

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΝΑ ΑΚΤΗ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΜΗΛΟΥ*

Ε. ΜΠΑΛΑΤΑΤΖΗΣ¹, Ν. ΔΕΛΗΜΠΑΣΗΣ², Ε. VALSAMI-JONES³, Μ. ΠΥΡΑΗ² ΚΑΙ Β. ΒΑΙΕΡ⁴

ΣΥΝΟΨΗ

Η Μήλος ανήκει στο Ελληνικό ηφαιστειακό τόξο και είναι μέλος ενός αριθμού θερμών κηλίδων. Χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη γεωθερμικού πεδίου υψηλής ενθαλπίας και από μία μη συνεχή μικροσεισμική δραστηριότητα, που εκφράζεται μέσω τεκτονικών σεισμών και σμηνοσειρών. Αυτή, κατά την περίοδο μελέτης, ήταν πολύ μικρή και περιορισμένη στο ΝΑ τμήμα της νήσου. Από τις χημικές αναλύσεις δεν διαπιστώθηκαν μεταβολές στη σύσταση των υδροθερμικών ρευστών, παρά μόνο μικρές αυξομειώσεις στο Κ, το Ca και το Li και ακόμα μικρότερες για το Mg και το Fe. Αυτό υποδεικνύει την πιθανή ύπαρξη μιας σχέσης μεταξύ μικροσεισμικής δραστηριότητας και μεταβολών στις συγκεντρώσεις κάποιων στοιχείων, η οποία όμως απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση για ένα μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

SUMMARY

Milos island belongs to the Greek volcanic arc and is part of a small number of hot spots in the South Aegean Sea. It is an area that stands out for the diversity in volcanic formations and chemical composition of rocks. The island is characterized by the presence of a high enthalpy geothermal field and a non continuous microseismic activity, expressed both by tectonic earthquakes and swarm activity. During the period of our study (May-December 1999), this activity, which was recorded by a small, portable, seismological network has been very small and limited in the SE part of the island. From the chemical analyses performed, no significant alterations in the composition of the hydrothermal fluids was detected, except from slight changes in the content of K, Ca and Li and even smaller changes in Mg and Fe. This fact certainly implies a possible relation between microseismic activity and alterations in the content of various chemical elements, but it still needs further verification, which means that our research should be prolonged for a time period of at least two years.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μήλος, μικροσεισμική δραστηριότητα, υδροθερμικά ρευστά, μεταβολές σύστασης, πιθανή συσχέτιση.

KEY WORDS: Milos island, microseismic activity, hydrothermal fluids, changes in composition, correlation.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η νήσος Μήλος βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του νοτίου Αιγαίου και ανήκει στο ενεργό Ελληνικό Ηφαιστειακό Τόξο, είναι δε μέλος ενός μικρού αριθμού θερμών κηλίδων. Η περιοχή αυτή διακρίνεται για την ποιολογική της σε ηφαιστειακούς σχηματισμούς και χημικές συστάσεις πετρωμάτων, αποτελούμενων από βασάλτες, ανδεδίτες και ρυόλιθους. Γενικά, το υπόβαθρο της Μήλου διαθέτει ποικιλία ορυκτών, όπως είναι το θείο, ο καλίνης, η κίσηση, η άργιλος, (Kelebertzis, 1989) ο ταμαρογγίτης (Baltatzis et al; in press) και άλλα. Η παλαιά Πλειο-Τεταρτογενής μαγματική δραστηριότητα ευνόησε το σχηματισμό ενός γεωθερμικού πεδίου υψηλής ενθαλπίας, το οποίο θεωρείται ως το σημαντικότερο στην Ελλάδα (Fytikas and Marinelli, 1976).

