.

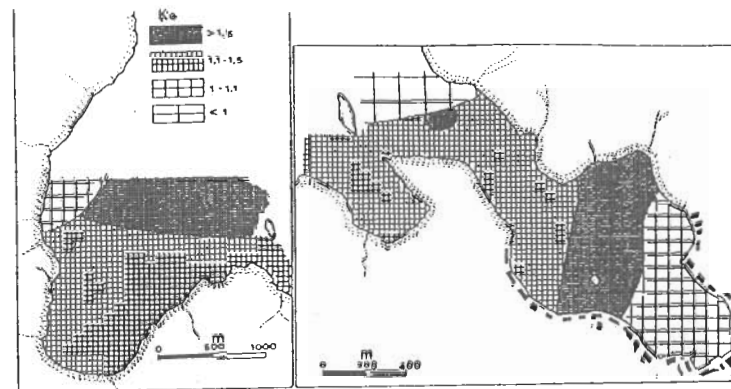
3.3. Σχέσεις των στατιστικών παραμέτρων μεταξύ τους

3.3.1. Σταθερή απόκλιση (S_d) σε συνάρτηση με το μέσο μέγεθος (M_z)

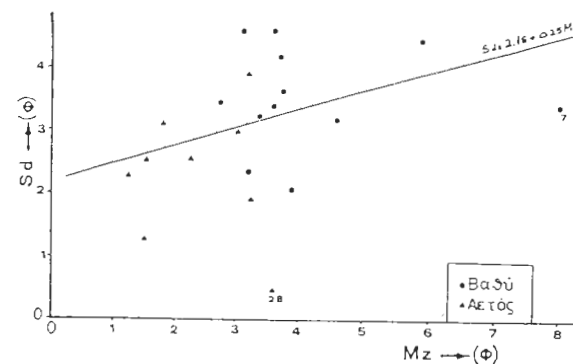
Από το διάγραμμα σταθερής απόκλισης σε συνάρτηση με το μέσο μέγεθος φαίνεται ότι όσο το μέγεθος των κόκκων μικραίνει, τόσο η ταξιθέτησή τους (Sorting) ελαττώνεται (Σχ.8). Επιβεβαιώνεται επομένως η άποψη ότι καλύτερη διαβάθμιση έχουν τα χονδρόκοκκα υλικά (Folk and Ward 1957, Sly et al 1983). Αυτό βέβαια συμβαίνει επειδή τα χονδρόκοκκα υλικά απαντώνται στις παράκτιες περιοχές, όπου λόγω υψηλής κυματικής ενέργειας, απομακρύνονται τα λεπτόκοκκα υλικά και τα χονδρόκοκκα υλικά που παραμένουν έχουν την δυνατότητα να ταξινομηθούν καλύτερα.

3.3.2. Λοξότητα (S_k) σε συνάρτηση με το μέσο μέγεθος (M_z)

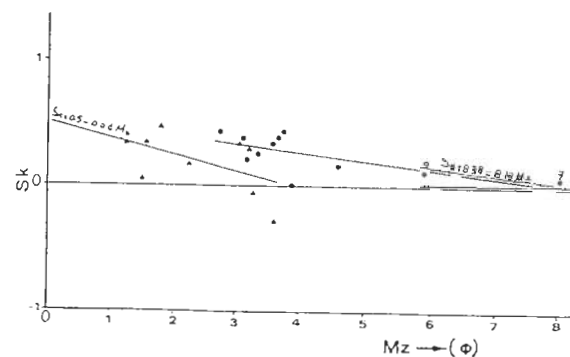
Στο διάγραμμα λοξότητας σε συνάρτηση με το μέσο μέγεθος (Σχ.9) φαίνεται ότι τα μελετηθέντα ιζήματα έχουν θετική κυρίως λοξότητα, γεγονός που προδίδει ανάμιξη πληθυσμών. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι τόσο στα χονδρόκοκκα όσο και στα λεπτόκοκκα ιζήματα, υπάρχει μείωση των τιμών της λοξότητας, με ταυτόχρονη μείωση του μεγέθους των



Σχ. 7. Επιφανειακή κατανομή των τιμών της κύρτωσης (K_G).



Σχ. 8. Σχέση μεταξύ μέσου μεγέθους (M_z) και σταθερής αποκλισης (S_d)



Σχ. 9. Σχέση μεταξύ μέσου μεγέθους (M_z) και λοξότητας (S_k)

των κόκκων. Αυτό σημαίνει ότι το ποσοστό των χονδροκόκκων υλικών, τείνει να μειώνεται ενώ αντίθετα αυξάνει το ποσοστό των λεπτόκόκκων υλικών (Σχ.9).

3.3.3. Κύρτωση (Kg) σε συνάρτηση με το μέσο μέγεθος (Mz)

Στο διάγραμμα κύρτωσης σε συνάρτηση με το μέσο μέγεθος, είναι φανερή η έλλειψη δειγμάτων με τιμές κύρτωσης κάτω του 0,9. Όλες οι καμπύλες είναι μεσοκυρτικές ή λεπτοκυρτικές (Σχ.10). Επίσης στις πολύ λεπτόκοκκες άμμους και στον χονδροκόκκο πηλό, παρατηρείται ότι οι τιμές της κύρτωσης αυξάνονται και οι κοκκομετρικές καμπύλες γίνονται μεσόκυρτες έως λεπτόκυρτες. Έτσι π.χ. όταν έχουμε άμμο μεσαίου μεγέθους (1-2Φ), οι κοκκομετρικές καμπύλες είναι μεσόκυρτες, γεγονός που σημαίνει ότι η διαβάθμιση είναι καλή σε όλες τις τάξεις μεγέθους. Όταν όμως προστεθεί ένα μικρό ποσοστό πιο λεπτόκοκκου υλικού, τότε η διαβάθμιση των άκρων είναι ασθενής ενώ η διαβάθμιση του κέντρου παραμένει καλή. Όταν έχουμε μεσαίου μεγέθους πηλό οι καμπύλες είναι μεσόκυρτες, αν όμως προστεθεί μικρή ποσότητα πιο χονδροκόκκου υλικού οι καμπύλες γίνονται μεσόκυρτες έως λεπτόκυρτες, δηλαδή ενώ παραμένει η διαβάθμιση των μεσαίων κλασμάτων είναι ασθενής η διαβάθμιση των άκρων.

