

Πρακτικό	βου	Συνεδρίου	Μάιος	1992
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	XXVIII/2	σελ.	Αθήνα
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.		221-237	1993
			pag.	Athens

ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΙΜΩΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΛΥΑΙΓΟΥ (ΝΗΣΙΩΤΙΚΟ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ ΜΗΛΟΥ)

Μ.ΦΥΤΙΚΑ*, Γ.ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΛΑΚΗ**

ΣΥΝΟΨΗ

Περιγράφονται οι σχηματισμοί Κιμώλου και Πολυαίγου σε ότι αφορά τη στρωματογραφική θέση και εξάπλωση, την ορυκτολογική παραγένεση και τους μηχανισμούς απόθεσης.

Αναγνωρίζονται δύο μεγάλα εκρηκτικά γεγονότα. Οι αποθέσεις τους χρησιμοποιούνται σαν στρωματογραφικός ορίζοντας συσχετισμού με την ηφαιστειακή δραστηριότητα της Μήλου και προτείνεται ένα μοντέλο εξέλιξης της ηφαιστειότητας σε Μήλο, Κίμωλο και Πολύαιγο.

Παρατίθενται τέλος στοιχεία για το γεωθερμικό πεδίο της Κιμώλου.

ABSTRACT

Kimolos and Polyegos islands are almost totally built up of volcanic rocks, most of which are pyroclastic. The deposits of two big explosive events, Kastro and Prassa ignimbrites - which cover the whole area of the Milos island group, served as guide levels in the correlation with Milos volcanic activity. The result was a model of the evolution of the volcanic activity of Milos, Kimolos and Polyegos region.

The volcanic activity in the Kimolos and Polyegos area (in comparison with the volcanic activity of Milos) was manifested during the Upper Pliocene and Lower Pleistocene, ranging in age between 3,5 and 0,9 Ma. Two cycles of volcanic activity are distinguished: The first cycle, between 3,5 and 2,0 Ma, comprises the lower lavas of Kimolos, the Kastro ignimbrite and the andesitic - dacitic lavas of Kimolos. The second cycle, between 2,0 and 0,9 Ma, comprises the Prassa ignimbrite, the domes of Polyegos, the andesitic pyroclastics and the Geronikola lavas of Kimolos, the rhyolitic pyroclastics of Psathi and Mersini and, finally, the domes of Psathi, Kaplovuni and Mersini. After the extrusion of these domes the volcanic activity was exhausted in the area of Kimolos and Polyegos.

A NE-SW trending tectonic lineament, along which the volcanic centres of the Milos island group were arranged, seems to continue

M. FYTIKAS & G. VOUGIOUKALAKIS. Volcanic structure and evolution of Kimolos and Polyegos (Milos island group).

* Aristotle Univ. of Thessaloniki, Dept. of Geology, 540 06, Thessaloniki.

** Institute of Geology and Mineral Exploration, Dept. of Energy Resources, 70 Messogion Str., 115 27, Athens.

to be active as the same tectonic trend was used as a path for the hydrothermal fluids that deposited the Mn, Pb, Ba ores. The hot springs of Kimolos are also aligned in a NE-SW trending direction.

A geothermal field with a probable fluid temperature between 80 and 120°C is supposed to exist in the Kimolos area while the existence of deeper reservoirs with higher temperatures is not excluded.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα νησιά Κίμωλος (έκταση 36 Km²) και Πολυαίγιος (έκταση 18 Km²) ανήκουν στο νησιώτικο σύμπλεγμα της Μήλου, το οποίο βρίσκεται στο κεντρικό μέρος του ενεργού ηφαιστειακού τόξου του νοτίου Αιγαίου (Fytikas et al., 1984). Αποτελούνται, όπως και η Μήλος, σχεδόν ολοκληρωτικά από ηφαιστειακά προϊόντα. Σε αντίθεση με τη νήσο Μήλο, για την οποία το επίπεδο των γνώσεων της γεωλογικής και ηφαιστειολογικής εξέλιξης είναι ικανοποιητικό, ελάχιστες εργασίες αναφέρονται στη γεωλογία και ηφαιστειολογία της Κιμώλου και Πολυαίγιου. Οι υπάρχουσες εργασίες αφορούν κύρια στη μελέτη των βιομηχανικών ορυκτών της περιοχής (Franzini et al., 1963; Μηνόπουλος, 1980, 1981; Μαρκόπουλος & Χρηστίδης, 1989; Κανάρης, 1989).

Ο Ι.Κανάρης (1989) παραθέτει μια σύντομη αναφορά στη γεωλογική δομή της Πολυαίγιου και ένα γεωλογικό σκαρίφημα σε κλίμακα 1:20.000. Από τους Fytikas et al. (1896) παρατίθεται σύντομη αναφορά στην ηφαιστειολογική εξέλιξη των νήσων, δύο ραδιοχρονολογήσεις και πετρολογικές παρατηρήσεις.

Με την εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια να καλυφθεί το παραπάνω κενό γνώσης, αναφέροντας τις παρατηρήσεις και τα στοιχεία που συλλέχθηκαν στα πλαίσια της χαρτογράφησης του γεωλογικού φύλλου χάρτη σε κλίμακα 1:25.000 τα έτη 1976 και 1991.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΚΙΜΩΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΛΥΑΙΓΙΟΥ

Κατά την εργασία υπαίθρου παρατηρήθηκαν μια σειρά από σχηματισμούς, οι περισσότεροι από τους οποίους μπορούν να συγκριθούν με αντίστοιχους της Μήλου. Η έκταση και ο όγκος ορισμένων πυροκλαστικών σχηματισμών είναι εντυπωσιακός και ιδιαίτερου ενδιαφέροντος σε ότι αφορά στην ηφαιστειολογική εξέλιξη της περιοχής.

Η αποτύπωση των ορίων των σχηματισμών καθώς και οι μεταξύ τους σχέσεις παρατίθενται στις εικόνες 1, 2 και 3. Η υδροθερμική εξαλλοίωση των ηφαιστειακών σχηματισμών καθιστά δύσκολη την αναγνώριση και το συσχετισμό τους και δεν επιτρέπει τη χρήση των νέων ηφαιστειολογικών μεθόδων (μοκομετρική ανάλυση, μελέτη σύστασης λιθικών κ.λ.π.) στους πυροκλαστικούς σχηματισμούς.

Οι ορυκτολογικές παραγενέσεις που παρατηρήθηκαν στις λεπτές τομές των ηφαιστιτών της Κιμώλου και Πολυαίγιου συμφωνούν με τις πετρογραφικές παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των Fytikas et al. (1986) που κατατάσσουν αυτά τα ηφαιστειακά προϊόντα στην υψηλή σε κάλιο ασβεσταλκαλική σειρά, με διακύμανση της σύστασης από ανδρείτες ως ρυόλιθους.

