

## ΓΕΩΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΤΤΙΚΗΣ - ΕΥΒΟΙΑΣ - Β. ΚΥΚΛΑΔΩΝ

Α. Καραγεώργης\*, Χ. Αναγνώστου\*, Α. Σιούλας\*\* και Γ. Ελευθεριάδης\*\*\*

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε μια σειρά 68 δειγμάτων επιφανειακών ιζημάτων από τη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Αττικής - Εύβοιας-Β. Κυκλάδων, έγιναν γεωχημικές αναλύσεις για κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία. Από την παραγοντική ανάλυση προέκυψε ότι τα χημικά στοιχεία έχουν κυρίως χερσογενή προέλευση και παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στο νότιο Ευβοϊκό κόλπο που τροφοδοτείται από τον ποταμό Ασωπό. Στο νότιο τμήμα της περιοχής επικρατεί το υπολειμματικό πυρίτιο και τα βιογενή συστατικά. Τα μέταλλα γενικά εμφανίζονται σε φυσιολογικά επίπεδα.

### ABSTRACT

A series of 68 surface sediment samples from the marine area between Attica-Euboea-northern Cyclades, has been analyzed for major and minor elements. Factor analysis revealed that chemical elements are of terrigenous origin and the higher concentrations are observed in south Euboic gulf, supplied by Asopos river. The southern part is dominated by residual Si and biogenous components. Trace metals generally showed normal concentrations.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ-INTRODUCTION

Η θαλάσσια περιοχή μεταξύ Αττικής-Εύβοιας-Β. Κυκλάδων (Εικ. 1α) περιλαμβάνει το νότιο Ευβοϊκό κόλπο, τον κόλπο των Πεταλιών και στο νότιο τμήμα μια εκτεταμένη θαλάσσια περιοχή, που στο εξής θα αναφέρεται σαν "νότια ανοιχτή λεκάνη".

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στη γεωχημική μελέτη των ιζημάτων της περιοχής και την εξέταση των φυσικών παραγόντων που ευθύνονται για τις παρατηρούμενες διακυμάνσεις των χημικών στοιχείων.

Εργασία γεωχημικού αντικειμένου έχει παρουσιαστεί από τους Angelidis et al. (1980), αφορούσε δε αναλύσεις ιχνοστοιχείων κυρίως στο νότιο Ευβοϊκό κόλπο.

### Γεωλογικά και φυσικογεωγραφικά στοιχεία

Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν δύο λεκάνες που σχετίζεται με τη μεταλλική εξέλιξη του Κυκλαδικού πλατώ (Λυκούσης κ.ά. 1989, Παπανικολάου κ.ά. 1989). Η στρωματογραφία της ξηράς χαρακτηρίζεται γενικά από μη μεταμορφωμένους αλπικούς σχηματισμούς και μεταλλικούς σχηματισμούς στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της περιοχής και μεταμορφωμένους σχηματισμούς στην ανατολική και νότια Αττική και στην κεντρική και νότια Εύβοια.

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής είναι φτωχό και ο πιο σημαντικός ποταμός

\* Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Άγιος Κοσμάς 166 04, Αθήνα

\*\* Υδροβιολογικός Σταθμός Ρόδου, οδός Κω, 851 00, Ρόδος

\*\*\* Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, 540 06 Θεσσαλονίκη

είναι ο Ασωπός (Εικ. 1α), που εκβάλλει στο νότιο Ευβοϊκό κόλπο.

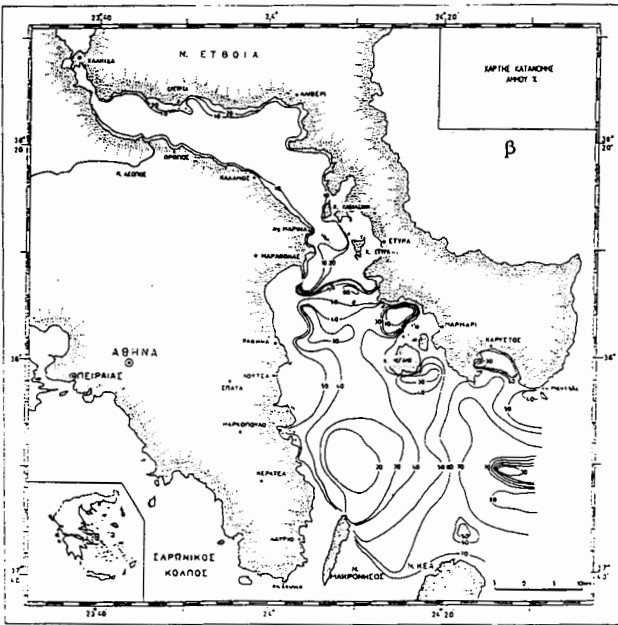
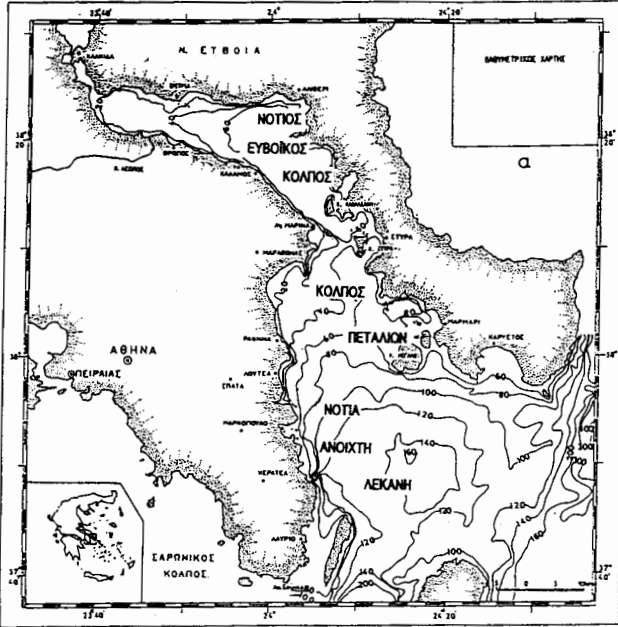
Η υποθαλάσσια μορφολογία (Εικ. 1α) χαρακτηρίζεται από μικρά βάθη - μέχρι 68m - στο νότιο Ευβοϊκό κόλπο. Οι κλίσεις είναι μεγάλες στην παράκτια ζώνη, ενώ στο εσωτερικό τμήμα ο πυθμένας είναι ομαλός. Στο νότιο αναπτύσσεται μία κυκλική ανοιχτή λεκάνη με μέγιστο βάθος 162m και γενικά μικρές κλίσεις (Καραγεώργης 1993).