3.3.4. Λοξότητα (Sk) σε συνάρτηση με τη σταθερή απόκλιση (Sd)

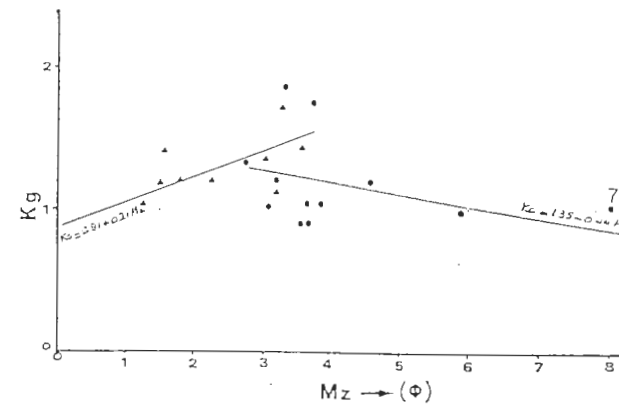
Στο διάγραμμα λοξότητας σε συνάρτηση με τη σταθερή απόκλιση, φαίνεται ότι τα ιζήματα είναι ασθενώς έως πολύ ασθενώς διαβαθμισμένα και ταυτόχρονα έχουν θετική λοξότητα. Αρνητική λοξότητα έχουν τα δείγματα 18 και 35, στα οποία παρατηρείται και η καλύτερη διαβάθμιση (Σχ.11).

Στον όρμο Αετού, όταν αυξάνονται οι τιμές της σταθερής απόκλισης, παρατηρείται αύξηση των τιμών της λοξότητας. Επομένως η διαβάθμιση είναι ασθενέστερη, όσο αυξάνει το λεπτόκοκκο υλικό.

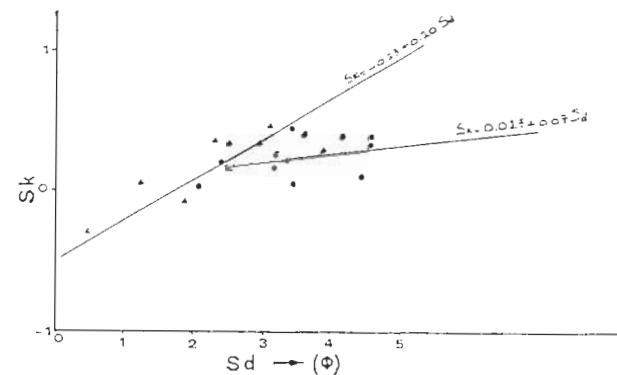
Στον όρμο Βαθύ, παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνονται οι τιμές της σταθερής απόκλισης, οι τιμές της λοξότητας είναι θετικές και παρουσιάζουν ελαφρά τάση αύξησης. Η διαβάθμιση των κόκκων είναι ασθενέστερη όσο προχωρούμε προς το μυχό του όρμου. Επομένως το λεπτόκοκκο υλικό που προστίθεται στα ιζήματα δεν απομακρύνεται, με αποτέλεσμα να έχουμε κακή διαβάθμιση των κόκκων.

3.3.5. Κύρτωση (Kg) σε συνάρτηση με τη σταθερή απόκλιση (Sd)

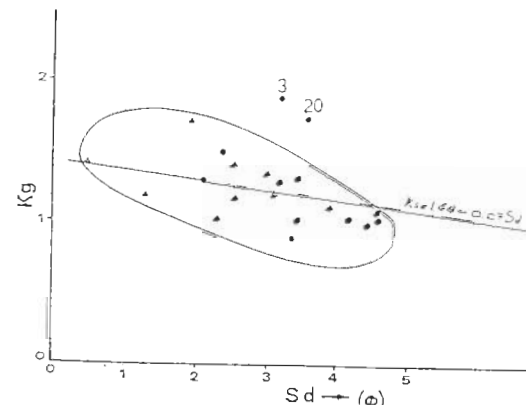
Στο διάγραμμα της κύρτωσης σε συνάρτηση με την σταθερή απόκλιση, παρατηρείται ότι όσο η ταξινόμηση (Sorting) των κόκκων γίνεται πιο κακή, τόσο η κύρτωση ελαττώνεται και παίρνει τιμές γύρω από το 1 (Σχ.12). Επομένως όταν τα ιζήματα είναι εξαιρετικά ασθενώς διαβαθμισμένα, η διαβάθμιση αυτή εκφράζεται σε όλα τα κλάσματα του ιζήματος. Όταν όμως η διαβάθμιση βελτιώνεται, τότε αυτή εκφράζεται κυρίως στις ενδιάμεσες τάξεις μεγέθους. Η



Σχ. 10. Σχέση μεταξύ μέσου μεγέθους (Mz) και κύρτωσης (Kg)



Σχ. 11. Σχέση μεταξύ σταθερής απόκλισης (Sd) και λοξότητας (Sk)



Σχ. 12. Σχέση μεταξύ σταθερής απόκλισης (Sd) και κύρτωσης (Kg)

διαπίστωση αυτή είναι ιδιαίτερα αισθητή στα δείγματα 3 και 20 τα οποία βρίσκονται στις βαθιές περιοχές του όρμου Βαθύ.

3.3.6. Κύρτωση (Kg) σε συνάρτηση με τη λοξότητα (Sk)

Στο διάγραμμα της κύρτωσης σε συνάρτηση με τη λοξότητα (Σχ.13) τα δείγματα συγκεντρώνονται στην περιοχή με κανονικές και υψηλές τιμές κύρτωσης και θετικές τιμές λοξότητας. Αυτό σημαίνει ότι στην μελετηθείσα περιοχή υπάρχει ανάμιξη ιζημάτων, στα οποία όμως επικρατεί το χονδρόκοκκο κλάσμα. Όσο τα ιζήματα τείνουν να μετατραπούν, από μονοτυπικά σε πολυτυπικά, τόσο η διαβάθμιση των ενδιάμεσων τάξεων μεγέθους γίνεται καλύτερη.

3.4. R-Τύπου παραγοντική ανάλυση

Με την R-τύπου παραγοντική ανάλυση που έγινε στα κοκκομετρικά δεδομένα της Ιθάκης, το 85,2% της ολικής διασποράς (variance) ερμηνεύεται από τέσσερες παράγοντες. Ο πρώτος παράγοντας (factor 1) ερμηνεύει το 41,2% της διασποράς. Ο δεύτερος παράγοντας το 23,3%, ο τρίτος παράγοντας το 13,6% και ο τέταρτος παράγοντας το 7,2% (πίν.2).

3.4.1. Πρώτος παράγοντας

Από τα φορτία (Load) του πρώτου παράγοντα (πίν.2) φαίνεται ότι αυτός έχει υψηλά θετικά φορτία (0,67-0,94) για υλικά μεγέθους μικρότερου από 1Φ, δηλαδή για τα χονδρόκοκκα υλικά. Επίσης έχει υψηλά αρνητικά φορτία (-0,72, -0,65) για υλικά με μέγεθος μεταξύ 4Φ και 5Φ, που είναι οι χονδρόκοκκοι πηλοί (Σχ.14).

Ο παράγοντας αυτός επομένως περιγράφει το ιζηματολογικό εκείνο γεγονός, κατά το οποίο έχουμε είσοδο στο περιβάλλον ιζηματογένεσης, χονδρόκοκκης έως πολύ χονδρόκοκκης άμμου και ταυτόχρονα έχουμε απομάκρυνση του χονδρόκοκκου πηλού.