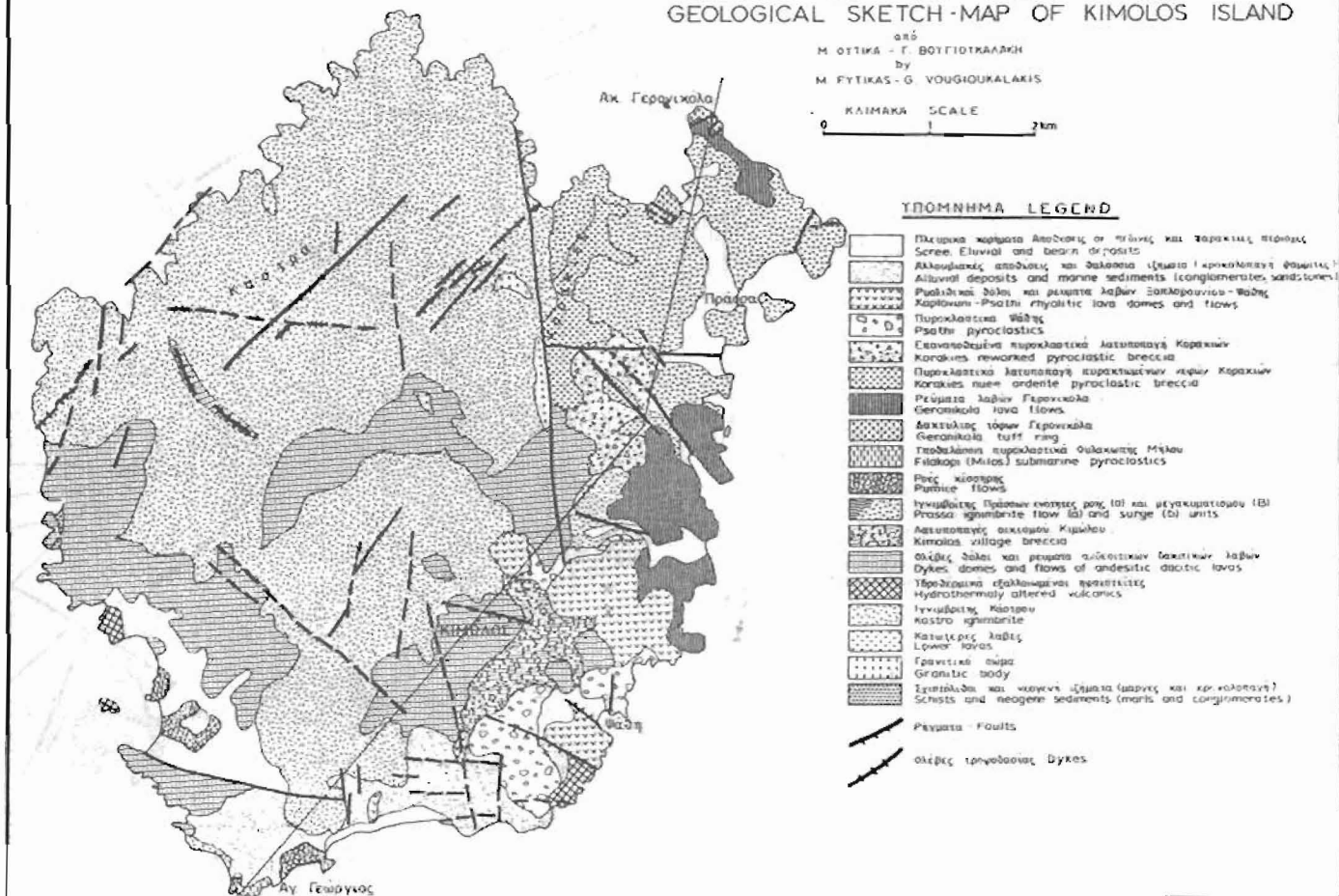
Αναλυτικότερα εμφανίζονται (Εικ.1 και 2):

1. Προηφαιστειακό υπόβαθρο: Στην Κίμωλο εμφανίζεται στη δυτική ακτή (Αθηνιάς Αυλάκι) σε δύο μικρές εμφανίσεις. Ε νοτιώτερη αποτελείται από μαρμαρυγιάκους - χαλαζιακούς σχιστόλιθους κάχους περίπου 20m, τεκτονισμένους και ανορθωμένους από τις διεισδύσεις των λαβών. Η βορειότερη αποτελείται από νεογενή ιζήματα (εναλλαγές

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΣΚΑΡΙΟΗΜΑ ΝΗΣΟΥ ΚΙΜΩΛΟΥ
GEOLOGICAL SKETCH-MAP OF KIMOLOS ISLAND

από
Μ ΟΥΤΙΚΑ - Γ ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΛΑΚΗ
by
M FYTIKAS - G VOUGIOUKALAKIS

ΚΛΙΜΑΚΑ SCALE
0 1 2 km

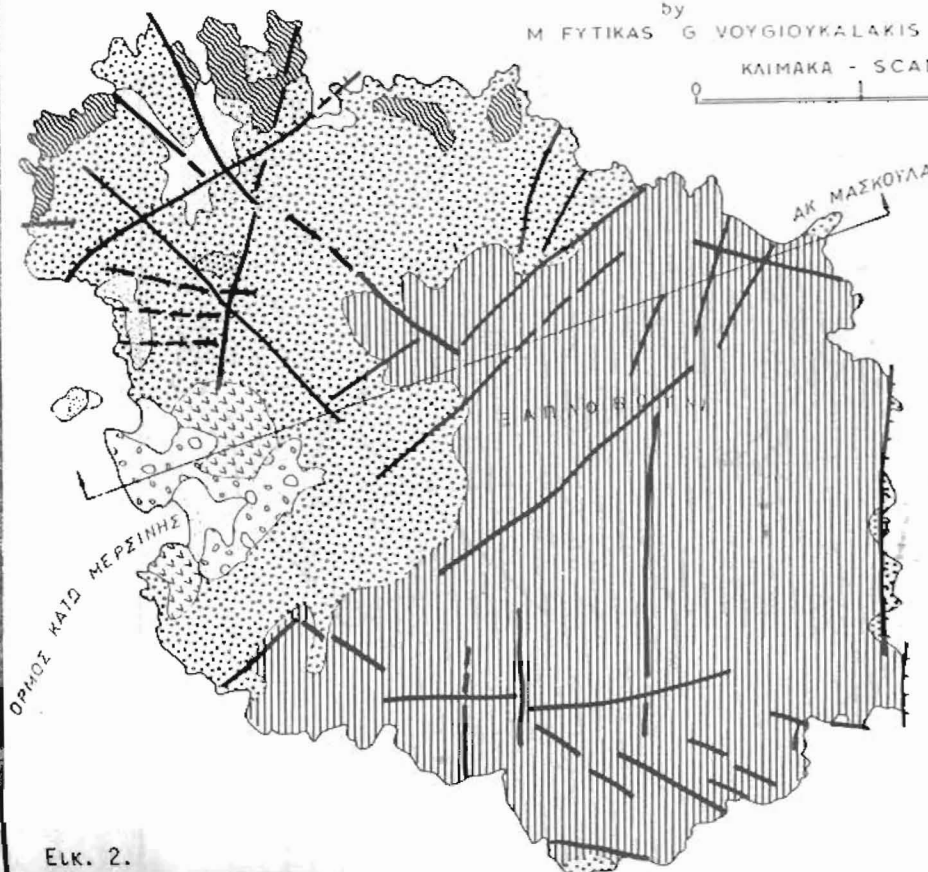


Εικ. 1.
Fig. 1.








ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΣΚΑΡΙΟΦΗΜΑ ΝΗΣΟΥ ΠΟΛΥΑΙΓΟΥ GEOLOGICAL SKETCH - MAP OF POLYEGOS ISLAND

από
Μ ΦΥΤΙΚΑ Γ ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΛΑΚΗ
by
M FYTIKAS G VOUGIOUKALAKIS

ΚΛΙΜΑΚΑ - SCALE
0 2km



ΥΠΟΜΝΗΜΑ - LEGEND

-  Πλευρικά κομμάτια αποθέσεις χειμώνες & παράκτιες
Scree, eluvial and beach deposits
-  Επαναποθεμένα πυροκλαστικά Μερσίνας
Mersina reworked pyroclastics
-  Ρυολιτικές λάβες Μερσίνας
Mersina rhyolitic lavas
-  Ρυολιτικά πυροκλαστικά Μερσίνας
Mersina rhyolitic pyroclastics
-  Όξιδες δόλοι και ρεύματα λάβας έντονα πυριτωμένα
Acid domes and lava flows intensively silicified
-  Ιγνιμβρίτης Πράσων. Ενότητες ροής (α) και μεγα-
κυματισμού (β)
Prasa ignimbrite. Flow (a) and surge (b) units
-  Νεογενής, εδαμογενής, υπόβαθρο μάρμας και
αρκάροσταγ
Neogene sedimentary basement marls and
conglomerate

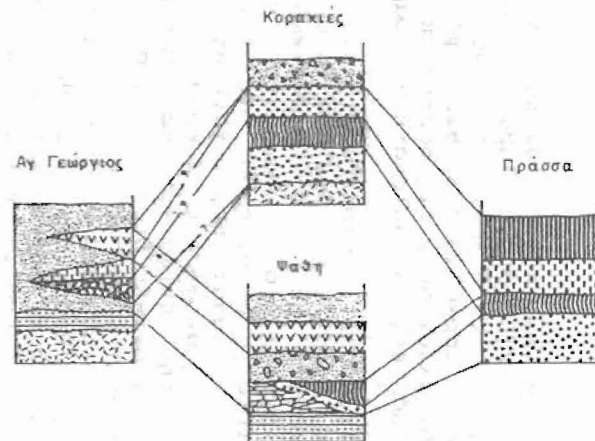
Εικ. 2.
Fig. 2.

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΗΛΗ
ΠΟΛΥΑΙΓΟΥ
STRATIGRAPHIC COLUMN
OF POLYEGOS

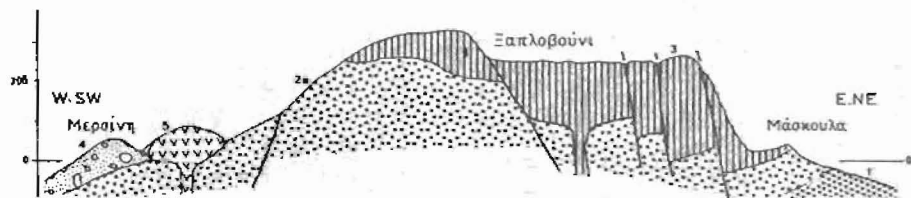


ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΣΧΗΜΑ-
ΤΙΣΜΩΝ ΚΙΜΩΛΟΥ

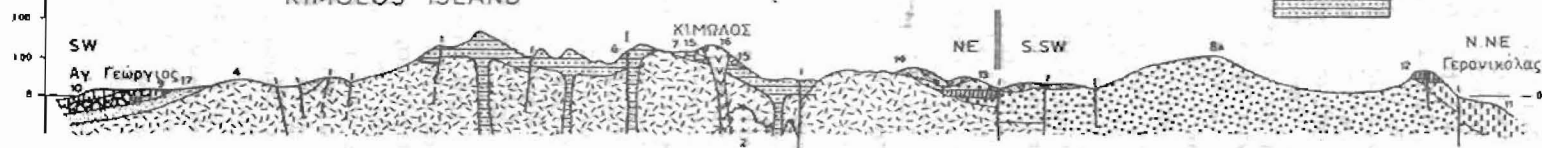
STRATIGRAPHIC CORRELATION OF KIMOLOS
FORMATIONS



ΝΗΣΟΣ ΠΟΛΥΑΙΓΟΣ
POLYEGOS ISLAND



ΝΗΣΟΣ ΚΙΜΩΛΟΣ
KIMOLOS ISLAND



Εικ. 3. Γεωλογικές τομές και στρωματογραφικοί συσχετισμοί των σχηματισμών Κιμώλου και Πολυαίγου.
Fig. 3. Geological cross-sections and stratigraphic correlations of Kimolos and Polyegos formations.

κροκαλοπαγών, και ψαμμιτών) πάχους 30m που επίσης έχουν τεκτονισθεί και ανορθωθεί από τη διείδωση των λαβών. Στην Πολύαιγο εντοπίζεται σε τρεις μικρές εμφανίσεις. Η πρώτη, 500m νότια του πρώην οικισμού και αποτελείται από μαργαίκο απολιθωματοφόρο νεογενή ασβεστόλιθο ορατού πάχους 6m. Οι άλλοι δύο, στη βόρεια ακτή, αποτελούνται από νεογενή ιζήματα (μάργες, κροκαλοπαγή και ψαμμίτες) ορατού πάχους περίπου 40m.

2. *Γρανιτική διείδωση*: Εντοπίζεται στο κεντρικό τμήμα της Κιμώνου, σε τρεις εμφανίσεις γύρω από το ύψωμα Πετάλι. Πρόκειται για ένα τυπικό γρανίτη με ιστό ισοκοκκώδη αλλοτριόμορφο και συνσταται από πλαγιόκλαστο, ορθόκλαστο, χαλαζία, βιοτίτη, λίγη κερουσίλβη και οξείδια του σιδήρου και τιτανίου. Παρατηρούνται δευτερεύοντα ορυκτά όπως απατίτης, τιτανίτης, ζιρκόνιο και επίδοτο. Πρόκειται πιθανά για αποφύσεις μικρού γρανιτικού σώματος που κρυστάλλωσε κοντά στην επιφάνεια και προέρχεται από τις πρώτες Κατω-Πλειοκαινικές μαγματικές διειδύσεις στην περιοχή, την εποχή έναρξης της ηφαιστειακής δραστηριότητας.

3. *Κατώτερες λάβες*: Μια μικρή εμφάνιση εντοπίζεται στις ΒΔ ακτές, στον όρμο Αγιόκλιμα. Πρόκειται για θόλο έντονα υδροθερμικά εξαλλοιωμένης λάβας. Από το αρχικό πέτρωμα παραμένουν λίγοι άστριοι (πλαγιόκλαστο, σανιδίνο) ενώ το υπόλοιπο πέτρωμα αποτελείται από ζεολίθους, χαλαζία και αργιλικά ορυκτά. Από τον διαφανόμενο ιστό του αρχικού πετρώματος μπορεί να υποθεθεί ότι πρόκειται για όξινες (ρυολιθικές;) λάβες. Το πάχος της εμφάνισης είναι περίπου 25m.

4. *Ιγνιμβρίτης Κάστρου*: Εμφανίζεται σε όλη σχεδόν την Κίμωλο (εκτός του ΒΑ τμήματος) αποτελώντας τον κυριώτερο σχηματισμό του νησιού. Το συνολικό πάχος του ξεπερνά τα 400m στην εμφάνιση. Αποτελείται από πολλές ενόητες ρευμάτων συγκολλημένης αφυρικής κίσηρης και θραυσμάτων γυαλιού εξαλλοιωμένων από την υδροθερμική δραστηριότητα. Οι λίγοι κρύσταλλοι που διασώζονται είναι άστριοι και πυρόξενοι.

Στα κατώτερα μέρη του σχηματισμού, τα πυροκλαστικά ρεύματα αποτελούνται από λιθάρια και μικρές διαμέτρου τεμάχια (15-20cm) κίσηρης, χωρίς εμφανή στρώση, διαβάθμιση και ταξινόμηση μέσα στο κάθε πυροκλαστικό ρεύμα. Περιέχουν λιθικά από σχιστόλιθους, νεογενή ιζήματα και εξαλλοιωμένες λάβες. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία ξενόλιθων γρανίτη σε λιθάρια έως τεμάχια διαμέτρου και 1m. Στα ανώτερα μέλη του σχηματισμού παρατηρείται μείωση της διαμέτρου των θραυσμάτων, φτάνοντας έως ορίζοντες καλά συγκολλημένων τόφων από ενόητες ρευμάτων στάχτης. Σε ορισμένα σημεία παρατηρούνται ορίζοντες μεγακυματικών αποθέσεων (surges). Οι ενόητες ροές παρουσιάζουν παράταξη διεύθυνσης Α-Δ έως ΒΑ-ΝΔ και κλίσεις μεταξύ 5° και 30° προς τα βόρεια και ΒΔ (Εικ.4). Το πάχος τους κυμαίνεται μεταξύ 3 και 15m.