Η εν λόγω περιοχή χαρακτηρίζεται από μία σχετικά μικρή σεισμική δραστηριότητα, η οποία αυξάνει κατά καιρούς, τόσο σε αριθμό γεγονότων όσο και στο μέγεθος με μία περιοδικότητα μη δυνάμενη να καθοριστεί. Σύμφωνα με τις λίγες εργασίες, που ασχολούνται με τη σεισμική δραστηριότητα στη νήσο Μήλο (Drakopoulos and Delibasis 1973, Sachpazi and Hirn 1991, Sachpazi 1991, Delibasis and Drakopoulos 1993), η δραστηριότητα αυτή οφείλεται στη δραστηριοποίηση ρηξιγενών ζωνών και σε μικρότερο βαθμό σε σμήνη σεισμών, ιδιαίτερα εκείνων που παρατηρούνται σε ηφαιστειακές περιοχές.

* RELATIONSHIP BETWEEN HYDROTHERMAL FLUIDS AND MICROSEISMIC ACTIVITY ON THE SOUTH-EAST COAST OF MILOS ISLAND.

1. Παν/μο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Ορυκτολογίας και Πετρολογίας.

2. Παν/μο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωφυσικής και Γεωθερμίας.

3. The Natural History Museum, Department of Mineralogy, London.

Σμήνη σεισμών με ρηχά υπόκεντρα σημειώνονται συχνά πριν από ηφαιστειακές εκρήξεις ή και κατά τη διάρκεια αυτών. Μπορούν επίσης να αποδοθούν σε μαγματική δραστηριότητα, που δεν φθάνει μέχρι την επιφάνεια. Σύμφωνα με την ερευνητική προσπάθεια των Dando et al. (1994), σχετικά με τη νήσο Μήλο, μετά τη σεισμική δραστηριότητα της 20ης Μαρτίου 1992, διαπιστώθηκε μία 360% αύξηση του φωσφορικού μαγγανίου στο θαλάσσιο νερό.

Στόχος της παρούσης εργασίας είναι η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ υδροθερμικών ρευστών και σεισμικής δραστηριότητας. Μία πιθανή σχέση θα συμβάλει στην πιθανή σεισμική πρόγνωση για τη νήσο Μήλο.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ

Το γεωλογικό υπόβαθρο της νήσου Μήλου είναι κατά βάση ηφαιστειακό. Σύμφωνα με έρευνες (Fytikas 1977, 1989, Sachpazi 1991, Papanikolaou et al 1993), ο παλαιότερος γεωλογικός σχηματισμός στο νησί είναι ένα κρυσταλλικό, μεταμορφωμένο πέτρωμα Αλπικής ηλικίας, που εμφανίζεται στην επιφάνεια κατά κύριο λόγο στη ΝΑ ακτή του νησιού (Hoffman and Keller, 1979). Καλύπτεται από ιζήματα θαλάσσιας επίπλυσης του Ανωτέρου Μειοκαίνου – Κατωτέρου Πλειοκαίνου. Οι σειρές αυτές, οι οποίες δεν είναι συνεχείς χρονικά, συνίστανται από κόκκινα κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και ασβεστόλιθους και υπόκεινται προϊόντων ηφαιστειακής δράσης.

Η εξέλιξη της νήσου Μήλου έχει επηρεαστεί από την Αλπική ορογένεση, στην οποία αποδίδονται όλες οι τεκτονικές κινήσεις, οι πτυχώσεις, οι ρηγματοώσεις και ο μεταμορφισμός (Fytikas, 1989).

Λεπτομερείς έρευνες (Fytikas 1977, Papanikolaou 1988, Papanikolaou et al 1993, 1994) έδειξαν ότι στη Μήλο απαντά ένας αριθμός νεοτεκτονικών ενοτήτων, που οριοθετούνται από μεγάλα ρήγματα. Η παρουσία τεκτονικών κεράτων και τάφρων είναι το αποτέλεσμα ενός πυκνού συστήματος ρηγμάτων, που καλύπτει το νησί.