Από την επιφανειακή κατανομή των τιμών επίδρασης (Scores) του πρώτου παράγοντα (πίν.3), φαίνεται ότι ο παράγοντας αυτός εκφράζεται καλύτερα κυρίως στις παράκτιες περιοχές των δύο όρμων, όπου η κλίση του πυθμένα είναι απότομη (Σχ.16). Πολύ υψηλές τιμές επίδρασης έχουν τα δείγματα 8, 22, 25 και 34 των οποίων το υλικό έχει χαρακτηριστεί ως άμμος.

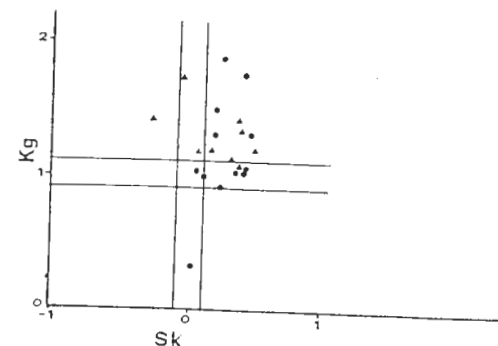
Επομένως ο παράγοντας αυτός μας υποδεικνύει ότι στις παράκτιες περιοχές έχουμε μεγάλη προσφορά χονδρόκοκκου υλικού και ταυτόχρονα, λόγω κυματισμού, περιβάλλον υψηλής ενέργειας, με αποτέλεσμα την απομάκρυνση των πιο λεπτόκοκκων υλικών.

Σύμφωνα με τους Vischer (1969), Allen et al. (1971) και Passega (1977) τα χονδρόκοκκα υλικά - διαμέτρου κόκκων μεγαλύτερου από 500μ. - μεταφέρονται με επιφανειακό ερπυσμό (Surface Creep) ή κύλιση (rolling).

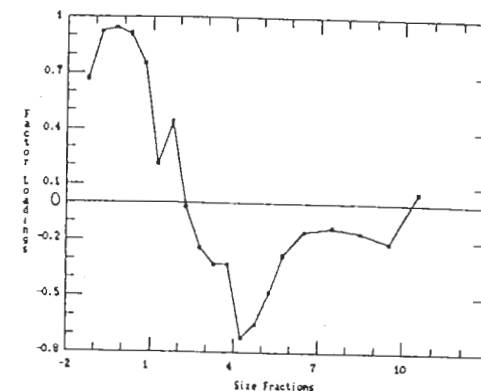
3.4.2. Δεύτερος παράγοντας

Ο παράγοντας αυτός παρουσιάζει υψηλά θετικά φορτία στις τάξεις μεγέθους τις μεγαλύτερες από 5,5Φ. Επομένως ερμηνεύει το λεπτόκοκκο κλάσμα των ιζημάτων (Σχ.15).

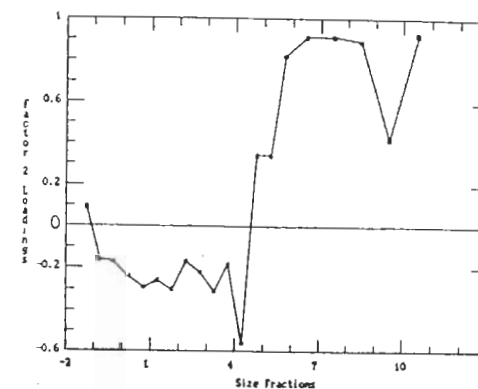
Από την επιφανειακή κατανομή των τιμών επίδρασης (Scores) φαίνεται ότι ο δεύτερος



Σχ. 13. Σχέση μεταξύ λοξότητας (Sk) και κύρτωσης (Kg)



Σχ. 14. Σχέση μεταξύ μεγέθους κόκκων και φορτίων του πρώτου παραγοντα



Σχ. 15. Σχέση μεταξύ μεγέθους κόκκων και φορτίων του δεύτερου παραγοντα

Πιν.2. Αποτελέσματα παραγοντικής ανάλυσης

K-Τύπου παραγοντική ανάλυση					
VARIABLE	COMMUNALITY FACTOR	EIGENVALUE	PERCENT OF VARIANCE	CUMULATIVE OF VARIANCE PERCENTAGE	
VAR. class (-1.5)-(-1.0)φ	0.96809	1	8.23558	41.2	41.2
VAR. class (-1.0)-(-0.5)φ	0.99512	2	4.64104	23.2	64.4
VAR. class (-0.5)-(-0.0)φ	0.99615	3	2.72783	13.6	78.0
VAR. class (0.0)-(-0.5)φ	0.99951	4	1.43986	7.2	85.2
VAR. class (0.5)-(-1.0)φ	0.99983	5	0.97483	4.9	90.1
VAR. class (1.0)-(-1.5)φ	0.99942	6	0.79497	4.0	94.1
VAR. class (1.5)-(-2.0)φ	0.99925	7	0.37799	1.9	96.0
VAR. class (2.0)-(-2.5)φ	0.99717	8	0.34284	1.7	97.7
VAR. class (2.5)-(-3.0)φ	0.99481	9	0.25158	1.3	98.9
VAR. class (3.0)-(-3.5)φ	0.99866	10	0.09039	0.5	99.4
VAR. class (3.5)-(-4.0)φ	0.99894	11	0.04569	0.2	99.6
VAR. class (4.0)-(-4.5)φ	0.99690	12	0.02356	0.1	99.7
VAR. class (4.5)-(-5.0)φ	0.99228	13	0.01641	0.1	99.8
VAR. class (5.0)-(-5.5)φ	0.99460	14	0.01380	0.1	99.9
VAR. class (5.5)-(-6.0)φ	0.99452	15	0.00916	0.0	99.9
VAR. class (6.0)-(-7.0)φ	0.99706	16	0.00587	0.0	100.0
VAR. class (7.0)-(-8.0)φ	0.99612	17	0.00466	0.0	100.0
VAR. class (8.0)-(-9.0)φ	0.99701	18	0.00311	0.0	100.0
VAR. class (9.0)-(-10.0)φ	0.99256	19	0.00061	0.0	100.0
VAR. class >10φ	0.99243	20	0.00024	0.0	100.0