Η κατανομή των ιζημάτων, όπως αντιπροσωπεύεται από την κατανομή της χερσογενούς άμμου (Εικ. 1β), υποδηλώνει την παρουσία λεπτόκοκκων ιζημάτων στο νότιο Ευβοϊκό κόλπο και την κυριαρχία της αδρόκοκκης αμμόδους φάσης στον κόλπο των Πεταλιών και στη νότια ανοιχτή λεκάνη (Καραγεώργης 1992).

#### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ - MATERIALS AND METHODS

Συνολικά συλλέχθηκαν 123 δείγματα επιφανειακών ιζημάτων με ανοξειδωτο δειγματολήπτη τύπου Reineck, κατά τη διάρκεια τριών ερευνητικών πλόων του "Ω/Κ ΑΙΓΑΙΟ" του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (Ε.Κ.Θ.Ε.). Οι δειγματοληψίες έγιναν στο διάστημα Οκτωβρίου 1986 - Δεκεμβρίου 1988.

Για τις γεωχημικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν 68 δείγματα (Εικ. 2α). Κατά την επιλογή δόθηκε έμφαση στα δείγματα από τις παράκτιες και κλειστές περιοχές των κόλπων νότιου Ευβοϊκού και Πεταλιών, γιατί είναι χώροι πιο εκτεθειμένοι σε ανθρωπογενείς επιδράσεις, σε σχέση με τη νότια ανοιχτή λεκάνη. Τα δείγματα ξηράθηκαν στους 100 °C, κονιοποιήθηκαν σε μύλο από α-



**Εικ. 1:** α) Βαθυμετρικός χάρτης (Καραγεώργης 1992), β) Χάρτης κατανομής χερσογενούς άμμου (Καραγεώργης 1992).

**Fig. 1:** a) Bathymetric map (Karageorgis 1992), b) Detrital sand distribution map (Karageorgis 1992).

χάτη και αναλύθηκαν για κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία με συσκευή φθορισμού ακτίνων-X Phillips.

Ο προσδιορισμός των ανθρακικών έγινε με τη μέθοδο της "βόμβας ανθρακικών" (Mueller 1967).

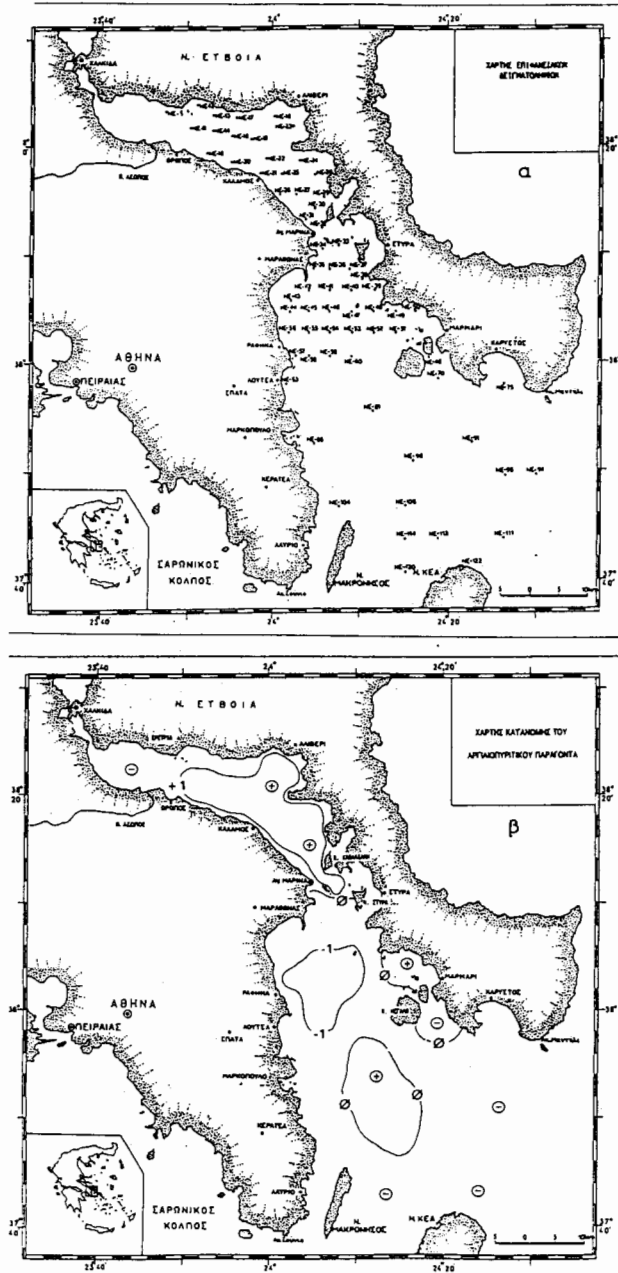
Για τη διαχείριση του μεγάλου όγκου των δεδομένων, που προέκυψαν από τις χημικές αναλύσεις, χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές στατιστικής ανάλυσης πολλών παραγόντων. Ο υπολογισμός των συντελεστών συσχέτισης και η R-τύπου παραγοντική ανάλυση με περιστροφή Varimax έγιναν με το λογισμικό πακέτο Statgraphics (S.G.C. 1988).

#### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΥΖΗΤΗΤΗ- RESULTS AND DISCUSSION

Τα αποτελέσματα των γεωχημικών αναλύσεων ολικού δείγματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Για την εκτέλεση των στατιστικών αναλύσεων υπολογίστηκαν εκ νέου τα δεδομένα σε "ελεύθερη ανθρακικών βάση" (CFB), ώστε να ελαχιστοποιηθεί το φαινόμενο της αραίωσης των συγκεντρώσεων των στοιχείων λόγω του ανθρακικού ασβεστίου. Αυτές οι διορθώσεις είναι πιθανόν να εισάγουν κάποιο λάθος στα δεδομένα σε αναλογία με το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου στο δείγμα. Στη συνέχεια κατασκευάστηκε ο πίνακας συντελεστών συσχέτισης (Πίνακας 2) για να επιτευχθεί μια πρώτη προσέγγιση στην ομαδοποίηση των χημικών στοιχείων - μεταβλητών.