Από την παράταξη των ενοητών ροής και τη διεύθυνση ροής που υποδεικνύουν οι μεγακυματικές αποθέσεις (Εικ.4) θα πρέπει να υποθέσουμε ότι το κέντρο εξόδου του ιγνιμβρίτη Κάστρου βρισκόταν ΝΔ της Κιμώνου, στη σημερινή θαλάσσια περιοχή μεταξύ Κιμώνου και Μήλου και σχετικά κοντά στην Κίμωλο για να υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς των μεγάλου βάρους γρανιτικών τεμαχίων που περιέχει στις θέσεις που παρατηρούνται σήμερα. Η έλλειψη στην περιοχή κάποιες δομής καλδερικού βυθίσματος μπορεί να εξηγηθεί με την πολύ βαθειά θέση των μαγματικών θαλάμων που τροφοδότησαν την ηφαιστειακή δραστηριότητα αυτής της εποχής (Fytikas et al., 1986).

5. *Ανδεσιτικές - δακτινικές λάβες*: Εμφανίζονται σε όλη την Κίμωλο εκτός του ΒΑ τμήματος. Χωρίζονται σε υποηφαιστειακές φλέβες τροφοδοσίας και σε ρεύματα και μικρούς θόλους.

Οι φλέβες έχουν κυρίως ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση (Εικ.4) και παρατηρείται να διασπαστούν σε τμήματα με μικρή κλίση, που

δεν μπορεί να αποτυπωθεί πάντα στο γεωλογικό χάρτη. Η μεγαλύτερη ουγκέντρωση παρατηρείται στη διεύθυνση ΝΔ του όρμου Μοναστήρια. Το πάχος τους κυμαίνεται μεταξύ 1m και 30m και οι κλίσεις μεταξύ 70° και 90°. Οι λάβες εμφανίζονται ολοκρυσταλλικές με ιστό υποϊδιδόμορφο έως αλλοτριόμορφο. Τα κύρια ορυκτά είναι πλαγιόκλαστο, καλιούχος άστριος, χαλαζίας, βιοτίτης, κλινοπυρόξενος και οξειδία σιδήρου και τιτανίου. Παρατηρούνται επίσης απατίτης, τιτανίτης, ζιρκόνιο και επίδοτο.

Στα δυτικά και νότια τμήματα της Κιμώνου παρατηρούνται ρεύματα και μικροί θόλοι λάβας, πάχους έως 60m. Οι πιο βασικές από αυτές (ανδρσιίτες) παρουσιάζουν ιστό πορφυριτικό, διακαινικό έως πιλοταξιτικό με πλαγιόκλαστο, σανίδινο, κλινοπυρόξενο και γυαλί στην κύρια μάζα. Οι πιο όξινες (δακίτες) παρουσιάζουν ιστό πορφυριτικό υαλοπιλιτικό με πλαγιόκλαστο, σανίδινο, κερσατίλη, ορθοπυρόξενο και γυαλί στην κύρια μάζα.

Όλες οι παραπάνω λάβες έχουν υποστεί υδροθερμική εξαλλοίωση και παρουσιάζουν δευτερογενή ορυκτά όπως χαλαζία, άμορφο πυρίτιο, ζεόλιθους, χλωρίτη, μοντμοριλονίτη και ασβεστίτη. Το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο στις δυτικές ακτές. Οι έντονα εξαλλοιωμένοι - μη αναγνωρίσιμοι - ηφαιστίτες αυτής της περιοχής (νησίδια Αγ. Ανδρέα και ακρωτήριο στα βόρεια του) πιθανά ανήκουν σε αυτή την κατηγορία λαβών.

6. *Λατυποπαγές οικισμού Κιμώνου*: Εμφανίζεται σχεδόν σε όλη την έκταση του οικισμού Κιμώνου και προεκτείνεται στα ΝΔ. Πρόκειται για ένα αδρά στρωμένο σχηματισμό που αποτελείται από γωνιώδη τεμάχη και λιθάρια ανδρσιιτικής - δακιτικής λάβας έντονα συγκολλημένα από αποθέσεις υδροθερμικών διαλυμάτων. Παρατηρούνται πάχη έως 15m, με παράταξη οριζόντια στα υψηλότερα τοπογραφικά μέρη και με διεύθυνση ΒΑ και κλίσεις 20°-30° προς τα ΝΑ στα χαμηλότερα μέρη.

7. *Ιγνιμβρίτης Πράσων*: Εμφανίζεται στο ανατολικό τμήμα της Κιμώνου και σχηματίζει το ΒΔ ήμισυ της Πολυαίγου. Πρόκειται για μια σειρά από υποθαλάσσιες και χερσαίες ενόπιτες πυροκλαστικής ροής καθώς και μεγακυματικές αποθέσεις, μέγιστου συνολικού πάχους σε εμφάνιση 200m.

Τα κατώτερα τμήματα του σχηματισμού εμφανίζονται στην περιοχή των Πράσων και κυρίως στην περιοχή εξόρυξης μπεντονίτη, ΒΔ του ακρωτ. Αγ. Γεωργίου. Προκειται για αλληπάλληλες πυροκλαστικές ροές αμυρικής κίσηρης και θραυσμάτων γυαλίου, έντονα εξαλλοιωμένων (μπεντονίτης και ζεόλιθοι) από υδροθερμική δραστηριότητα. Παρατηρούνται λίγοι κρύσταλλοι αστρών και χαλαζία. Αποτελούνται κυρίως από λιθάρια και στάχτη κίσηρης χωρίς εσωτερική στρώση σε κάθε ενότητα. Παρατηρείται μια αδρή διαβάθμιση με τα μεγαλύτερης διαμέτρου λιθικά (λιθάρια έως τεμάχη 30cm από εξαλλοιωμένες λάβες και από το προηφαιστειακό υπόβαθρο) και τα λιθάρια κίσηρης να επικρατούν στη βάση της ενότητας ενώ στην οροφή κυριαρχεί η στάχτη. Παρουσιάζουν παράταξη κύριας διεύθυνσης Β.ΒΑ και κλίσεις 5°-30° προς τα ΝΔ (εικ.4). Στην οροφή του κατώτερου μέρους του σχηματισμού παρατηρείται σε ορισμένα σημεία - που την εποχή εκείνη καλυπτόταν από θάλασσα - λεπτά στρώματα τοφίτων με οριζόντια στρώση και συχνή εμφάνιση απολιθωμάτων θαλάσσιων οργανισμών.

Το ανώτερο τμήμα του σχηματισμού, πάχους 15-20m, αποτελείται από ένα λεπτόκοκκο συμπαγή τόφο με χαρακτηριστικές δομές θινών - αντιθινών και διασταυρούμενη στρώση. Πρόκειται για έντονα θρυμματοποιημένο όξινο μάγμα (στάχτη κίσηρης και θραύσματα γυαλιού) που αποτίθεται με μηχανισμούς μεγακυματισμού από υδρομαγματική ηφαιστειακή δραστηριότητα. Εμφανίζεται στο ΝΑ τμήμα της Κιμώνου και στο ΒΔ της Πολυαίγου, κοντά στις ακτές. Οι διευθύνσεις κίνησης των μεγακυματικών αποθέσεων και η παράταξη των πυροκλαστικών ρευμάτων (εικ.4) οδηγεί στον εντοπισμό του κέντρου

εξόδου του ιγνιμβρίτη Πράσων στη σημερινή θαλάσσια περιοχή βόρεια του ακρ. Γερονικόλα.