VARIMAX ROTATED FACTOR MATRIX					
VARIABLE/ FACTOR	1	2	3	4	EST COMMUNALITY
(-1.5)-(-1.0)φ	0.67095	0.08542	-0.20800	0.10759	0.51232
(-1.0)-(-0.5)φ	0.91742	-0.16154	-0.00764	0.08613	0.87523
(-0.5)-(-0.0)φ	0.94235	-0.16905	0.02574	0.09216	0.92576
(0.0)-(-0.5)φ	0.91253	-0.23962	0.25703	0.06025	0.93582
(0.5)-(-1.0)φ	0.75069	-0.28749	0.52446	0.06802	0.92587
(1.0)-(-1.5)φ	0.20795	-0.25492	0.90281	0.13638	0.94709
(1.5)-(-2.0)φ	0.44181	-0.30100	0.74125	0.11459	0.84838
(2.0)-(-2.5)φ	-0.02331	-0.16760	0.93369	0.02511	0.90104
(2.5)-(-3.0)φ	-0.24327	-0.21582	0.78807	-0.22293	0.77651
(3.0)-(-3.5)φ	-0.33117	-0.31266	-0.01977	-0.81919	0.87889
(3.5)-(-4.0)φ	-0.33289	-0.17805	-0.23614	-0.85354	0.92681
(4.0)-(-4.5)φ	-0.72116	-0.55800	-0.31885	0.20272	0.97419
(4.5)-(-5.0)φ	-0.65285	0.33971	-0.02370	0.52581	0.81866
(5.0)-(-5.5)φ	-0.47649	0.34417	-0.17652	0.58052	0.71366
(5.5)-(-6.0)φ	-0.28284	0.82014	-0.18307	0.37299	0.92527
(6.0)-(-7.0)φ	-0.15263	0.91324	-0.23740	0.25154	0.97692
(7.0)-(-8.0)φ	-0.13366	0.90810	-0.29269	0.17222	0.95783
(8.0)-(-9.0)φ	-0.16336	0.88600	-0.23019	0.15705	0.88932
(9.0)-(-10.0)φ	-0.20807	0.42056	-0.12604	0.41038	0.40445
>10φ	0.06014	0.91937	-0.19438	0.14002	0.90625

Πιν.3. Τιμές επίδρασης (Scores) κάθε παράγοντα σε κάθε δείγμα

Τιμές της επίδρασης (scores) κάθε παράγοντα σε κάθε δείγμα				
Αριθ.	Παράγοντες			
Δείγ.	1	2	3	4
I TH3	-0.598429	-0.060901	0.544019	-0.161570
I TH4	-0.167091	-0.209147	0.009751	0.787464
I TH7	-0.425020	3.212184	-0.819401	-0.083036
I TH8	1.163708	0.553182	-0.520216	-0.182168
I TH9	-0.417668	1.672345	-0.556433	0.493894
I TH10	0.719660	0.285694	-0.196189	-0.182246
I TH14	0.713547	0.287875	-0.815103	0.425421
I TH15	0.554035	0.145286	0.523471	0.046295
I TH16	-1.918712	-0.893034	-0.028541	1.306229
I TH17	-1.150281	-0.114462	-0.189288	0.776124
I TH19	-1.139197	-0.343891	1.095576	0.167148
I TH20	-0.734336	0.704607	1.791871	-0.534482
I TH22	1.295577	-0.563824	0.245558	-0.360270
I TH23	0.473678	0.073281	-0.386799	0.258490
I TH25	1.526841	-0.567523	-0.774332	0.242431
I TH26	-0.185085	0.107595	1.101425	-0.123256
I TH28	-1.144088	-0.719352	-1.158664	-3.859857
I TH31	0.145209	-0.831836	0.108941	0.335641
I TH33	0.704822	-0.501953	2.389469	-0.316209
I TH34	1.607506	-0.729366	-0.426225	0.043256
I TH35	-1.024677	-1.506761	-1.938889	0.920698

παράγοντας (πιν.3) εκφράζεται καλύτερα στο εσωτερικό ανατολικό τμήμα του όρμου Βαθύ (Σχ.17). Οπου το λεπτόκοκκο κλάσμα κυριαρχεί στα επιφανειακά ιζήματα (Σχ.4). Στην περιοχή αυτή έχουν παρατηρηθεί και οι υψηλότερες τιμές του ΑΙ. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στην είσοδο του όρμου Βαθύ και στον όρμο Αετού οι τιμές επίδρασης του δεύτερου παράγοντα είναι αρνητικές ακόμα και στις βαθιές περιοχές. Επομένως στις περιοχές αυτές το λεπτόκοκκο κλάσμα, βρίσκεται σε πολύ μικρές ποσότητες, γεγονός που μάλλον δηλώνει την πολύ μικρή προσφορά λεπτόκοκκου υλικού αν και δεν αποκλείεται να πρόκειται για υπολειμματικά ιζήματα.

Στο εσωτερικό του όρμου Βαθύ που, όπως είπαμε, εκφράζεται καλά ο δεύτερος παράγοντας έχουμε καλή έκφραση και του πρώτου παράγοντα. Έχουμε δηλαδή εδώ συνύπαρξη του λεπτόκοκκου και του χονδρόκοκκου υλικού. Επομένως, συμπεραίνεται ότι δεν υπάρχει η απαιτούμενη ενέργεια, ώστε να απομακρυνθεί το λεπτόκοκκο υλικό. Εξ' άλλου, από την επιφανειακή κατανομή της σταθερής απόκλισης, συνάγεται το συμπέρασμα ότι στο εσωτερικό του όρμου Βαθύ το περιβάλλον απόθεσης είναι χαμηλής ενέργειας.

Η μεταφορά των λεπτόκοκκων αυτών υλικών γίνεται με ομοιόμορφη αιώρηση (uniform suspension - Passega 1977). Στη συνέχεια λόγω της χαμηλής ενέργειας στο περιβάλλον απόθεσης, έχουμε καθίζηση του υλικού αυτού.

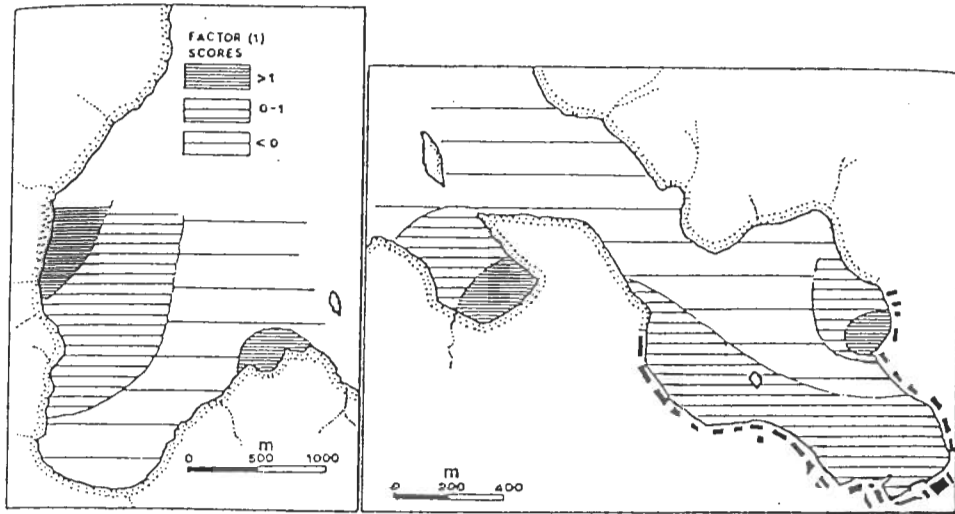
3.4.3. Τρίτος παράγοντας

Ο τρίτος παράγοντας ερμηνεύει το κλάσμα των ιζημάτων με μέγεθος κόκκων από 1φ έως 3φ, δηλαδή το κλάσμα το οποίο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μέτρια μέχρι λεπτόκοκκη άμμος (Σχ.18). Ο παράγοντας αυτός εκφράζεται καλά σε μια μικρή περιοχή τόσο του όρμου Βαθύ όσο και του όρμου Αετού (Σχ.20). Στον όρμο Βαθύ εκφράζεται καλύτερα στις βαθύτερες περιοχές όπου η λεπτόκοκκη άμμος επικρατεί των λεπτόκοκκων αργιλικών υλικών. Στον όρμο Αετού εκφράζεται καλύτερα στις παράκτιες περιοχές, όπου η λεπτόκοκκη άμμος επικρατεί των χονδρόκοκκων υλικών.