#### Πυρίτιο και αργίλιο

Το πυρίτιο, που προέρχεται από χερσογενή αργιλιοπυριτικά ορυκτά, χαλαζία και σκελετούς βιογενών, είναι το στοιχείο που παρουσιάζει τις με-



Εικ. 2: α) Χάρτης δειγμάτων επιφανειακών ιζημάτων, β) Κατανομή παραγοντικών τιμών του αργιλιοπυριτικού παράγοντα.

Fig. 2: a) Location of surface sediments samples, b) Distribution of factor scores for the aluminosilicate factor.

Πίν. 1: Αποτελέσματα γεωχημικών αναλύσεων για κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία.  
 Table 1. Geochemical analyses results for major and minor elements.

ΔΕΙΓΜΑ	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO %	K <sub>2</sub> O %	Na <sub>2</sub> O %	TiO <sub>2</sub> %	MgO %	LOI %	SUM %	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> %	Mn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cr ppm	Ni ppm	Sr ppm
NE-5	38.61	7.60	4.54	25.09	1.01	1.87	0.41	2.94	17.72	99.80	40.30	767	17	21	63	151	150	865
NE-11	42.72	12.08	5.69	12.89	1.33	1.44	0.60	3.84	18.08	98.67	23.60	697	15	30	89	274	261	291
NE-12	30.63	8.76	3.56	20.92	0.64	1.90	0.44	4.20	26.89	96.64	38.40	310	13	27	72	137	124	1329
NE-13	9.87	2.28	1.49	40.31	0.33	1.09	0.13	2.07	38.55	96.12	72.20	310	2	13	44	205	46	2084
NE-14	41.00	11.90	5.65	11.88	1.10	2.20	0.58	3.84	19.71	97.86	25.80	8162	17	29	88	274	242	276
NE-15	42.04	10.45	5.17	14.88	0.91	1.71	0.56	3.81	19.15	98.18	26.90	542	17	26	82	342	276	224
NE-16	39.91	12.87	6.09	12.31	1.35	2.38	0.60	4.01	19.17	98.69	18.70	852	21	34	97	274	264	283
NE-17	38.50	8.95	4.43	20.12	0.72	1.25	0.52	2.31	21.90	98.70	36.00	542	13	24	72	137	113	792
NE-18	43.94	12.17	5.60	12.20	1.17	2.08	0.59	3.61	17.85	99.21	24.10	929	18	32	89	274	223	307
NE-19	42.16	14.17	6.61	11.59	1.99	1.45	0.63	4.21	16.76	99.57	21.60	697	20	38	100	274	275	273
NE-20	43.07	12.15	5.95	11.85	1.20	1.97	0.60	4.18	18.10	99.07	21.90	697	21	28	93	342	285	185
NE-21	41.25	13.34	6.43	11.21	1.71	1.80	0.61	4.37	17.51	98.23	20.00	697	21	35	99	342	278	284
NE-22	43.34	14.64	6.99	12.31	2.10	0.99	0.66	4.64	12.68	98.35	20.70	775	23	36	99	342	301	219
NE-23	40.78	12.31	5.72	13.90	1.34	1.30	0.58	3.56	18.56	98.05	25.50	697	19	32	91	274	236	397
NE-24	37.62	12.74	6.05	13.45	1.46	2.09	0.57	4.41	19.74	98.13	24.10	775	18	34	87	274	231	363
NE-25	39.39	13.76	6.51	11.93	1.96	2.29	0.60	4.55	17.82	98.81	22.10	852	22	35	102	274	277	306
NE-26	48.79	15.28	6.18	7.61	2.35	2.44	0.73	3.24	13.01	99.63	14.50	465	23	31	92	205	192	163
NE-27	39.60	13.59	6.43	12.44	1.56	1.92	0.59	4.48	19.04	99.65	22.80	929	22	34	98	274	258	333
NE-28	35.35	11.69	5.57	16.37	1.00	1.93	0.53	3.97	22.25	98.66	29.60	1084	19	34	91	274	236	473
NE-29	36.39	11.76	5.63	15.09	1.11	2.07	0.55	4.24	21.20	98.04	26.90	775	27	59	82	274	192	450
NE-30	38.21	12.65	6.02	14.77	1.57	1.60	0.58	4.11	19.26	98.77	25.70	929	21	37	99	274	244	441
NE-31	46.73	10.35	4.17	13.99	0.56	2.75	0.52	2.30	16.77	98.14	22.70	542	6	21	66	137	87	442
NE-32	34.77	11.33	5.35	18.78	1.12	0.38	0.51	3.86	22.11	98.21	31.40	775	18	33	84	274	204	637
NE-33	35.53	11.28	5.34	17.70	1.25	1.18	0.53	3.67	21.63	98.11	31.70	775	21	36	90	274	203	632
NE-34	5.25	1.67	0.89	41.59	0.26	1.48	0.09	2.82	41.59	95.64	76.30	155	6	13	28	170	47	2757
NE-35	11.15	2.54	1.73	40.52	0.21	0.72	0.13	2.05	37.63	96.68	80.40	0	4	16	39	68	49	1912
NE-36	17.17	3.24	2.35	35.60	0.37	1.02	0.18	1.93	34.50	96.36	66.10	387	2	19	40	68	55	1584
NE-37	13.65	2.96	2.82	36.87	0.28	0.97	0.15	2.38	36.43	96.15	68.80	1084	7	22	44	68	70	1842
NE-38	31.99	5.88	3.58	25.33	0.40	1.04	0.32	2.65	26.47	97.66	46.30	775	11	22	57	137	102	934