8. Ρεύματα κίσηρης: Εμφανίζονται στη ΝΔ (ακρ. Αγ. Γεωργίου) και στη δυτική (Ελληνικά) ακτή της Κιμώλου. Πρόκειται για ένα πολύ χαρακτηριστικό σχηματισμό με τεράστια τεμάχια κίσηρης (διαμέτρου έως 3m - ίσως τα μεγαλύτερα που έχουν παρατηρηθεί παγκόσμια) που εμφανίζεται επίσης και στις ΒΑ ακτές της Μήλου (κυρίως στις θέσεις Κοφτό και όρμος Φυλακωπής) (Φυτίκας, 1977). Η βάση και η οροφή του σχηματισμού αποτελούνται από ένα λεπτόκοκκο υποθαλάσσιο τόφο χαρακτηριστικού κιτρινωπού χρώματος, με καλή στρώση, πάχους 2-3m. Μέσα σε αυτό τον τόφο και ενώ συνεχίζει η απόθεσή του, αποτίθενται τεράστια τεμάχια υποαφυρικής, έντονα φυσαλιδοποιημένης κίσηρης ανοικτού γκρι χρώματος που περιέχουν κρυστάλλους πλαγιόκλαστου, σανίδινου και βιοτίτη.

Ο μηχανισμός απόθεσης αυτού του σχηματισμού είναι σύνθετος. Τα τεράστια τεμάχια κίσηρης προέρχονται από ένα ηφαιστειακό πόρο που βρισκόταν τότε σε χερσαίο περιβάλλον, στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ ΝΔ Κιμώλου και Β.ΒΑ Μήλου. Από αυτό τον ηφαιστειακό πόρο εκχύθηκαν ρεύματα έντονα φυσαλιδοποιημένου αλλά όχι θρυμματισμένου μάγματος, που σχεδόν αμέσως εισήλθαν στη θάλασσα, ψύχθηκαν, τεμαχίσθηκαν και βυθίσθηκαν, ενώ παράλληλα από άλλο κέντρο αποτίθενταν οι υποθαλάσσιοι τόφοι. Το συνολικό πάχος του σχηματισμού στην Κιμώλο φτάνει τα 20m.

9. Θόλοι και ρεύματα λάβας Πολυαίγου: Αποτελούν το ΝΑ ήμισυ του νησιού. Διακρίνονται 9 τουλάχιστον θόλοι, που φαίνεται να διαπερνούν τον ιγνιμβρίτη Πράσων κατά μήκος διευθύνσεων Β-Ν, καθώς και ορισμένα μεγάλα πάχους ρεύματα λάβας. Πρόκειται για ρυολιθικές οψιανικές - περλιτικές λάβες με λίγους φαινοκρυστάλλους πλαγιόκλαστου και σανίδινου. Παρατηρείται έντονη πυριτίωση των λαβών από υδροθερμική δραστηριότητα, ιδιαίτερα στις νότιες ακτές, όπου φαίνεται να προκαλείται από την κυκλοφορία ρευστών κατά μήκος των ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ρηγμάτων.

10. Υποθαλάσσια πυροκλαστικά Φυλακωπής Μήλου: Εμφανίζονται στο ακρ. Αγ. Γεωργίου της Κιμώλου και στην ακτή, 500m ανατολικότερα από αυτό. Πρόκειται για στάχτη και λιθάρια τεφρών ανδσειτικών σκωριών καθώς και τεμαχών σκωριών διαμέτρου 15-90cm με τυπική μαξιλαροειδή μορφή (pillow lavas). Οι εμφανίσεις της Κιμώλου είναι επαναποθεμένες σε θαλάσσιο περιβάλλον, χωρίς μεγάλη μετατόπιση από το σημείο εξόδου, καθώς οι πολύ εύθραυστες μαξιλαροειδείς λάβες διατηρούν το αρχικό σχήμα τους. Εμφανίσεις του πυροκλαστικού σχηματισμού in situ παρατηρούνται στον όρμο Φυλακωπής Μήλου: έντονα εκρηκτική υδρομαγματική δραστηριότητα αποθέτει υγρούς μεγακυματικούς ορίζοντες (wet surges) ανδσειτικών λιθαριών και στάχτης και μεταφέρει τις μαξιλαροειδείς λάβες που έχουν δημιουργηθεί πριν από την έκρηξη.

11. Δακτύλιος τόφων Γερονικόλα: Εμφανίζεται στη ΒΑ ακτή, στο ακρ. Γερονικόλα και τον όρμο Βρωμόλιμνη. Πρόκειται για τόφους που αποτελούνται από έντονα θρυματοποιημένο ανδσειτικό μάγμα και περιέχουν τεμάχια γοργά ψυγμένων ανδσειτικών βολίδων μέσης διαμέτρου 20-40cm. Είναι χαρακτηριστική η έντονα διασταυρούμενη στρώση, η ανάστροφη διαβάθμιση των οριζόντων υγρής μεγακυματικής απόθεσης και τα ίχνη πτώσης των βολίδων στους ορίζοντες στάχτης. Το χρώμα της τελευταίας είναι ανοικτό τεφρό έως κιτρινο-ωχρό και το πάχος του σχηματισμού 45-50m. Οι διευθύνσεις απόθεσης των οριζόντων στάχτης προς τα νότια υποδεικνύουν ένα ηφαιστειακό πόρο σε μικρή απόσταση από την ακτή, βόρεια του ακρ. Γερονικόλα.

12. Ρεύματα λαβών Γερονικόλα: Εμφανίζονται στο ομώνυμο ακρωτήριο, ακριβώς πάνω από τα υδρομαγματικά πυροκλαστικά προϊόντα. Εκχύνονται από το ηφαιστειακό κέντρο της Γερονικόλας - Τμήμα Πεωλλογίας Δ.Π.Θ. του δακτυλίου

τόπων έχει αποκλείσει το θαλάσσιο νερό από τον πόρο και παύει η αλληλεπίδραση νερού-μάγματος. Πληρούν τη χοάνη του δακτυλίου και κατόπιν ρέουν προς τα ΝΔ. Παρατηρούνται 4-5 ρεύματα λάβας πάχους μεταξύ 3 και 10m, με συνολικό μέγιστο πάχος του σχηματισμού 50m. Οι λάβες είναι ανδρειατικής σύστασης με ιστό από πορφυριτικό διακαινικό έως υποαφυρικό υαλοπιλιτικό - ανάλογα με την ταχύτητα ψύξης του μάγματος. Τα ορυκτά τους είναι πλαγιόκλαστο, σανίδινο, κλινοπυρόξενο, ορθοπυρόξενο και οξειδία σιδήρου και τιτανίου.

13. *Πυροκλαστικά λατυποπαγή πυρακτωμένων νεφών Κορακιών:*

Εμφανίζονται στην ομώνυμη περιοχή, στο ΒΑ τμήμα της Κιμώλου. Πρόκειται για ένα μονογενικό λατυποπαγές μέγιστου πάχους 30m, αποτελούμενο από γωνιώδη έως ελαφρά στρογγυλωμένα τεμάχια λάβας μέσης διαμέτρου 20-30cm με ενδιάμεση κύρια μάζα αποτελούμενη από (δίας σύστασης θρυμματοποιημένη λάβα. Διακρίνεται μια αδρή στρώση του σχηματισμού σε ορίζοντες πάχους 2-3m ο καθένας και τάση να διατάσσεται με βάση την προϋπάρχουσα μορφολογία, παχαίνοντας στις παλαιοκοιλιάδες. Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά οδηγούν στη θεώρηση του μηχανισμού απόθεσης μέσω πυρακτωμένων νεφών ή ζεστών στοιβάδων (hot avalanches). Η εμφάνισή του ανατολικά του μεγάλου ρήγματος Β-Ν διεύθυνσης που παρατηρείται στην περιοχή και οι διευθύνσεις ροής προς τα ανατολικά (εικ.4) οδηγεί στη θεώρηση του κέντρου εξόδου ακριβώς κατά μήκος αυτού του ρήγματος και στη διασταύρωσή του με ένα επίσης εμφανές ρήγμα Α-Δ διεύθυνσης. Ο σχηματισμός αυτός έχει αποστεί κατά θέσεις έντονη εξαλλοίωση από υδροθερμικά ρευστά που αποθέτουν σε ορισμένες ζώνες ρηγάτωσης μεταλλεύματα Mn, Pb και Ba. Η αναγνώριση της αρχικής σύστασης των λαβών καθίσταται προβληματική λόγω των εξαλλοιώσεων. Πρόκειται μάλλον για λάβες ανδρειατικής σύστασης με ιστό υποαφυρικό υαλοπιλιτικό. Τα ορυκτά που αναγνωρίζονται είναι πλαγιόκλαστο, σανίδινο και πυρόξενοι. Πιθανή είναι η ύπαρξη κερροσίλβης (παρατηρείται το σχήμα του ορυκτού και η τυπική του οξειδωση).