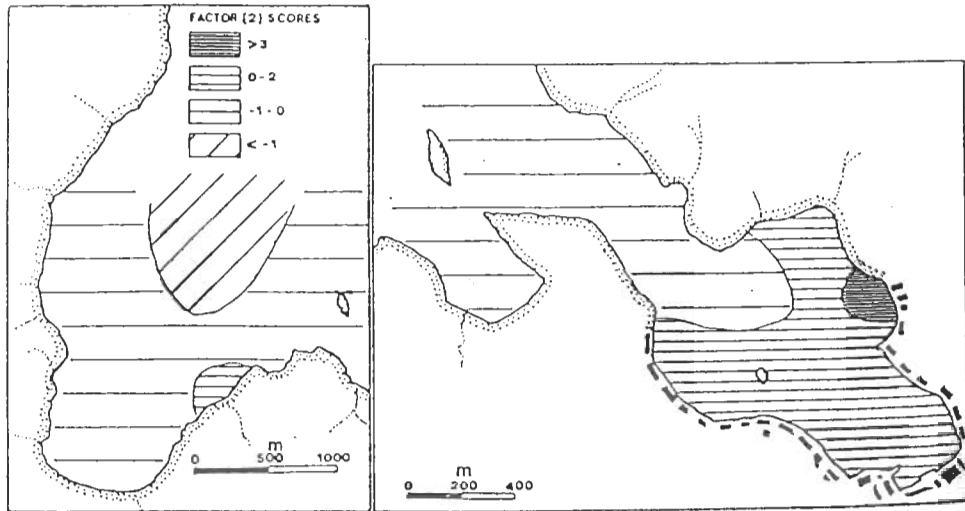
3.4.4. Τέταρτος παράγοντας

Ο τέταρτος παράγοντας περιγράφει δύο υποπληθυσμούς κόκκων. Ο ένας υποπληθυσμός περιλαμβάνει ιζήματα με μέγεθος κόκκων από 3φ έως 4φ και έχει υψηλά αρνητικά φορτία (-0,85, -0,82). Ο δεύτερος υποπληθυσμός περιλαμβάνει ιζήματα με μέγεθος κόκκων από 4,5φ έως 5,5φ και έχει μέτρια θετικά φορτία (0,53, 0,58). Στο διάγραμμα των παραγοντικών φορτίων σε συνάρτηση με το μέγεθος των κόκκων, φαίνεται καθαρά η απότομη αλλαγή στο πρόσημο του φορτίου, όταν τα υλικά από λεπτόκοκκοι άμμοι γίνονται πηλοί (Σχ.19). Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζει πιθανότατα τον διαφορετικό τρόπο μεταφοράς των πύο πάνω κλασμάτων.

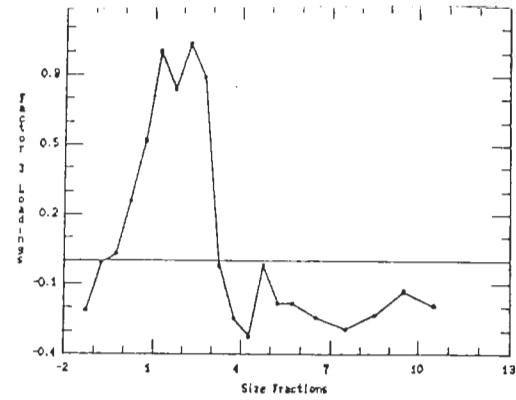
Από τον πίνακα των τιμών επίδρασης (scores) γίνεται φανερό ότι ο τέταρτος παράγοντας (πιν.3), ερμηνεύει πολύ καλά το δείγμα 28, στο οποίο πράγματι το 73% του υλικού έχει κόκκους με μέγεθος από 3φ-4φ.



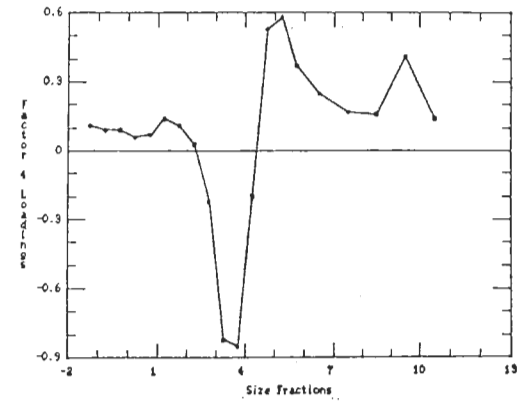
Σχ. 16. Επιφανειακή κατανομή των τιμών επίδρασης (Scores) του πρώτου παράγοντα



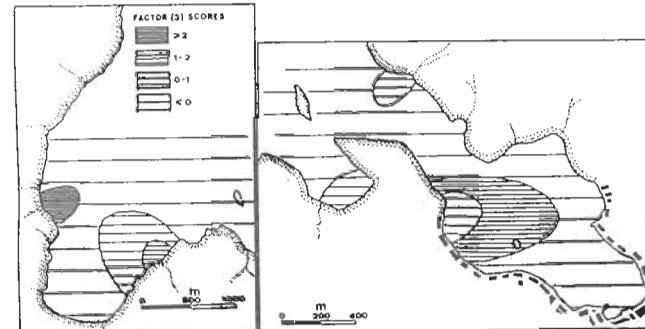
Σχ. 17. Επιφανειακή κατανομή των τιμών επίδρασης (Scores) του δεύτερου παράγοντα



Σχ. 18. Σχέση μεταξύ μεγέθους κόκκων και φορτίων του τρίτου παράγοντα



Σχ. 19. Σχέση μεταξύ μεγέθους κόκκων και φορτίων του τέταρτου παράγοντα



Σχ. 20. Επιφανειακή κατανομή των τιμών επίδρασης (Scores) του τρίτου παράγοντα

Με σκοπό να βρεθεί ο τρόπος μεταφοράς των ιζημάτων του όρμου Βαθύ και του όρμου Αετού, προβλήθηκαν στο ίδιο διάγραμμα τα φορτία (Load) και των τεσσάρων παραγόντων σε συνάρτηση με το μέγεθος των κόκκων (Σχ.21).