NE-39	32.57	5.33	2.98	26.79	0.39	1.41	0.31	2.51	26.32	98.41	49.50	465	4	16	50	68	81	1031
NE-40	28.21	3.76	2.39	29.82	0.25	1.31	0.18	1.79	29.73	97.44	55.60	697	0	17	38	68	52	1388
NE-41	28.39	4.03	2.50	30.43	0.25	1.27	0.20	1.81	29.39	98.27	54.60	310	0	18	40	68	45	1144
NE-42	39.89	7.87	3.10	19.31	0.51	1.68	0.44	2.08	22.43	97.31	37.70	387	9	28	61	137	78	644
NE-43	36.97	4.99	2.12	24.41	0.27	1.17	0.26	1.67	24.88	96.74	46.40	310	0	15	42	137	43	881
NE-44	28.67	3.84	1.73	28.18	0.37	2.04	0.21	2.26	28.67	95.97	59.00	232	1	15	37	68	47	1362
NE-45	11.77	2.38	1.23	38.24	0.27	1.34	0.13	2.38	38.10	95.84	76.90	155	5	16	34	68	41	2052
NE-46	8.68	1.50	0.70	41.23	0.17	0.84	0.08	2.68	39.90	95.78	80.00	77	2	12	24	68	31	2665
NE-47	8.63	1.30	0.82	42.80	0.18	0.78	0.07	2.05	39.62	96.25	82.20	155	1	13	23	68	27	2426
NE-48	18.83	3.49	2.92	35.02	0.30	0.67	0.17	2.47	33.89	97.76	65.30	775	3	22	43	68	65	1578
NE-49	36.26	8.60	4.19	22.29	0.83	1.29	0.49	3.31	22.91	100.17	42.20	775	14	28	76	205	135	771
NE-50	36.43	9.10	4.24	19.15	0.57	1.79	0.52	3.67	22.56	98.03	40.30	620	12	26	76	205	144	706
NE-51	35.38	7.74	3.72	23.08	0.87	1.09	0.42	2.94	23.13	98.37	45.20	620	9	25	67	205	117	886
NE-52	14.86	2.66	2.41	37.66	0.24	0.96	0.13	1.91	36.10	96.93	74.90	620	3	17	38	68	55	1582
NE-53	3.99	1.16	0.96	52.82	0.23	1.46	0.05	2.62	30.12	93.41	87.00	232	1	13	20	68	20	2749
NE-54	11.17	1.43	0.89	41.18	0.20	1.17	0.09	2.11	38.22	96.46	79.50	155	1	13	23	68	30	2307
NE-55	24.57	2.70	1.04	34.91	0.16	0.76	0.14	1.66	31.82	97.76	69.40	232	0	11	26	68	31	1938
NE-56	12.17	2.72	1.42	39.11	0.20	0.74	0.15	2.46	37.80	96.77	76.60	155	2	17	34	68	45	2228
NE-57	40.11	5.53	2.23	22.13	0.44	1.56	0.30	1.76	23.34	97.40	44.40	232	1	19	47	137	49	761
NE-58	10.33	1.63	1.41	41.85	0.17	1.06	0.10	2.07	39.10	97.72	77.50	310	0	16	30	68	30	2271
NE-59	19.12	2.91	1.73	35.18	0.34	1.29	0.15	2.14	33.67	96.53	67.80	232	3	17	36	68	48	2005
NE-60	31.72	3.09	1.73	29.32	0.22	1.06	0.17	1.73	28.39	97.43	58.80	310	0	15	28	137	36	1325
NE-63	25.59	3.61	1.89	36.47	0.24	0.84	0.20	1.75	29.33	99.91	66.70	216	11	17	36	65	40	1543
NE-68	28.46	3.77	1.81	34.26	0.33	1.29	0.24	2.12	27.61	99.89	62.80	257	11	11	40	67	39	1579
NE-70	3.19	0.60	0.71	51.26	0.07	0.61	0.04	3.20	40.23	99.92	91.50	161	7	10	11	20	15	2927
NE-75	30.59	3.15	1.57	33.77	0.15	0.90	0.23	2.07	27.48	99.90	62.50	240	11	11	31	43	27	1793
NE-81	33.54	5.72	3.33	28.68	0.64	1.83	0.32	2.26	23.52	99.84	53.50	529	16	20	53	93	63	1402
NE-86	24.17	4.05	3.60	36.62	0.34	1.01	0.22	2.09	27.75	99.85	63.10	486	13	21	38	82	53	2165
NE-91	42.13	6.05	2.78	23.76	0.30	2.16	0.31	1.73	20.62	99.85	46.90	487	91	14	34	60	40	1041
NE-94	11.32	2.19	1.48	46.60	0.13	0.54	0.12	3.27	34.21	99.87	77.80	381	10	10	19	39	33	2482
NE-95	17.80	4.28	2.17	39.97	0.23	0.85	0.24	3.35	30.95	99.84	70.40	438	17	17	35	67	53	2314
NE-98	39.13	7.61	4.16	23.95	0.84	2.34	0.42	2.48	18.86	99.80	42.90	691	20	21	53	103	78	908
NE-104	22.49	3.81	3.11	37.39	0.32	0.84	0.22	2.18	29.50	99.86	67.10	379	10	25	36	72	47	1833
NE-106	34.96	6.77	4.27	26.85	0.78	2.19	0.36	2.38	21.24	99.82	48.30	678	17	22	48	94	69	1062
NE-111	6.25	0.98	1.56	48.91	0.15	0.65	0.05	2.88	38.47	99.90	87.50	313	4	9	7	22	17	2372
NE-113	6.22	1.21	1.60	49.11	0.08	0.39	0.07	2.84	38.34	99.88	87.20	338	6	14	22	28	20	2374
NE-114	12.98	2.48	2.00	44.16	0.14	0.69	0.14	2.34	34.96	99.88	79.50	335	8	15	27	41	29	1898
NE-120	11.22	2.58	1.66	46.19	0.24	0.66	0.14	3.27	35.40	101.36	80.50	350	10	11	29	60	35	1625
NE-122	25.72	5.38	2.53	34.33	0.25	1.30	0.33	3.55	26.47	99.86	60.20	352	12	7	31	82	43	1490