14. *Επαναποθεμένα λατυποπαγή Κορακιών:* Εμφανίζονται στις ταπεινότερες τοπογραφικά περιοχές κοντά στις αποθέσεις των πυρακτωμένων νεφών. Αποτελούνται από ορίζοντες λεπτόκοκκου γαιώδους υλικού και στρογγυλωμένα τεμάχια του λατυποπαγούς με καλή στρώση με μέγιστο πάχος 20m. Εμποτίζονται και αυτά από τα υδροθερμικά μεταλλοφόρα ρευστά και κατά τόπους αποκτούν ένα χαρακτηριστικό σκούρο κόκκινο χρώμα.

15. *Πυροκλαστικά Ψάθης:* Εμφανίζονται κάτω από τις λάβες του Ξαπλοβουνιού (17), στα βόρεια και τα νότια του ομώνυμου θόλου, καθώς και ανατολικά και δυτικά του όρμου Ψάθης. Πρόκειται για υποθαλάσσιους τόφους και τόφους-λιθάρια που αποτελούνται από κίσηρη και λιθικά. Στα κατώτερα μέρη επικρατούν ενότητες πυροκλαστικής ροής χαοτικής άστρωτης δομής με έντονα φυσαλιδοποιημένη αφυρική κίσηρη που περιέχει μικροφαινοκρυστάλλους πλαγιόκλαστου και σανίδινο. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία αγωγών απαέρωσης (degassing pipes) και λατυπών επιβράδυνσης (lag breccias). Τα λιθικά βρίσκονται συγκεντρωμένα κυρίως στους ορίζοντες των λατυπών επιβράδυνσης και είναι λιθάρια και τεμάχια έως 1m προερχόμενα από τους ιγνιμβρίτες Κάστρου και Πράσων, εξαλλοιωμένες λάβες και μεγάλο ποσοστό προηφαιστειακού υποβάθρου (σχιστόλιθοι, μάργες, φαμμ(τες). Το συνολικό ποσοστό των λιθικών φτάνει ως και 50%. Οι ανώτερες ενότητες χαρακτηρίζονται από λιγότερο φυσαλιδοποιημένη υποαφυρική κίσηρη με κρυστάλλους πλαγιόκλαστου, σανίδινο, βιοσίτη και οξειδίων σιδήρου και τιτανίου, αρκετά τεμάχια οφιανού και περλίτη και μικρότερα ποσοστά λιθικών. Εμφανίζονται καλύτερα ενσωματωμένοι και στην οροφή περνούν σε χαρακτηριστικές δομές τοφίτων. Το συνολικό πάχος του σχηματισμού φτάνει τα 30m.

16. *Πυροκλαστικά Μερσίνης*: Εμφανίζονται στον ομώνυμο όρμο, στη δυτική ακτή της Πολυαίγου. Παρουσιάζουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τα πυροκλαστικά της Ψάθης, με μεγαλύτερα ποσοστά τεμαχών οφιανού, μικρότερο ποσοστό λιθικών και χαρακτηριστική παρουσία λιθαριών επιδοτιτών. Το πάχος στην εμφάνιση φτάνει τα 40m.

17. *Θόλοι και ρεύματα λαβών Ξαπλοβουνιού - Ψάθης*: Εμφανίζονται στο ΝΑ τμήμα της Κιμώλου, στις ομώνυμες τοποθεσίες. Δύο μικρές εμφανίσεις εντοπίζονται στην περιοχή Πύργου όπου παρατηρούνται δομές υποθαλάσσιας απόθεσης με μαξιλαροειδή σχήματα. Στη θάλασσα έχουν εισέλθει και τα μέτωπα των ρευμάτων λάβας που τροφοδοτούνται από το θόλο Ξαπλοβουνιού και κατευθύνονται προς τα ΝΑ, στην περιοχή Ρούπα Καρά. Οι λάβες είναι οφιανικοί - περιλιτικοί υποαφυρικοί ρυδλίθοι με κρυστάλλους πλαγιόκλαστου, σανίδινου, ορθοπυρόξενου, βιοτίτη, κερροσίλβης και οξειδίων σιδήρου και τιτανίου. Σε ορισμένους ορίζοντες λάβας παρατηρείται μεγάλο ποσοστό σφαιρολίθων αφύαλωσης.

18. *Ρυολιθικές λάβες Μερσίνας*: Πρόκειται για ένα μικρό θόλο (Στρογγυλό) και ένα ρεύμα λάβας πάχους περίπου 10m (Ζυγός Κάβος) στα ΒΑ και Ν του όρμου Μερσίνη στην Πολυαίγο. Η λάβα είναι οφιανικός - περιλιτικός υποαφυρικός ρυδλίθος με φαινοκρυστάλλους πλαγιόκλαστου, σανίδινου, κερροσίλβης και οξειδίων σιδήρου και τιτανίου.

19. *Ποταμοχειμάρια αποθέσεις και θαλάσσια ιζήματα*: Εμφανίζονται στο νότιο τμήμα της Κιμώλου, στις περιοχές Καλαμίτσι και Πύργος. Το κατώτερο μέρος του σχηματισμού είναι δελταϊκά κροκαλοπαγή και φαμμίτες που προς τα πάνω περνούν σε αποθέσεις θάλασσας (κροκαλοπαγή, μικροκροκαλοπαγή, φαμμίτες και άργιλοι). Στις δελταϊκές αποθέσεις το λεπτόκοκκο υλικό αποτελείται κύρια από ηφαιστίτες. Τα τεμάχια και λιθάκια προέρχονται κύρια από τον εξαλλοιωμένο ιγνιμβρίτη Κάστρου, το προηφαιστειακό υπόβαθρο, και από πυριτιωμένες λάβες. Στις θαλάσσιες αποθέσεις επικρατεί το ηφαιστειακό υλικό, ενώ το υλικό του υποβάθρου εμφανίζεται ελάχιστα.