Στο διάγραμμα φαίνεται ότι δύο είναι οι κύριοι τρόποι μεταφοράς των ιζημάτων. Ο πρώτος αναφέρεται στα χονδρόκοκκα υλικά, τα οποία κυρίως μεταφέρονται με κύληση και ο δεύτερος αναφέρεται στα λεπτόκοκκα υλικά, των οποίων ο τρόπος μεταφοράς είναι η αιώρηση.

Αναλυτικότερα, στο Σχ.21, φαίνεται ότι τα υλικά με μέγεθος μέχρι 3Φ, συμπεριφέρονται κατά τον ίδιο τρόπο. Επειδή τα υλικά αυτά είναι χονδρόκοκκη έως πολύ χονδρόκοκκη άμμος, κατά την μεταφορά της επικρατεί ο επιφανειακός ερπησμός (surface creep) ή η κύληση. Παρατηρείται όμως (Σχ.21) ότι για τα υλικά με μέγεθος κόκκων από 1-3Φ υπάρχει μια μικρή διαφοροποίηση που πιθανότατα υποδηλώνει την απαρχή αιώρησης κάποιου μικρού ποσοστού του ιζήματος.

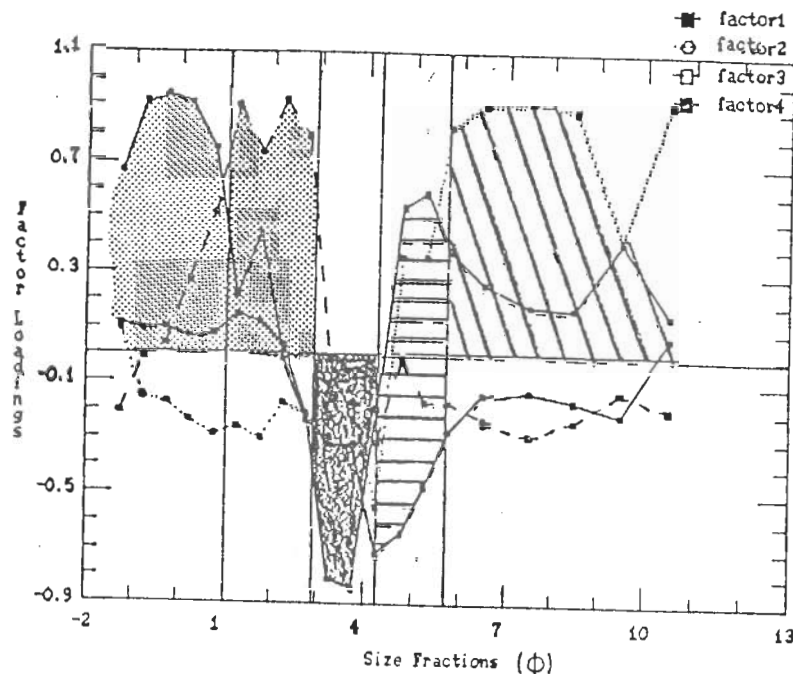
Στη συνέχεια και για τα υλικά από 3-4,5 Φ, παρατηρείται απότομη κάμψη στην καμπύλη και τα μεγέθη αυτά περιγράφονται με αρνητικά "φορτία". Υπάρχει επομένως ένας διαφορετικός τρόπος μεταφοράς που επικρατεί στα πιό χονδρόκοκκα από 3Φ υλικά και στα πιό λεπτόκοκκα από 3Φ υλικά. Οι πολύ λεπτόκοκκες άμμοι (3Φ-4,5Φ) μεταφέρονται κυρίως με αιώρηση και ένα μικρό ποσοστό του ιζήματος μεταφέρεται με κύληση.

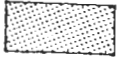




Ακολουθώντας, τα υλικά από 4,5Φ έως 5,5Φ (χονδρόκοκκοι πηλοι) χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλά θετικά φορτία και από σχετικά υψηλά αρνητικά φορτία. Επομένως τα υλικά αυτά μεταφέρονται με έναν ιδιόρρυθμο τρόπο που είναι συνδυασμός ανάμεσα στην αιώρηση και στην κύληση, όπως π.χ. η διαβαθμισμένη αιώρηση. Σύμφωνα με τους Passaga and Byramjee (1969), η διαβαθμισμένη αιώρηση (graded suspension) είναι αιώρηση υλικού πάνω από τον πυθμένα, με ομαλή ελάττωση του μεγέθους των κόκκων αλλά και της συγκέντρωσης του υλικού προς τα πάνω. Το υλικό αυτό αιωρείται λόγω της ύπαρξης ασθενών τυρβωδών ρευμάτων πυθμένα.

Τέλος, τα πολύ λεπτόκοκκα υλικά (λεπτόκοκκοι πηλοι και άργιλοι) τα οποία περιγράφονται πολύ καλά με τον δεύτερο παράγοντα, μεταφέρονται μάλλον με ομοιόμορφη αιώρηση (uniform suspension).

Για τον προσδιορισμό του τρόπου ή των τρόπων μεταφοράς ενός ιζήματος χρησιμοποιείται και η μορφή των καμπυλών στην λογαριθμική (Log-probability) απεικόνιση της κατανομής του μεγέθους των κόκκων. Οι αλλαγές στην κλίση της καμπύλης ή η δημιουργία ευθύγραμμων τμημάτων, αναπαριστούν υποπληθυσμούς κόκκων οι οποίοι μεταφέρθηκαν με διαφορετικούς τρόπους.

Πολλοί ερευνητές όπως ο Tanner (1959, 1964), ο Visher (1969), ο Middleton (1976), οι Viard and Breyer (1979) και οι Eschner and Kircher (1984), μελέτησαν ιζήματα από διάφορα περιβάλλοντα και διαπίστωσαν ότι η αθροιστική καμπύλη του μεγέθους των κόκκων αποτελείται



-  Επιφανειακός ερπησμός και κύληση.
-  κύληση και αιώρηση.
-  αιώρηση και κύληση.
-  διαβαθμισμένη αιώρηση.
-  ομοιόμορφη αιώρηση.

Σχ. 21. Ερμηνεία της κατανομής των παραγοντικών φορτίων σε σχέση με το μέγεθος των κόκκων.

από ευθύγραμμα τμήματα. Στα διαγράμματα, τα διάφορα περιβάλλοντα ιζηματογένεσης διαφέρουν ως προς τον αριθμό αλλά και την κλίση των ευθύγραμμων τμημάτων.