γαλύτερες διακυμάνσεις στα δείγματα. Γενικά στα θαλάσσια ιζήματα ο λόγος Si/Al είναι περίπου 3 (Bostrom et al. 1972). Στην περιοχή μελέτης ο λόγος Si/Al κυμαίνεται μεταξύ 2.53 και 3.99 (μέση τιμή 2.97) στο νότιο Ευβοϊκό κόλπο και μεταξύ 3.54 και 9.56 (μέση τιμή 5.44) για τον κόλπο των Πεταλιών και τη νότια λεκάνη. Το πλεονάζον πυρίτιο προέρχεται είτε από χερσογενή χαλαζία ή από σκελετούς βιογενών (Bostrom et al. 1972, Shankar et al. 1987, Nath et al. 1989). Στην περιοχή μελέτης η κύρια πηγή προέλευσης του Si σε περίσσεια είναι ο υπολειμματικός χερσογενής χαλαζίας, ενώ σε μικρότερο ποσοστό εμφανίζεται και σε κελύφη διατόμων (Καραεώργης 1992, Καραεώργης κ.σ. 1993). Το SiO<sub>2</sub> Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

Πίν. 2: Συντελεστές συσχέτισης χημικών στοιχείων (αριθμός δειγμάτων n=68).  
 Table 2: Chemical elements correlation coefficients (number of samples n=68).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MgO	Mn	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Sr
SiO <sub>2</sub>	1.0000	0.1871	0.0517	-0.4084	-0.2224	-0.1154	0.3139	0.3278	-0.3004	-0.0804	0.2360	-0.4068	-0.4095	0.1678	-0.2393	-0.2913
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1871	1.0000	0.5330	-0.8716	-0.8272	0.8080	0.0731	0.9406	-0.2117	0.0660	0.2395	-0.1146	0.4294	0.4599	0.8058	-0.7901
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0517	0.5330	1.0000	-0.3601	-0.1517	0.4728	0.4297	0.5302	0.4164	0.7362	0.3762	0.5598	0.5531	0.6009	0.5047	-0.1654
CaO	-0.4084	-0.8716	-0.3601	1.0000	0.9170	-0.6850	-0.1883	-0.8249	0.3096	0.0946	-0.2366	0.2906	-0.0936	-0.3090	-0.6462	0.8953
CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-0.2224	-0.8272	-0.1517	0.9170	1.0000	-0.7021	0.1468	-0.7144	0.5474	0.2463	0.0124	0.4466	-0.0825	-0.0785	-0.6874	0.9624
K <sub>2</sub> O	-0.1154	0.8087	0.4728	-0.6854	-0.7021	1.0000	0.0228	0.6723	-0.1251	0.0283	0.0955	-0.0140	0.4388	0.3657	0.8232	-0.6426
Na <sub>2</sub> O	0.3139	0.0731	0.4297	-0.1883	0.1468	0.0228	1.0000	0.2311	0.5944	0.3422	0.6364	0.3242	-0.0479	0.4736	-0.1155	0.1577
TiO <sub>2</sub>	0.3278	0.9406	0.5302	-0.8249	-0.7144	0.6720	0.2311	1.0000	-0.1156	0.0799	0.3165	-0.1023	0.4029	0.5402	0.6697	-0.6853
MgO	-0.3004	-0.2117	0.4164	0.3096	0.5474	-0.1251	0.5944	-0.1156	1.0000	0.5425	0.3874	0.7710	0.2964	0.4144	-0.0572	0.5638
Mn	-0.0804	0.0660	0.7362	0.0946	0.2463	0.0200	0.3422	0.0799	0.5425	1.0000	0.3038	0.5992	0.4180	0.3353	0.1577	0.2001
Cu	0.2360	0.2395	0.3762	-0.2366	0.0124	0.0950	0.6364	0.3165	0.3874	0.3038	1.0000	0.2426	0.1190	0.4328	0.0846	0.0420
Pb	-0.4068	-0.1146	0.5598	0.2906	0.4466	-0.0140	0.3242	-0.1023	0.7710	0.5992	0.2426	1.0000	0.5395	0.3645	0.0692	0.4626
Zn	-0.4095	0.4294	0.5531	-0.0936	-0.0825	0.4380	-0.0479	0.4029	0.2964	0.4180	0.1190	0.5395	1.0000	0.4257	0.5776	-0.0724
Cr	0.1678	0.4599	0.6009	-0.3090	-0.0785	0.3650	0.4736	0.5402	0.4144	0.3353	0.4328	0.3645	0.4257	1.0000	0.4463	-0.0725
Ni	-0.2393	0.8058	0.5047	-0.6462	-0.6874	0.8230	-0.1155	0.6697	-0.0572	0.1577	0.0846	0.0692	0.5776	0.4463	1.0000	-0.6346
Sr	-0.2913	-0.7901	-0.1654	0.8953	0.9624	-0.6420	0.1577	-0.6853	0.5638	0.2001	0.0420	0.4626	-0.0724	-0.0725	-0.6346	1.0000

παρουσιάζει ελαφρά θετική συσχέτιση με τα στοιχεία Al, Na, Ti, Cu και Cr ενώ αρνητική συσχέτιση με τα υπόλοιπα.

Το αργίλιο προέρχεται κυρίως από αργιλιοπυριτικά ορυκτά γενικά χερσογενούς προέλευσης και γι αυτό θεωρείται ως ο καλύτερος δείκτης χερσογενούς προσφοράς στα ιζήματα. Στην περιοχή υπό έρευνα μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> παρατηρούνται στο νότιο Ευβοϊκό κόλπο. Το αργίλιο συσχετίζεται θετικά με τα στοιχεία Fe, K, Ti, Zn, Cr και Ni, σχηματίζοντας την ομάδα στοιχείων που συνδέονται άμεσα με τα χερσογενή αργιλιοπυριτικά ορυκτά.