Η πιο σημαντική από τις δεκαέξι νεοτεκτονικές ενότητες, που αναφέρονται (Papanikolaou et al., 1989), είναι η νεοτεκτονική ενότητα του Κόλπου της Μήλου – Ηφαιστείου Φυρίπλακας, που έχει αναπτυχθεί πάνω από τα λαχάρ, τις παλαιότερες λάβες και το μεταμορφωμένο υπόβαθρο. Το δυτικό τμήμα παρουσιάζει μικρότερη νεοτεκτονική δραστηριότητα από το ανατολικό, όπου η δραστηριότητα είναι έντονη. Η Ενότητα Κόλπου της Μήλου – Ηφαιστείου Φυρίπλακας, οριοθετείται από δύο μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες, με διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ, που αντιστοιχούν στα μεγαλύτερα τεκτονικά επεισόδια. Οι ζώνες αυτές προεκτείνονται προς τη ΝΑ ακτή και διακόπτονται από τη ρηξιγενή ζώνη της Αγίας Κυριακής με διεύθυνση Α-Δ. Αυτή η μεγάλη τεκτονική τάφρος, η οποία ευθύνεται για το σχηματισμό του εσωτερικού Κόλπου της Μήλου, επαναδραστηριοποιήθηκε κατά τον πρόσφατο σεισμό της 20ης Μαρτίου 1992.

3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 Υδροθερμικά Ρευστά

Σύμφωνα με το πρόγραμμα, που βρίσκεται σε εξέλιξη, έγινε δειγματοληψία από τις πηγές που βρίσκονται στον Κόλπο του Παλαιοχωρίου της νήσου Μήλου. Οι αναλύσεις των ρευστών έγιναν στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας (Ν.Η.Μ.) του Λονδίνου.

Οι αναλύσεις των δειγμάτων δίνονται στον πίνακα Ι. Από τις αναλύσεις αυτές φαίνεται ότι κάποια στοιχεία δείχνουν μια ανοδική τάση για κάποια περίοδο, που συνοδεύεται από μια μάλλον απότομη πτώση και μετά

Πίνακας Ι: Αναλύσεις υδροθερμικών διαλυμάτων Κόλπου Παλαιοχωρίου Μήλου
(Analyses of hydrothermal fluids of Palaeochorion Bay, Milos Island)

Μήνας	Li (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Al (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Sr (ppm)
5/99	2.63	406.6	405.7	29.2	45.12	30.06	3.490
7/99	2.46	367.8	383.2	28.4	44.00	29.06	3.700
9/99	2.74	443.6	424.6	32.5	45.62	29.66	3.630
11/99	3.30	465.1	402.3	41.9	50.61	57.34	3.710
2/00	3.60	453.2	405.2	36.4	45.78	42.10	3.523
4/00	3.67	476.6	419.7	37.0	44.72	47.02	3.796
6/00	3.88	484.8	417.2	35.6	45.54	31.52	3.920
8/00	3.91	489.4	416.4	37.9	45.02	30.74	3.889
10/00	3.43	497.2	432.7	46.2	49.68	35.26	3.750

ξανά μια άνοδο. Αυτό παρατηρείται κυρίως για τα στοιχεία K, Li και Ca. Τουλάχιστον το K και το Li είναι γνωστά ως στοιχεία «έκπλυσης», που σημαίνει ότι είναι τα πρώτα στοιχεία, που θα «ξεπλυθούν» με το που θα ανοίξουν καινούργιες ρωγμές και τα υδροθερμικά ρευστά θα έρθουν σε επαφή με το «φρέσκο» πέτρωμα. Από τα σχήματα 3 και 4 φαίνεται μια καλή συσχέτιση για τα στοιχεία K και Li, κυρίως μεταξύ των μηνών Μαΐου-Ιουλίου-Σεπτεμβρίου(-Οκτωβρίου), ενώ υπάρχει κάποια διαφοροποίηση ως προς το μήνα Οκτώβριο για το Ca, παρόλο που υπήρχαν σημαντικά προβλήματα στους σειсмоγράφους και έτσι δεν μπορέσαμε να κάνουμε μία πιο συστηματική δειγματοληψία.

Για πρώτη φορά παρατηρείται μία τέτοια συσχέτιση και δείχνει σημαντικό ερευνητικό ενδιαφέρον. Η συσχέτιση αυτή μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι μικροσεισμοί ανοίγουν νέες διόδους διαφυγής των υδροθερμικών διαλυμάτων.