Στην μελετούμενη περιοχή η μορφή των αθροιστικών καμπυλών μεγέθους των κόκκων, μας δίνει τρεις κύριους υποπληθυσμούς κόκκων (Σχ.22):

Ο πρώτος υποπληθυσμός κόκκων περιλαμβάνει υλικά με μέγεθος μεγαλύτερο από 1φ (0,5mm, χονδρόκοκκο κλάσμα). Το κλάσμα αυτό πιθανότατα έχει μεταφερθεί με επιφανειακό ερπησμό και σύμφωνα με τον Tanner (1964) ο πληθυσμός αυτός πιθανότατα να είναι το αποτέλεσμα της κυματικής απόθεσης (wave deposition). Ο Visher (1969) υποστηρίζει ότι το εύρος του πληθυσμού αυτού, εξαρτάται από την πηγή τροφοδοσίας, το μέγεθος των κόκκων και από τη μέγιστη ταχύτητα των ρευμάτων που έκαναν τη μεταφορά του υλικού. Όπως φαίνεται στο Σχ.22, ένα σημαντικό ποσοστό του ιζήματος, που φτάνει μέχρι και 40%, αποτελεί τον πρώτο αυτό υποπληθυσμό. Αυτό σημαίνει ότι ένα σημαντικό κλάσμα των ιζημάτων είναι χονδρόκοκκο και μεταφέρεται με επιφανειακό ερπησμό ή κύληση.

Ο δεύτερος υποπληθυσμός περιλαμβάνει υλικά με μέγεθος κόκκων από 1φ έως 5φ (0,5mm έως 0,031mm) των οποίων η μεταφορά έχει γίνει με ενδιάμεση αιώρηση, δηλαδή κατά την μεταφορά των υλικών έχουμε μία ενδιάμεση κατάσταση ανάμεσα στην κύληση και στην αιώρηση. Και εδώ ένα σημαντικό ποσοστό του ιζήματος (περίπου 40%), μεταφέρεται με ενδιάμεση αιώρηση.

Ο τρίτος υποπληθυσμός, με μέγεθος κόκκων μικρότερο από 5φ (0,0031mm, λεπτόκοκκο κλάσμα), αποτελεί ένα μικρό ποσοστό του ολικού ιζήματος και μεταφέρεται με αιώρηση.

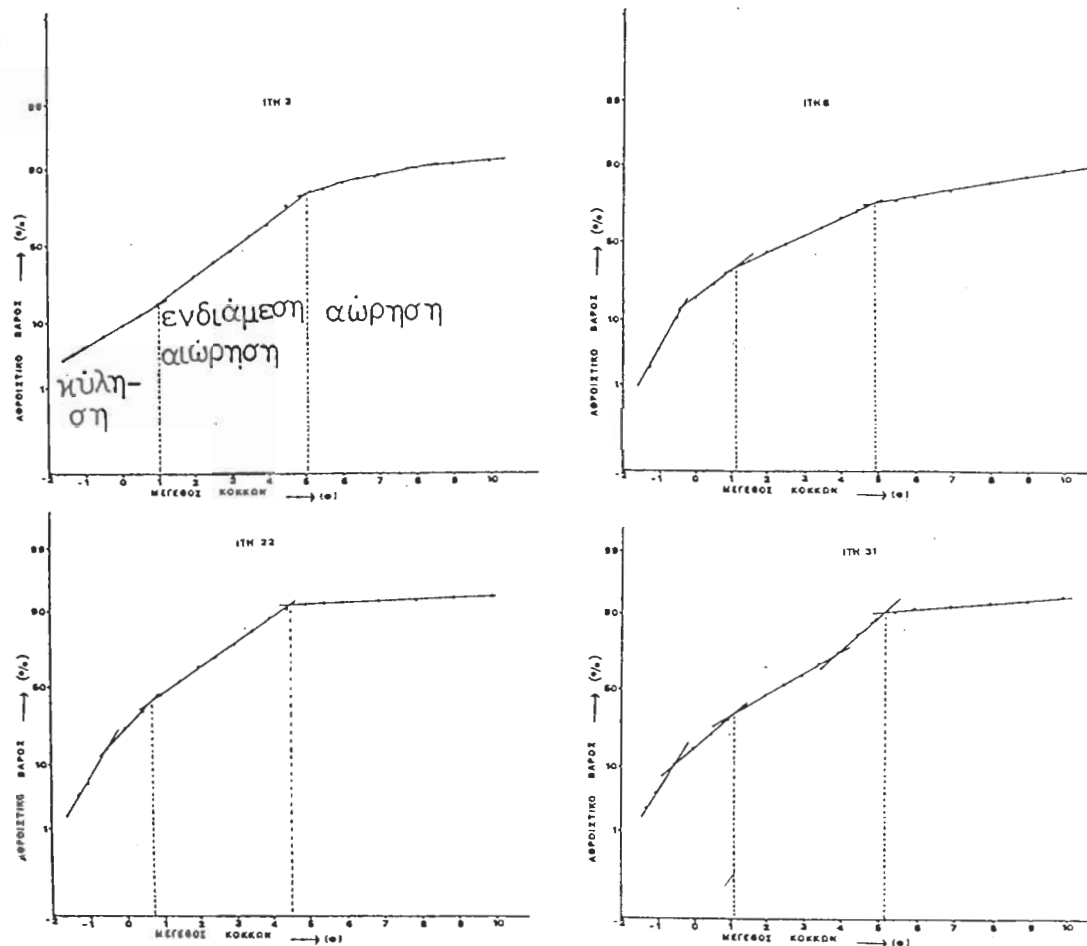
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1) Κατά την ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων του κόλπου της Ιθάκης προσδιορίστηκαν τα ακόλουθα ορυκτά:

Ανθρακικά ορυκτά (ασβεσίτης, Mg-ασβεσίτης, αραγωνίτης και δολομίτης), Χαλαζίας, Απατίτης, Αστριοι (ορθόκλαστο, πλαγιόκλαστα) και Αργιλικά ορυκτά (ιλλίτης, χλωρίτης).

2) Από την κοκκομετρική ανάλυση των ιζημάτων, που έγινε σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Shepard (1973), βρέθηκε ότι επικρατούν κυρίως δύο τύποι ιζημάτων: οι πηλοχυοί άμμοι και οι άμμοι (Σχ. 3).

Τα ιζήματα του όρμου Βαθύ είναι πιό λεπτόκοκκα (3φ-6φ) από τα ιζήματα του όρμου Αετού (1.26φ-3.58φ). Στον όρμο Βαθύ οι τιμές της σταθερής απόκλισης κυμαίνονται από 2.09φ έως 4.62φ, γεγονός που σημαίνει ότι τα ιζήματα είναι ασθενώς διαβαθμισμένα διότι το περιβάλλον απόθεσης είναι χαμηλής ενέργειας. Από τις τιμές της λοξότητας (Σχ.13) φαίνεται ότι έχουμε ανάμιξη δύο τύπων ιζημάτων με επικράτηση όμως του χονδρόκοκκου κλάσματος. Στα βαθύτερα σημεία του όρμου, τείνει να επικρατήσει ένας τύπος ιζήματος.