#### Ασβέστιο, ανθρακικά, μαγνήσιο και στρόντιο

Τα στοιχεία Ca, Mg, Sr και τα ανθρακικά παρουσιάζουν μεταξύ τους μεγάλους συντελεστές συσχέτισης, υποδηλώνοντας την κοινή γενετική τους προέλευση, που είναι κυρίως τα κελύφη των βιογενών. Πολλά βιογενή οικοδομούν το σκελετό τους με CaCO<sub>3</sub> ή MgCO<sub>3</sub>, ενώ είναι συνηθισμένη και η αντικατάσταση ιόντων Ca<sup>++</sup> από Mg<sup>++</sup> κατά το σχηματισμό μαγνησιούχου ασβεστίτη. Το Sr στα ιζήματα βρίσκεται κυρίως στην ανθρακική φάση (Peterman & Hedge 1974, Turekian 1974) και ιδιαίτερα στους σκελετούς οργανισμών όπως τα τρηματοφόρα, οι κοκκόλιθοι, τα κοράλλια, οι σπόγγοι κ.ά..

Τα στοιχεία αυτής της βιογενούς ομάδας παρουσιάζουν αρνητικούς συντελεστές συσχέτισης με την προηγούμενη ομάδα στοιχείων που συνδέονται με τα αργιλιοπυριτικά ορυκτά.

#### Σίδηρος και τιτάνιο

Ο σίδηρος εμφανίζει θετικές συσχετίσεις με όλα τα μέταλλα, όπως επίσης και με τα στοιχεία Al και K. Η σχετικά υψηλή θετική συσχέτιση του Fe με τα χερσογενή στοιχεία (Fe-Al r=0.63, Fe-Ti r=0.63) υποδηλώνει ότι το μεγαλύτερο μέρος του σιδήρου έχει χερσογενή προέλευση.

Αντίστοιχα το τιτάνιο συνδέεται ισχυρά με το αργίλιο (r=0.94). Τα στοιχεία Ti και Al παρουσιάζουν μικρή κινητικότητα στο θαλάσσιο περιβάλλον (Bischoff et al. 1979) και τελικά υποδηλώνουν το χερσογενή χαρακτήρα (Chester et al. 1972, Chester et al. 1976, Emelyanov et al. 1979).

### Παραγοντική ανάλυση

Τα αποτελέσματα της R-τύπου παραγοντικής ανάλυσης για τα γεωχημικά δεδομένα ολικού δείγματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Για την ερμηνεία της γεωχημικής συμπεριφοράς των στοιχείων επιλέχθηκε ένα μοντέλο τριών παραγόντων, το οποίο ερμηνεύει το 90.2% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων.

Ο πρώτος παράγοντας είναι ο πιο σημαντικός καθώς ερμηνεύει το 48.4% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας χαρακτηρίζεται από την ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ των στοιχείων Al, Fe, K, Ti, Ni και την αντίστοιχη αρνητική συσχέτιση με τις μεταβλητές Ca, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Sr και Mg. Ο ισχυρά διπολικός χαρακτήρας αντιπροσωπεύει την αντίθεση μεταξύ των χερσογενών αργιλιοपुरιτικών ορυκτών και των αυθιγενών βιογενών. Η κατανομή του "αργιλιοपुरιτικού παράγοντα" φαίνεται στην Εικόνα 2β. Παρατηρούμε ότι οι μεγαλύτερες τιμές (factor scores) εμφανίζονται στο νότιο Ευβοϊκό κόλπο, ενώ οι μικρότερες στον κόλπο των Πεταλιών και τη νότια ανοιχτή λεκάνη.

Πίν. 3: Αποτελέσματα R-τύπου παραγοντικής ανάλυσης μετά από περιστροφή Varimax.

Table 3: R-mode factor analysis results after Varimax rotation

Μεταβλητή	Παράγοντες		
	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	0.15	-0.01	0.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.95	0.20	0.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.39	0.81	-0.04
CaO	-0.91	-0.01	-0.32
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-0.93	0.27	-0.09
K <sub>2</sub> O	0.82	0.13	-0.24
TiO <sub>2</sub>	0.85	0.29	0.22
MgO	-0.35	0.77	-0.17
Mn	-0.06	0.75	-0.10
Cu	0.09	0.52	0.31
Pb	-0.24	0.75	-0.39
Zn	0.33	0.52	-0.53
Cr	0.33	0.68	0.11
Ni	0.83	0.21	-0.37
Sr	-0.89	0.27	-0.14
Ποσοστό διακύμανσης †	48.4	30.2	11.6
Αθροιστικό ποσοστό διακύμανσης †	48.4	78.6	90.2

Από την κατανομή διαπιστώνουμε ότι η περιοχή του νότιου Ευβοϊκού κόλπου δέχεται μεγαλύτερη προσφορά χερσογενούς υλικού, με κύριο αίτιο τον ποταμό Ασωπό που εκβάλλει κοντά στον Ωρωπό. Προχωρώντας προς το νότιο η στερεοπαροχή μειώνεται και οι τιμές του παράγοντα μικραίνουν, ενώ αντίστοιχα αυξάνει το ποσοστό συμμετοχής της βιογενούς ανθρακικής φάσης στο ίζημα.

Ο δεύτερος παράγοντας εκφράζει το 30.2% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων και χαρακτηρίζεται από θετικές φορτίσεις για όλα σχεδόν τα εξεταζόμενα στοιχεία. Μεγάλες φορτίσεις παρουσιάζουν τα στοιχεία Fe, Mg, Mn, Pb, Cr. Τον παράγοντα συνθέτουν δύο ομάδες. Η πρώτη αποτελείται κυρίως από τα στοιχεία Fe και Mn και ένα μέρος των μετάλλων (Pb, Cr, Cu, Zn, Ni). Τα υδρογενούς προέλευσης σιδηρομαγνησιούχα οξειδία έχουν μεγάλη ικανότητα προσρόφησης και είναι σημαντικοί φορείς μετάλλων (Chester & Aston 1976, Foerstner & Wittman 1983). Η δεύτερη είναι μία