3.2 Σεισμολογικά δεδομένα

Έχοντας ως στόχο την καταγραφή της μικροσεισμικής δραστηριότητας στη νήσο Μήλο και ιδιαίτερα στην περιοχή του Παλαιοχωρίου, εγκαταστάθηκε το Μάιο του 1999 ένα μικρό σεισμολογικό δίκτυο, αποτελούμενο από τρεις φορητούς σειсмоγράφους τύπου MLR-II, μαγνητικής καταγραφής. Οι θέσεις των σεισμολογικών σταθμών φαίνονται στο σχήμα 1.



⊙ Station

Σχ.1: Γεωμορφολογικός χάρτης της νήσου Μήλου με τα επίκεντρα των σεισμών, που καταγράφηκαν κατά τη χρονική περίοδο Μάιος-Δεκέμβριος 1999.

(Geomorphological map of Milos island with the seismic epicenters of the time period May-December 1999.)

Κατά το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας, τα αναλογικά σεισμικά σήματα ανιχνεύονται βάσει της διαδικασίας triggering και ψηφιοποιούνται με ρυθμό 128 δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο. Στο επόμενο στάδιο, τα ψηφιοποιημένα σήματα ομαδοποιούνται. Η επιλογή των χρόνων άφιξης των κυμάτων P και S γίνεται με τη χρήση του υπολογιστικού προγράμματος SEIS89 και ο προσδιορισμός των υποκέντρων πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα HYPO71. Για τον καλύτερο καθορισμό των εστιακών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκαν και οι χρόνοι άφιξης των σεισμών, που είχαν καταγραφεί από το σταθμό του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.), ο οποίος ήταν εγκατεστημένος στον Προφήτη Ηλία της Μήλου.

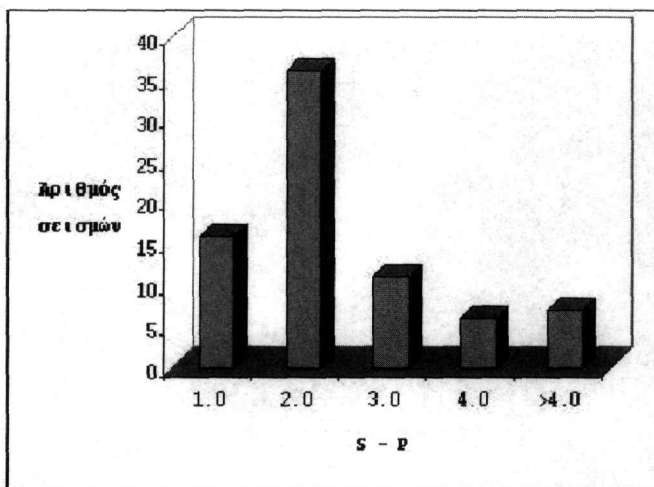
Οι θέσεις των σταθμών καλύπτουν μία ευρεία περιοχή στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού. Η λειτουργία του δικτύου διήρκεσε μέχρι τα τέλη Δεκεμβρίου του 1999.

Το μοντέλο ταχυτήτων (Ochmann et al., 1989), που εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό των εστιακών παραμέτρων, παρουσιάζεται στον πίνακα II, ο δε λόγος του Poisson, που χρησιμοποιήθηκε, είχε την τιμή 0,28.

Πίνακας II: Μοντέλο Ταχυτήτων περιοχής Νοτίου Αιγαίου
(Velocity model of the South Aegean Sea)

Ταχύτητα P κυμάτων ($\sim V_P/V_S=1.72$) (Km/sec)	Βάθος (Km)
4.9	0
5.6	3
6.2	8

Κατά τη διάρκεια της εξαμηνιαίας λειτουργίας του σεισμολογικού δικτύου, καταγράφηκε ένας σημαντικός αριθμός μικροσεισμών. Για την περίοδο Μαΐου-Δεκεμβρίου 1999 καταγράφηκαν συνολικά 76 μικροσεισμοί. Για την περίοδο Ιανουαρίου-Οκτωβρίου 2000 χρησιμοποιήθηκαν οι αναγραφές του μόνιμου σεισμολογι-



Σχ. 2: Κατανομή των σεισμών βάσει της διαφοράς χρόνων άφιξης S-P για το σύνολο των μικροσεισμών που καταγράφηκαν καθόλη τη λειτουργία του δικτύου της Μήλου.