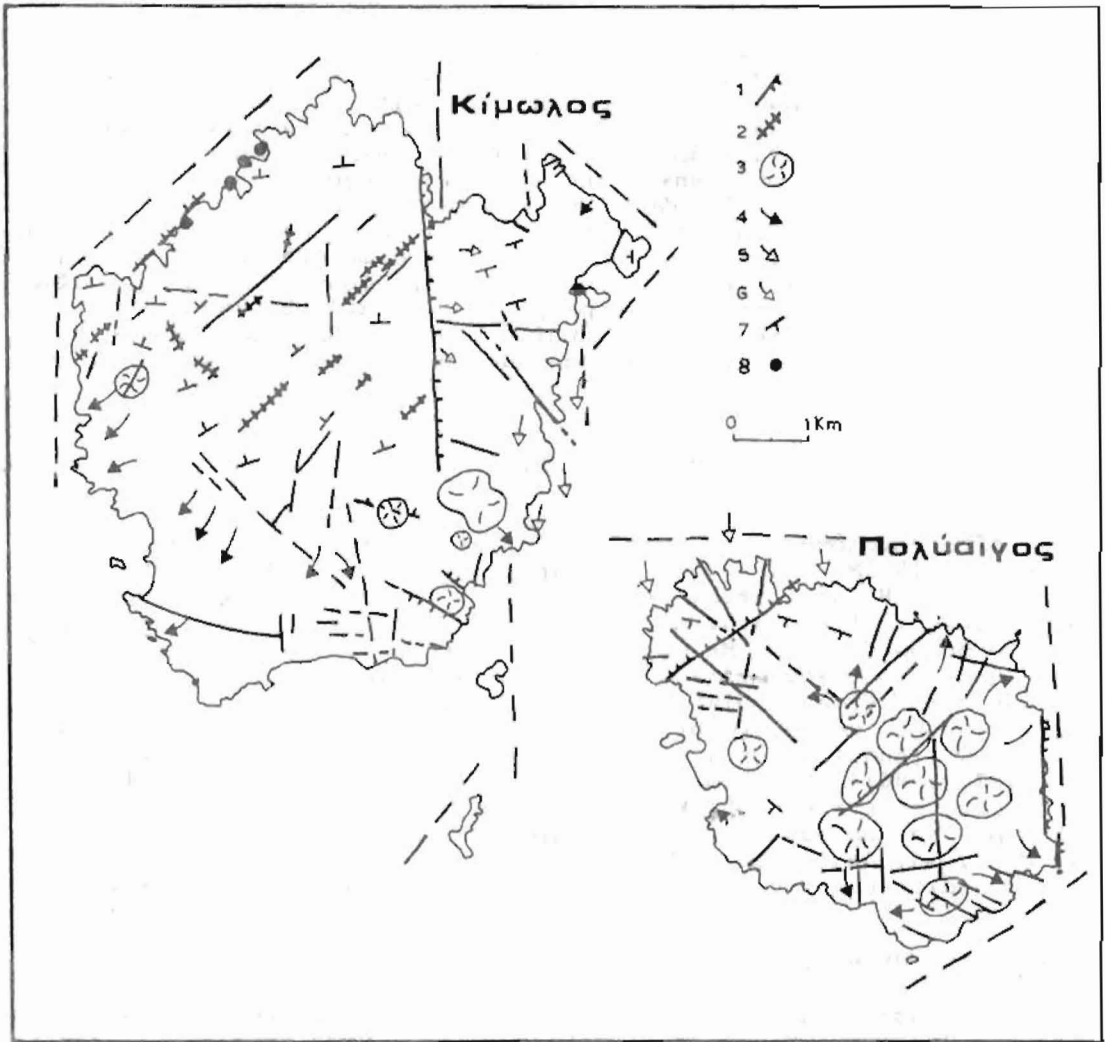
Οι σχηματισμοί των ρευμάτων κίσηρης και των πυροκλαστικών Φυλακωπής εμφανίζονται ενδιαστωμένοι μέσα στις θαλάσσιες αποθέσεις. Χαρακτηριστικό των ανώτατων στρωμάτων του σχηματισμού είναι ένα μικροκροκαλοπαγές που έχει τσιμεντωθεί από υδροθερμικά διαλύματα που απέθεσαν βαρύτη. Πάνω από αυτό εμφανίζονται άργιλοι γκριζοί, φαμμίτες κιτρινωποί ρηχής θάλασσας και αιολικοί, λίγο συνενκτικοί, καθώς και γκριζά άμμος (Ολόκαινο). Το συνολικό πάχος της απόθεσης φτάνει τα 35m.

ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ

Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από την εργασία υπαίθρου και τη φωτογεωλογική παρατήρηση παρατίθενται στην εικόνα 4.

Παρατηρούνται 4 κύρια συστήματα ρηγμάτων με διεύθυνση Β-Ν, ΒΑ-ΝΔ, Α-Δ και ΒΔ-ΝΑ και κλίσεις μεταξύ 60° και 90°. Το σύστημα διεύθυνσης Β-Ν φαίνεται να είναι πρωτεύουσας σημασίας σε ότι αφορά στο μέγεθος των μεταπτώσεων τόσο στην Κίμωλο όσο και στην Πολυαίγο. Φαίνεται επίσης να καθορίζει τη διάταξη των θόλων της Πολυαίγου και των τελευταίων ρυολιθικών λαβών Ξαπλοβουνιού, Ψάθης και Μερσίνης. Σημειώνεται επίσης ότι η ίδια διεύθυνση καθορίζει και τη δομή του υποβάθρου της Κιμώλου, όπως προκύπτει από μετρήσεις βαρύτητας (Τσόκας, 1985; Θανάσουλας και Τσόκας, 1984).

Η ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση φαίνεται επίσης να είναι πρωτεύουσας σημασίας τόσο ως προς τις μεταπτώσεις που προκαλεί και τη συχνότητα που εμφανίζεται όσο και κυρίως - για το ρόλο της σαν οδού ανόδου των μαγματικών ρευμάτων. Είναι η διεύθυνση που τριπλασιάζεται το πυκνό



Εικ. 4. Ηφαιστειακές και τεκτονικές δομές Κιμώλου και Πολυαίγους: 1. Ρήγματα, 2. Φλέβες τροφοδοσίας, 3. Θόλοι, 4. Διευθύνσεις ροής λάβας, 5. Διευθύνσεις μεγακυματικών αποθέσεων, 6. Διευθύνσεις ροής πυρακτωμένου νέφους, 7. Παράταξη πυροκλαστικών ρευσμάτων, 8. Θερμές πηγές.

Fig. 4. Volcanic structures and tectonic lineaments of Kimolos and Polyeiros: 1. Faults, 2. Dykes, 3. Domes, 4. Lava flow directions, 5. Surge directions, 6. Nuée ardente flow directions, 7. Strike and dip of pyroclastic flow units, 8. Hot springs.

δύκτιο των φλεβών τροφοδοσίας των ανδραειτικών - δακτιτικών λαβών της Κιμώλου και αυτή κατά μήκος της οποίας διατάσσονται τα περισσότερα ηφαιστειακά κέντρα στην ευρύτερη περιοχή - όπως σημειώνεται παρακάτω. Κατά μήκος της (διας διεύθυνσης κυκλοφόρησαν τα μεταλλοφόρα (Μn, Pb, Ba) υδροθερμικά ρευστά. ΒΑ-ΝΔ διατάσσεται επίσης το κύριο σύστημα θερμών πηγών της ΒΔ ακτής, γεγονός που επιτρέπει να θεωρήσουμε αυτή τη διεύθυνση ενεργή έως σήμερα.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις οδηγούν στη θέωση ότι στο Πλειόκαινο οι εφελκυστικές τάσεις στην περιοχή ήταν κυρίως ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Το συμπέρασμα αυτό έρχεται σε αντίθεση με συμπεράσματα βασισμένα στη μελέτη της κινηματικής των ρηγμάτων (Σημιαίκης, 1985) για την ύπαρξη ενός εφελκυστικού πεδίου Β.ΒΑ-Ν.ΝΔ διεύθυνσης στο Πλειόκαινο. Απαιτείται παραπέρα παρατήρηση και μελέτη για να εξηγηθεί η υπάρχουσα ασυμφωνία.