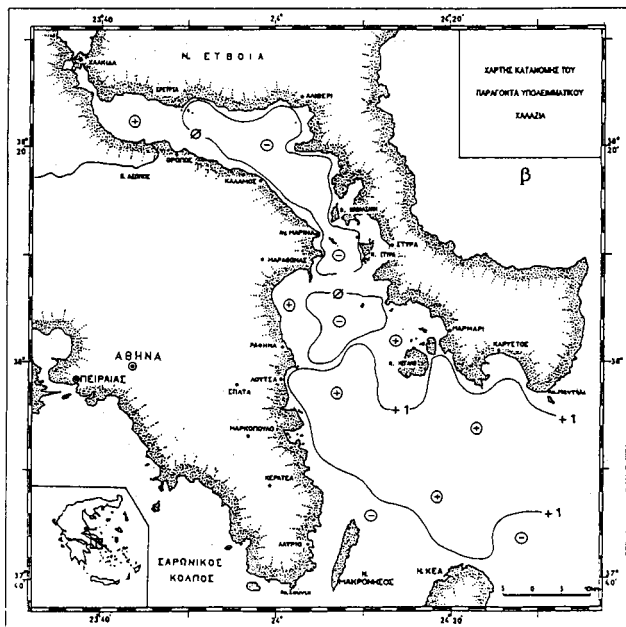
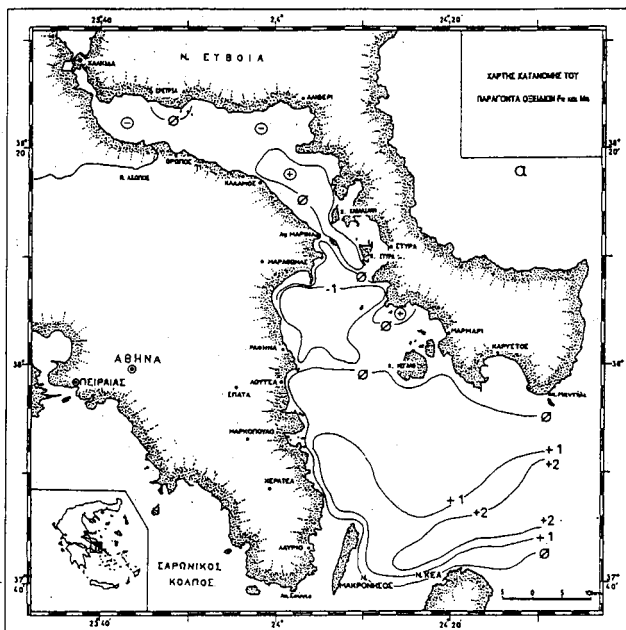
βιογενής ομάδα που συνδέει τα στοιχεία Mg, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Sr και ένα άλλο μέρος των μετάλλων. Ο συσχετισμός της βιογενούς ομάδας με τα μέταλλα, όπως ο μόλυβδος, το χρώμιο κλπ., οφείλεται πιθανότατα στην αντικατάσταση Ca και Sr από αυτά, ή στην προσρόφηση μετάλλων από ανθρακικά ορυκτά (Emelyanov & Shimkus 1983) ή και στην επικάλυψη ανθρακικών κόκκων από οξειδία (Salomons & Foerstner 1984). Επειδή οι πιο μεγάλες φορτίσεις παρουσιάζονται στα στοιχεία Fe και Mn θα ονομαστεί "παράγοντας οξειδίων Fe και Mn".

Η γεωγραφική κατανομή του δεύτερου παράγοντα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3α, δείχνει ότι οι μεγαλύτερες τιμές απαντώνται στη νότια ανοιχτή λεκάνη και δικαιολογείται από την παρουσία υπολειμματικών ιζημάτων στην περιοχή, την αύξηση των βαρέων ορυκτών και των βιογενών (Καραγεωργής 1993).

Τέλος, ο τρίτος παράγοντας παρουσιάζει πολύ υψηλή φόρτιση στο Si (0.89) και αντιπροσωπεύει τον υπολειμματικό χαλαζία. Στο χάρτη κατανομής (Εικ. 3β) οι μικρότερες τιμές απαντώνται στο νότιο Ευβοϊκό κόλπο και οι μεγαλύτερες στη νότια ανοιχτή λεκάνη.

### ΕΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-CONCLUSIONS

Η κατανομή των κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων των επιφανειακών ιζημάτων Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



Εικ. 3: α) Κατανομή παραγοντικών τιμών του παράγοντα οξειδίων Fe και Mn, β) Κατανομή παραγοντικών τιμών του παράγοντα υπολειμματικού χαλαζία.

Fig. 3: Distribution of factor scores for the Fe and Mn oxides factor, b) Distribution of factor scores for the residual quartz factor.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

στην περιοχή μελέτης, ελέγχεται από τρεις παραμέτρους. Η πρώτη αφορά στην προσφορά κλαστικού υλικού από τη χέρσο και έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη συγκέντρωση χημικών στοιχείων που συνδέονται με αργιλοπυριτικά ορυκτά στην περιοχή του νότιου Ευβοϊκού κόλπου, όπου εκβάλλει ο ποταμός Ασωπός.

Η δεύτερη παράμετρος σχετίζεται με τον υπολειμματικό (και μη) χαλαζία, η παρουσία του οποίου χαρακτηρίζει τα ιζήματα της νότιας ανοιχτής λεκάνης. Τέλος, η τρίτη παράμετρος είναι τα βιογενή συστατικά του ιζήματος - τα οποία φαίνεται να συνδέονται και με τα μέταλλα - και εμφανίζονται αυξημένα στη νότια ανοιχτή λεκάνη.

Σε σχέση με άλλους κόλπους στην Ελλάδα όπως ο Θερμαϊκός (Chester & Voutsinou 1981), της Γέρας (Σιούλας & Αναγνώστου 1989), της Ελευσίνας (Σιούλας κ.ά. 1990), ο Βόρειος Ευβοϊκός (ΕΚΘΕ 1992), και σε σχέση με τα δεδομένα των Turekian & Wedepohl (1961) για το "μέσο σχιστόλιθο", η περιοχή μελέτης δεν φαίνεται να είναι επιβαρυσμένη σε μέταλλα.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-REFERENCES

ANGELIDIS, M., GRIMANIS, A.P., ZAFIROPOULOS, D. and VASSILAKI-GRIMANI, M. (1980). Trace Elements in sediments of Evoikos Gulf, Greece. *Vs Journees Etud. Pollutions, C.I.E.S.M., Cagliari*, 413-417.

BISCHOFF, J.L., PIPER, D.Z. and QUINTERNO, P. (1979). Nature and origin of metalliferous sediments in Domes Site C, Pacific Manganese Nodule Province.