(Distribution of earthquakes with S-P interval for the total amount for microearthquakes recorded by the Milos island seismicological network)

κού σταθμού του Ο.Α.Σ.Π., καθόσον το μικρό δίκτυο των τριών σταθμών μας, λόγω βλάβης, απεσύρθηκε. Και ο μόνιμος όμως αυτός σταθμός παρουσίαζε πάρα πολλά προβλήματα και λειτουργούσε πολύ λίγες ημέρες. Συνολικά, κατά το δεκάμηνο του 2000, καταγράφηκαν 26 συνολικά σεισμοί σε S-P μικρότερο των 2,5 sec. Ο σταθμός στη θέση Αμυγδαλιές (AMG), ο οποίος λειτουργούσε συνεχώς, κατέγραψε 37 γεγονότα (σχήμα 2) με διαφορά S-P μικρότερη των 2 sec. Η διαφορά αυτή αντιστοιχεί σε υποκεντρικές αποστάσεις μικρότερες των 15 Km. Έξι από τους σεισμούς, που καταγράφηκαν από τον εν λόγω σταθμό, έχουν διαφορά S-P, που υπερβαίνει τα 2,5 sec, θεωρώντας τους σεισμούς αυτούς εκτός της περιοχής ενδιαφέροντος. Από τους 70 σεισμούς στην εν λόγω περιοχή, μόλις οι 16 καταγράφησαν από τρεις τουλάχιστον σταθμούς. Μόνο για τους σεισμούς αυτούς προσδιορίστηκαν οι εστιακές παράμετροι (πίνακας III), χρησιμοποιώντας το 2D μοντέλο ταχυτήτων του πίνακα II.

Από τις εστιακές παραμέτρους των 16 σεισμών του πίνακα III, η διακύμανση του μεγέθους προέκυψε μεταξύ 0,8 και 1,8 βαθμών της κλίμακας Richter. Η τιμή του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMS) για τα γεγονότα αυτά είναι μικρότερη του 0,2, με δύο μόνο από αυτά να έχουν RMS ίσο με 0,4. Από τους 15 σεισμούς, ένας μόνο έχει σφάλμα ERZ ίσο με 1,1, ενώ για τους υπόλοιπους η τιμή της απόκλισης είναι μικρότερη του 0,8. Το εστιακό βάθος των περισσότερων σεισμών είναι μικρότερο από 10 Km.

Πίνακας III: Εστιακές παράμετροι σεισμών που καταγράφηκαν κατά την περίοδο Μαΐου-Δεκεμβρίου 1999 στην περιοχή της Μήλου.

(Focal parameters of earthquakes recorded during the time period May-December 1999 in the area of Milos island)

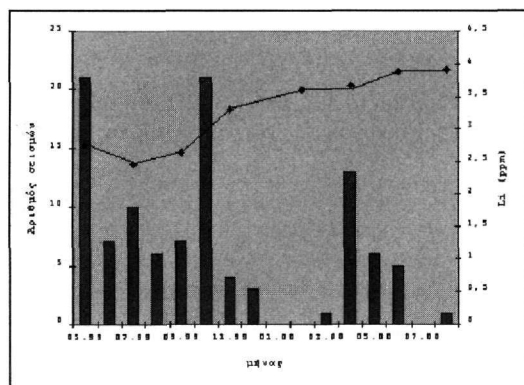
DATE	ORIGIN	LAT N	LONG E	DEPTH	MAG	NO	GAP	DMIN	RMS	ERH	ERZ
990521	226	59.22	36-39.94	24-28.46	6.86	5	231	2.2	0.00	0.3	0.1
990521	227	14.86	36-41.19	24-28.10	6.64	1.22	5	181	2.5	0.01	0.9
990522	1139	13.37	36-41.36	24-34.15	7.03	1.79	4	359	5.6	0.45	
990522	1218	34.44	36-39.49	24-23.62	31.51	5	287	2.7	0.02	6.1	0.7
990525	1349	24.11	36-37.80	24-29.73	9.20	1.82	4	349	5.2	0.10	
990525	1357	54.68	36-38.34	24-22.94	8.69	1.46	4	357	10.8	0.07	
990526	839	27.61	36-35.80	25-12.81	7.00	5	358	64.0	0.06	21.6	4.5
990526	1122	53.51	36-40.73	24-22.49	15.65	1.58	5	346	1.9	0.22	11.3
990604	1223	19.69	36-47.34	24-34.97	7.10	1.73	4	359	13.1	0.12	
990609	10	9	31.32	36-45.40	24-25.87	13.88	1.68	5	298	8.8	0.41
990611	16	0	50.76	36-44.45	24-40.31	5.00	3	353	15.9	0.01	
990612	425	2.06	36-38.87	24-29.73	6.97	1.30	4	345	3.3	0.06	
990705	1923	41.13	37-16.92	24- 6.74	15.00	4	353	71.1	0.25		
990905	2030	14.75	36-40.73	24-29.21	7.95	1.22	4	315	0.7	0.02	
990914	7	7	33.23	36-39.22	24-32.93	1.35	0.85	5	328	5.3	0.02
991009	2353	47.73	36-38.18	24-28.97	10.83	1.31	4	352	4.6	0.01	