Σχ. 22. Αθροιστικές καμπύλες δειγμάτων ιζημάτων από τον κόλπο Αετού Ιθάκης.

Οι τιμές της κύρτωσης (1-1.04) δείχνουν ότι έχουμε ομοιόμορφη ταξινόμηση σε όλες τις τάξεις μεγέθους των κόκκων και επομένως τα πολύ ασθενώς διαβαθμισμένα ιζήματα του όρμου αυτού έχουν κακή διαβάθμιση σε όλα τα κλάσματα του ιζήματος. Στο κεντρικό τμήμα του όρμου παρατηρείται καλύτερη διαβάθμιση στις ενδιάμεσες τάξεις μεγέθους, δηλαδή στο πηλτικό κλάσμα του ιζήματος.

Στον όρμο Αετού οι τιμές της σταθερής απόκλισης κυμαίνονται από 0,48Φ έως 3,10Φ, επομένως τα ιζήματα είναι καλύτερα διαβαθμισμένα διότι το περιβάλλον απόθεσης είναι υψηλής ενέργειας. Από τις τιμές της λοξότητας φαίνεται ότι στα παράκτια ιζήματα έχουμε ανάμιξη με επικράτηση χονδρόκοκκων υλικών, στις βαθύτερες περιοχές όμως τα ιζήματα τείνουν να γίνουν μονοτυπικά. Από τις τιμές της κύρτωσης φαίνεται ότι έχουμε λεπτόκυρτες καμπύλες, οι οποίες στα βαθύτερα σημεία του όρμου μεταπίπτουν σε πολύ λεπτόκυρτες. Έτσι, στον όρμο Αετού έχουμε καλύτερη διαβάθμιση στο κλάσμα του πηλού.

3) Με την εφαρμογή της R-τύπου παραγοντικής ανάλυσης στα κοκκομετρικά δεδομένα του όρμου Αετού του κόλπου Ιθάκης το 85,2% της όλης διασποράς ερμηνεύεται από τέσσερις παράγοντες.

Ο πρώτος παράγοντας αναφέρεται στην απόθεση των ιζημάτων στις παράκτιες περιοχές όπου έχουμε την απόθεση χονδρόκοκκου υλικού και ταυτόχρονα την απομάκρυνση λόγω κυματισμού, του λεπτόκοκκου υλικού.

Ο δεύτερος παράγοντας αναφέρεται στην απόθεση των ιζημάτων στις βαθύτερες περιοχές του κόλπου, όπου έχουμε περιβάλλον απόθεσης χαμηλής ενέργειας.

Ο τρίτος παράγοντας ερμηνεύει την συμπεριφορά των υλικών με ενδιάμεσο μέγεθος κόκκων (1Φ-3Φ), δηλαδή της μέτριας έως λεπτόκοκκης άμμου.

Ο τέταρτος παράγοντας περιγράφει δύο υποπληθυσμούς κόκκων και πιθανότατα τονίζει την οριακή εκείνη κατάσταση κατά την οποία, από τον τρόπο μεταφοράς και απόθεσης των πιο χονδρόκοκκων υλικών, μεταβαίνουμε στον διαφορετικό τρόπο μεταφοράς των λεπτόκοκκων υλικών.

Η μελέτη της σχέσης των φορτίων (load) και των τεσσάρων παραγόντων έδειξε ότι η πολύ χονδρόκοκκη έως χονδρόκοκκη άμμος μεταφέρεται με επιφανειακό ερπησμό ή κύληση. Η μέτρια έως λεπτόκοκκη άμμος μεταφέρεται με κύληση ενώ ένα μικρό ποσοστό του ιζήματος έχει ήδη αρχίσει να αιωρείται. Η πολύ λεπτόκοκκη άμμος (3Φ-4,5Φ) μεταφέρεται με αιώρηση και ένα μικρό μόνο ποσοστό του ιζήματος μεταφέρεται με κύληση. Οι χονδρόκοκκοι πηλοί (4,5Φ-5,5Φ), πιθανότατα μεταφέρονται με διαβαθμισμένη αιώρηση, και τέλος τα πολύ λεπτόκοκκα υλικά μεταφέρονται με ομοιόμορφη αιώρηση.

Έτσι, καθορίστηκαν οι τρεις κύριοι τρόποι μεταφοράς των ιζημάτων (Σχ.22) που είναι οι εξής:

α) Ο επιφανειακός ερπησμός και η κύληση. Με τον τρόπο αυτό μεταφέρεται το χονδρόκοκκο κλάσμα του ιζήματος (>0.5mm).

β) Η ενδιάμεση αιώρηση. Έτσι μεταφέρεται το υλικό με μέγεθος κόκκων από 0.5mm έως 0.031mm, δηλαδή οι μετρίου μεγέθους άμμοι μέχρι και οι χονδρόκοκκοι πηλοί.

γ) Η αιώρηση. Με τον τρόπο αυτό μεταφέρεται το πολύ λεπτόκοκκο κλάσμα του ιζήματος (<0.031mm).

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allen, P.G., Castaing, P., and Klingebiel, A., (1971): Distinction of elementary sand populations in the Gironde Estuary, (France), by R-mode factor analysis of grain-size data. *Sedimentology*, pp.21-35.
- B.P.Co. (1971): Γεωλογικός χάρτης Ιθάκης.
- Eschner, R.T. and Kircher E.J., (1984): Interpretation of grain-size distributions from measured sediment data, Platte river Nebraska. *Sedimentology*, 31, pp.569-573.
- Folk, R.L. and Ward, W.C., (1957): Brazos River Bar, a study in the significance of grain-size parameters. *J.Sediment. Petrol.* 27, pp.3-26.
- Folk, R.L., (1974): Petrology of sedimentary rocks. Austin, Texas.
- Middleton, G.V., (1976): Hydraulic interpretation of sand size distributions. *J.Geol.* 84, pp. 405-426.
- Passega, R. and Byramjee, R., (1969): Grain-size image of clastic deposits. *Sedimentology*, 13, pp.233-252.
- Passega, R., (1977): Significance of CM diagrams of sediments deposited by suspensions. *Sedimentology*, 24, pp.723-733.
- Sheppard, F.P. (1973): Submarine Geology. Harper and Row, New York. 517p.
- Sly, D.G., Thomas, R.L., and Pelletier, B.R., (1983): Interpretation of moment measures derived from water-lain sediments. *Sedimentology*, 30, pp.219-233.
- Tanner, W.F., (1959): Sample components obtained by the method of differences. *J. Sedim. Petrol.* 29, pp.408-411.
- Tanner, W.F., (1964): Modification of sediment size distributions. *J. Sedim. Petrol.* 34, pp.156-164.
- Viard, J.P., and Breyer, J.A., (1979): Description and hydraulic interpretation of grain-size cumulative curves from the Platte River system. *Sedimentology*, 26, pp.427-439.
- Visher, G.S., (1969): Grain-size distributions and depositional processes, *J. Sediment. Petrol.* 39, pp.1074-1106.