In: *La Genese des Nodules*

- de Manganese. LALOU, C. (Ed.). *Cons. Natl. Rech. Sci., Paris*, 119-137.
- BOSTROEM, K., JOENSUU, O., VALDES, S. and RIERA, M. (1972). Geochemical history of South Atlantic Ocean sediments since late Cretaceous. *Mar. Geol.*, 12: 85-121.
- CHESTER, R., ELDERFIELD, H., GRIFFIN, J.J., JOHNSON, L.R. and PADGHAM, P.C. (1972). Eolian dust along the eastern margins of the Atlantic ocean. *Mar. Geol.*, 13: 91-105.
- CHESTER, R. and ASTON, S.R. (1976). The geochemistry of deep-sea sediments. In: *Chemical Oceanography*. RILEY, J.P. and CHESTER, R. (Eds). *Academic Press, London*, pp. 281-390.
- CHESTER, R., ASTON, S.R. and BRUTY, D. (1976). The trace element partition geochemistry in an ancient deep-sea sediment core from Bermuda Rise. *Mar. Geol.*, 21: 271-288.
- CHESTER, R. and VOUTSINOU F., (1981). The initial assesment of trace metals pollution in coastal sediments. *Mar. Poll. Bull.* 12:84-91.
- EΚΘΕ, (1992). Περιβαλλοντική μελέτη του Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου. *Τεχνική έκθεση, ΕΚΘΕ*.
- EMEL'YANOV, E.M., MITROPOLSKY, A.Y., SHIMKUS, K.M. and MOUSSA, A.A. (1979). Geochemistry of the Mediterranean Sea. *Kiev. Naukova Dumka*, 133p..
- EMEL'YANOV, E.M. and SHIMKUS, K.M. (1983). Geochemistry and sedimentology of the Mediterranean Sea. *D. Reidel Publ. Co.*
- FOERSTNER, U. and WITTMAN, G.T.W. (1983). Metal pollution in the aquatic environment. *Springer-Verlag, Berlin*.
- ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΗΣ, Α. (1992). Ορυκτολογική-γεωχημική and στρωματογραφική μελέτη του Ολοκαινικού καλύμματος στη θαλάσσια περιοχή Αιτικής-Εύβοιας-Β. Κυκλάδων. *Διδ. διατρ. Παν/μιο Θεσσαλονίκης, 200p.*
- ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΗΣ, Α., ΣΙΟΥΛΑΣ, Α., ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ, Χ., ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΗΣ, Γ. και ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ, Α. (1993). Κατανομή επιφανειακών ιζημάτων στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Αιτικής-Εύβοιας-Β. Κυκλάδων. *Πρακτ. 4<sup>ου</sup> Πανελλ. Συμπ. Ωκεανογρ. Αλιείας., 105-108.*
- ΛΥΚΟΥΣΗΣ, Β, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΠΑΥΛΑΚΗΣ, Π. και ΧΡΟΝΗΣ, Γ. (1989). Πρόγραμμα διερεύνησης των ενεργών ρηγμάτων στους υποθαλάσσιους χώρους των κόλπων Σαρωνικού - Ν. Ευβοϊκού - Μεσσηνιακού. Νότιος Ευβοϊκός κόλπος. *Τεχνική έκθεση, Ε.Κ.Θ.Ε. and Παν/μιο Αθηνών, Αθήνα.*
- MUELLER, G. (1967). *Sedimentary Petrology, Part I, Methods in sedimentary petrology*, translated by Hans-Ulrich Schmincke. *Hafner Publ. Co.*, 283p.
- NATH, B. N., RAO, V.P. and BECKER, K.P. (1989). Geochemical evidence of terrigenous influence in deep-sea sediments up to 8 deg. S in the central Indian basin. *Mar. Geol.*, 87: 301-313.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΧΡΟΝΗΣ, Γ., ΛΥΚΟΥΣΗΣ, Β. και ΠΑΥΛΑΚΗΣ, Π. (1989). Υποθαλάσσιος νεοτεκτονικός χάρτης Νοτίου Ευβοϊκού κόλπου κλίμακας 1 : 100.000. *Ο.Α.Σ.Π., Ε.Κ.Θ.Ε. and ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜ. - ΤΕΚΤ. - ΕΦ. ΓΕΩΛ. ΠΑΝ/ΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ* (Εκδότες).
- PETERMAN, Z.E. and HEDGE, C. (1974). Strontium. Isotopes in Nature. In: *Handbook of geochemistry*. WEDEPOHL, K.H. (Ed.), 1974. *Springer-Verlag, Berlin*, 38-B: 1-14.
- SALOMONS, W. and FOERSTNER, U. (1984). Metals in the hydrocycle. *Springer-Verlag*, 349p.



- SHANKAR, R., SUBARRAO, K. V. and KOLLA, V. (1987). Geochemistry of surface sediments from the Arabian sea. *Mar. Geol.*, 76: 253-279.
- ΣΙΟΥΛΑΣ, Α. και ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ Χ., (1989). Βαρέα μέταλλα στα ιζήματα του κόλπου της Γέρας. *Συνεδρ. Περιβαλλ. Επιστ. και Τεχνολ., Μυτιλήνη*, 508-518.
- ΣΙΟΥΛΑΣ, Α., ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ, Χ. και KERSTEN, Μ. (1990). Τα βαρέα μέταλλα στα σύγχρονα ιζήματα του κόλπου της Ελευσίνας ως δείκτης ανθρωπογενούς επιβάρυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος της περιοχής. *2<sup>ο</sup> Συνεδρ. Χημείας Ελλάδος και Κύπρου, Αθήνα*, 280-285.
- STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION, (1988). Statgraphics ver. 3.0, Statistical Graphics System, S.G.C., Maryland, U.S.A..
- TUREKIAN, K.K. (1974). Strontium. Abundance in Common Sediments and Sedimentary Rocks. In: *Handbook of Geochemistry*. WEDEPOHL, K.H. (Ed.), 1974. *Springer-Verlag, Berlin*, 38-K: 1-13.
- TUREKIAN, K.K. and WEDEPOHL, K.H. (1961). Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 72: 175-192.