Η κατανομή των σεισμικών επικεντρώσεων στο σχήμα 1, υποδεικνύει σαφώς μία γενική διεύθυνση Α – Δ. Τα επίκεντρα είναι κατά κύριο λόγο συγκεντρωμένα κατά μήκος μίας ζώνης, η οποία εκτείνεται διαμέσω του κεντρικού τμήματος του νησιού, με διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ.

Η χρονική κατανομή της σεισμικής δραστηριότητας, επιβεβαιώνει το γεγονός ότι η φύση των επεισοδίων στην περιοχή ανταποκρίνεται μάλλον σε δραστηριότητα σμηνοσειρών, παρά σε μετασεισμικές ακολουθίες.

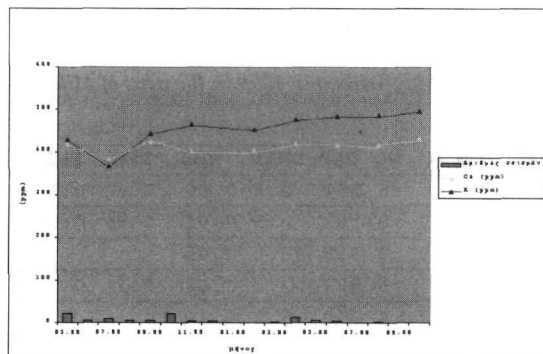
Από την όλη επεξεργασία των σεισμολογικών δεδομένων, που καταγράφηκαν από το σεισμολογικό δίκτυο της νήσου Μήλου, καθίσταται σαφές ότι η σεισμική δραστηριότητα στο νησί ήταν μικρή. Μία σχετική αύξηση παρατηρήθηκε το Μάιο και τον Οκτώβριο με 21 μικροσεισμούς και τον Απρίλιο του 2000 με 13 σεισμούς (σχήμα 3). Δηλαδή βρισκόμαστε σε μια χρονική περίοδο όπου έχουμε τη μικρότερη μικροσεισμική δραστηριότητα.

3.3 Σχέση Υδροθερμικών διαλυμάτων και μικροσεισμικής δραστηριότητας



Σχ.3: Συσχέτιση μεταξύ του αριθμού σεισμών ανά μήνα και του περιεχόμενου σε Li.
(Correlation of the number of earthquakes per month with the Li content in hydrothermal fluids.)

Κύριος στόχος της παρούσης εργασίας είναι να εξετάσει την πιθανή σχέση μεταξύ μικροσεισμικής δραστηριότητας και μεταβολών στην ποσότητα των χημικών στοιχείων των θερμών ρευστών του γεωθερμικού πεδίου. Οι καμπύλες των σχημάτων 3 και 4 δείχνουν τη σχέση μεταξύ του αριθμού των σεισμών ανά μήνα και της συγκεντρώσεως των χημικών στοιχείων. Η δειγματοληψία των ρευστών έλαβε χώρα στην περιοχή του Παλαιοχωρίου στη νήσο Μήλο. Κατά τους έξι μήνες λειτουργίας του σεισμολογικού δικτύου, πραγματοποιήθηκαν μόνο τέσσερις δειγματοληψίες, λόγω προβλημάτων του σεισμολογικού δικτύου. Για το υπόλοιπο χρονικό διάστημα μέχρι τον Οκτώβριο του 2000 οι δειγματοληψίες έγιναν ανά δίμηνο. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι οι μετρήσεις δεν υπήρξαν πιο συχνές, όπως φαίνεται και στα σχήματα 3 και 4, παρατηρείται αυξομειώση των τιμών των στοιχείων K, Li και Ca. Μικρότερες μεταβολές παρατηρούνται



Σχ.4: Συσχέτιση μεταξύ του αριθμού σεισμών και του περιεχόμενου σε K και Ca.
(Correlation of the number of earthquakes with the K and Ca content in hydrothermal fluids.)

σεισμολογικά και γεωχημικά δεδομένα, μπορούμε να διαπιστώσουμε τα ακόλουθα.

1. Η σεισμική δραστηριότητα, που σημειώθηκε κατά το παρελθόν στη νήσο Μήλο, οφείλεται στην τεκτονική εξέλιξη αυτής και χαρακτηρίζεται από την παρουσία τόσο τεκτονικών σεισμών όσο και σημνοσειρών, οι οποίες σχετίζονται με το υψηλής ενθαλπίας γεωθερμικό πεδίο της περιοχής.
2. Η μικροσεισμική δραστηριότητα στο νησί, αν και το σεισμολογικό δίκτυο που εγκαταστάθηκε παρουσίαζε πολλά προβλήματα, δεν είναι συνεχής, ιδιαίτερα η δραστηριότητα σημνοσειρών, η οποία είναι αποτέλεσμα της ανομοιογένειας και της προσπάθειας ανόδου και διαφυγής των θερμών ρευστών και αερίων στην επιφάνεια. Κατά την παρούσα περίοδο, η μικροσεισμική δραστηριότητα ήταν πολύ μικρή και περιοριζόταν κατά κύριο λόγο στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού.
3. Οι συγκεντρώσεις των χημικών στοιχείων, που βρίσκονται στα υδροθερμικά ρευστά δεν εμφανίζουν, σε αυτή τη φάση, μεταβολές (αύξηση, μείωση), εκτός από τα Ca, K και Li και σε μικρότερη κλίμακα το Mg και τον Fe.
4. Οι ελαφρές αυτές μεταβολές στην περιεκτικότητα των στοιχείων αυτών υποδεικνύουν ότι είναι πιθανή η ύπαρξη κάποιας σχέσης μεταξύ μικροσεισμικής δραστηριότητας και μεταβολών στη συγέντρωση των χημικών στοιχείων, ιδίως στο χρονικό διάστημα Μαΐου-Ιουνίου-Σεπτεμβρίου(-Οκτωβρίου) 1999. Η συσχέτιση αυτή μπορεί να οφείλεται στην έξοδο των υδροθερμικών ρευστών μέσω μικρορωγμών που διανοίγονται από τους μικροσεισμούς. Για την επιβεβαίωση της ύπαρξης μιας πραγματικής σχέσης, η καταγραφή της μικροσεισμικής δραστηριότητας και οι γεωχημικές μετρήσεις πρέπει να είναι συνεχείς και να επεκταθούν για μία χρονική περίοδο όχι μικρότερη των δύο ετών.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς εκφράζουν τις ευχαριστίες τους προς τον πρόεδρο και το Δ.Σ. του Ο.Α.Σ.Π. και την Επιτροπή Ερευνητικών Προγραμμάτων του Πανεπιστημίου Αθηνών για την οικονομική ενίσχυση αυτής της έρευνας.

για το Mg και το Si (πίνακας I).

Συμπερασματικά, παρόλο που υπήρχαν σημαντικά προβλήματα στους σειсмоγράφους και έτσι δεν μπορούσαμε να κάνουμε μια πιο συστηματική σύγκριση, εκ πρώτης όψεως φαίνεται να υπάρχει μια καλή συσχέτιση ιδίως των στοιχείων Ca και K, κυρίως μεταξύ των μηνών Μαΐου-Ιουλίου-Σεπτεμβρίου(-Οκτωβρίου). Συσχέτιση που για πρώτη φορά παρατηρείται και δείχνει σημαντικό ερευνητικό και επιστημονικό ενδιαφέρον. Η συσχέτιση αυτή μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι μικροσεισμοί ανοίγουν νέες διόδους διαφυγής μεταξύ των πετρωμάτων και τα υδροθερμικά ρευστά κυκλοφορούν με διαφορετικό τρόπο.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψιν όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με γεωλογικά, γεωφυσικά και κυρίως

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BALTATZIS, E., VALSAMI-JONES, E., MAGGANAS, A., KATI, M.: Tamarugite from Milos island, Greece. *Neus. Jb. fur Miner.*, (in press).
- DANDO, P.R., HUGHES, J.A., LEAHY, Y., TAYLOR, L.J., ZIVANOVIC, S., 1994: Earthquakes increase hydro-thermal venting and nutrient inputs into the Aegean. *Cont. Shelf Res.*, 15:6, Elsevier, U.K. p. 655-662.
- DELIBASIS, N., DRAKOPOULOS, J., 1993: The Milos island earthquake of March 20, 1992 and its tectonic significance. *Pageoph*, Vol. 141, No 1, p. 43-58.
- DRAKOPOULOS, J., DELIBASIS, N., 1973: Volcanic-type Microearthquake Activity in Milos, Greece. *Ann. Geofis.*, Vol. 26, p. 131-153.
- FYTIKAS, M., 1977: Geology and Geothermal Research in the island of Milos. Ph.D. Thesis, Univ. Thessaloniki.
- FYTIKAS, M., 1989: Updating of the Geological and Geothermal Research on Milos Island. *Geothermics*, Vol. 18 (4), p. 485-496.
- FYTIKAS, M., MARINELLI, G., 1976: Geology and Geothermics of the island of Milos (Greece). *Ins. Congress on Thermal Waters, geothermal Energy and Volcanism of the Med. Area*. I.G.M.E.
- HOFFMAN, C., KELLER, J., 1979: Xenoliths of lawsonite ferroglaucophane rocks from a Quaternary volcano of Milos (Aegean Sea, Greece). *Lithos*, Vol. 12, p. 209-219.
- KELEPERTZIS, A., 1989: Formation of sulphates at the Triaphes area of Milos island: possible precursors of Kaolinite mineralization. *Canadian Mineralogist*, Vol. 27, p. 241-245.
- OCHMANN, N., HOLLNACK, D., WOHLNBER G., 1989: Seismological exploration of the Milos geothermal reservoir, Greece. *Geothermics*, Vol. 18, No 4, p. 563-577.
- PAPANIKOLAOU, D., 1988: Structural analysis of the Milos Geothermal field. Final synoptic report submitted to P.P.C. *Geothermal division*, p. 114.
- PAPANIKOLAOU, D., LEKKAS E. SYSKAKIS D., 1989: Structural analysis of the geothermal field of Milos. *Bull. Geol. Soc. Greece*, vol. XXIV
- PAPANIKOLAOU, D., LEKKAS, E., SYSKAKIS, D., ADAMOPOULOU, E., 1993: Correlation of neotectonic structures with the geodynamic activity in Milos during the earthquakes of March 1992. *Bull. Geol. Soc. Greece*, Vol. XXVIII/3, p. 413-428.
- PAPANIKOLAOU, D., LEKKAS, E., SYSKAKIS, D., 1994: Tectonic Analysis of the Milos Geothermal Field. *Bull. Geol. Soc. Greece*, Vol. 24.
- SACHPAZI, M., 1991: Study of the Structure of the Geothermal Field of Milos Island (Greece) by the Aid of Passive Seismic Sources Detected by a Dense Array of Three-component Seismological Station, *Ph.D.*, I.P.G. Paris.
- SACHPAZI, M., HIRN, A., 1991: Shear-wave anisotropy across the geothermal field of Milos, Aegean Volcanic arc. *Geophys. J. Int.*, Vol. 107, p. 763-785.