ΗΛΙΚΙΑ ΤΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

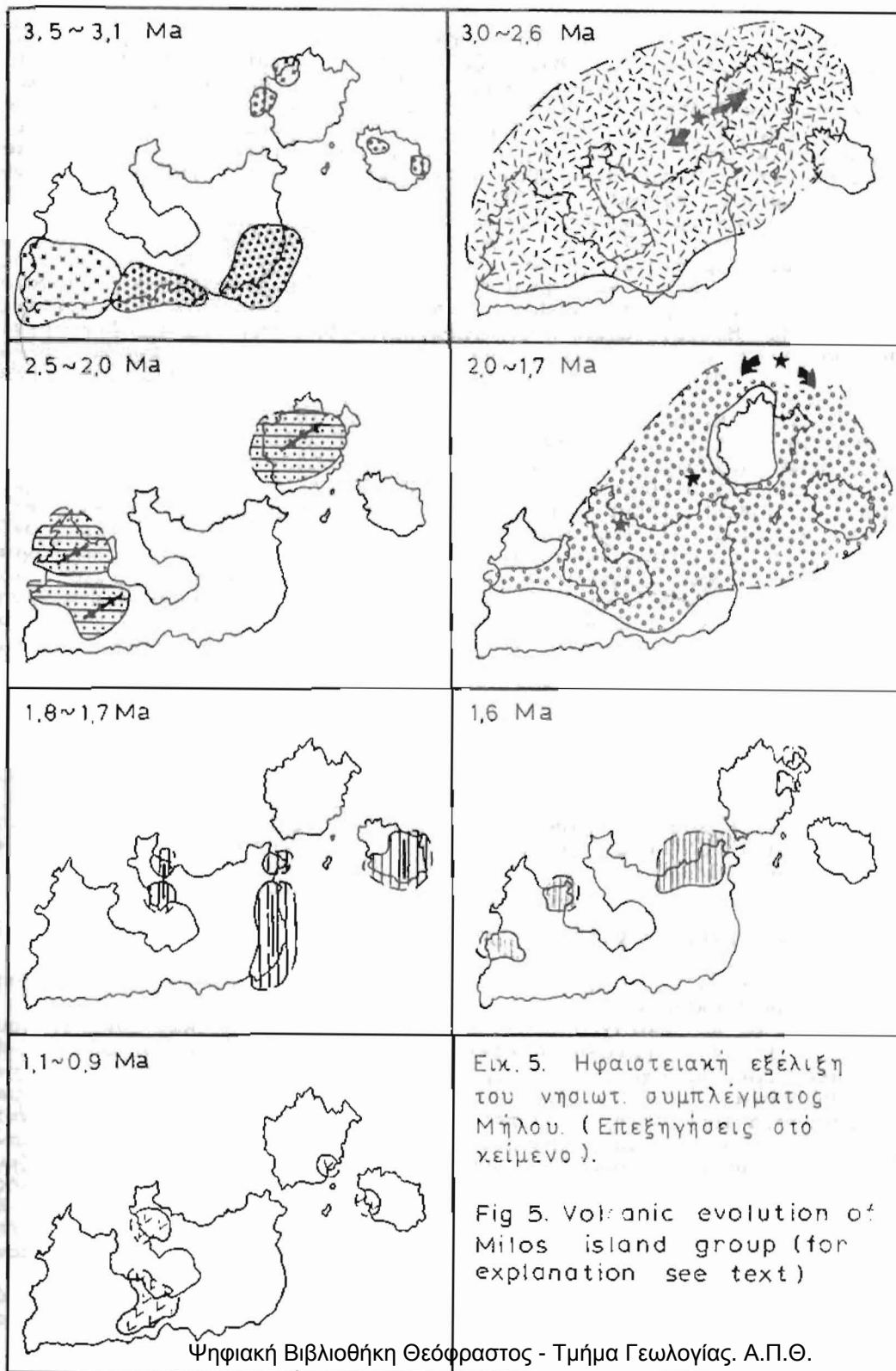
Τα στοιχεία από ραδιοχρονολογήσεις είναι πολύ ελλιπή. Υπάρχει μία ραδιοχρονολόγηση στο γρανίτη (Ferrara et al., 1978) που δίνει ηλικία 3,15 Ma και δύο ραδιοχρονολογήσεις σε λάβες (Fytikas et al., 1986). Η μία αφορά τις λάβες Γερονικόλα Κιμώλου και προσδιορίζει ηλικία 3,34 Ma, η δεύτερη τις λάβες Μεροσίνας Πολυαίγου και προσδιορίζει 2,34 Ma. Οι ηλικίες αυτές είναι σε ασυμφωνία με την ηλικία του γρανίτη που είναι αρκετά προγενέστερος. Εκτιμώνται επίσης πολύ μεγάλες συγκρίνοντας τους συγκεκριμένους ηφαιστειακούς σχηματισμούς με αντίστοιχους της Μήλου όπου υπάρχουν πληθώρα δεδομένων (Angelier et al., 1977; Bigazzi & Radi, 1981; Fytikas et al., 1976, 1986). Για το λόγο αυτό δεν τις κέρνουμε υπόψη αλλά χρησιμοποιούμε τις απόψεις των δύο μεγάλων εκρηκτικών γεγονότων (Κάστρο και Πράσσα) σαν στρωματογραφικούς όριζοντες συσχετισμού με τη Μήλο, και βασιζόμαστε στις ραδιοχρονολογήσεις των λαβών της για την ανακατάσκευη της ηφαιστειακής δραστηριότητας στην περιοχή.

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΝΗΣ. ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ ΜΗΛΟΥ

Με βάση τα προαναφερθέντα στοιχεία για την ηφαιστειακή δραστηριότητα της Κιμώλου και Πολυαίγου, τις πρόσφατες παρατηρήσεις στη νήσο Μήλο και επανεκτιμώντας τα στοιχεία των εργασιών για τη Μήλο των Φυτίκα (1977) και Fytikas et al. (1986) προτείνουμε ένα μοντέλο εξέλιξης της ηφαιστειακής δραστηριότητας στο νησιώτικο σύμπλεγμα Μήλου Κιμώλου και Πολυαίγου που φαίνεται στην εικόνα 5. Στο μοντέλο αυτό δεν έχει περιληφθεί η πιο πρόσφατη Ανω-Πλειστοκαινική δραστηριότητα της Μήλου (Τραχήλα και Φυριπλάκας) και της Αντιμήλου, γιατί δεν εμφανίζεται αντίστοιχη δραστηριότητα στην Κίμωλο και Πολύαιγο.

Διακρίνονται δύο κύκλοι ηφαιστειακής δραστηριότητας, ο πρώτος μεταξύ 3,5 και 2,0 Ma και ο δεύτερος μεταξύ 2,0 και 0,9 Ma:

Πρώτος κύκλος: Η ηφαιστειακή δραστηριότητα εκδηλώνεται στην περιοχή πριν 3,5 Ma, πάνω σε ένα μεταμορφωμένο σχιστολιθικό υπόβαθρο το οποίο κατά τύπους καλύπτεται από νεογενή ιζήματα. Τα γνωστά ηφαιστειακά κέντρα εντοπίζονται στο ΝΔ τμήμα της Μήλου όπου αποτίθενται υποθαλάσσια πυροκλαστικά και λάβες (3,5 - 3,1 Ma) και στη βορειοδυτική Κίμωλο με την εξώθηση των κατώτερων λαβών (Εικ. 5α). Μεταξύ 3,0 και 2,6 Ma μια έντονα εκρηκτική δραστηριότητα, από ένα κέντρο ευρισκόμενο μεταξύ Κιμώλου και Μήλου, αποθέτει αρκετά km^3 κίσηρης με μηχανισμούς πυροκλαστικής ροής και μεγακυματισμού. Τα προϊόντα ηφαιστειακής δραστηριότητας εντοπίζονται στην περιοχή της Κίμωλο σαν



ιγνιμβρίτης Κάστρου και στην Μήλο σαν ιγνιμβρίτης ΝΔ Μήλου (Εικ. 5b). Μεταξύ 2,6 και 2,0 Ma, εξωθητική - εκχυτική δραστηριότητα τροφοδοτούμενη από ανδεδιτική - δακτιτική σύσταση μάγματα και ακολουθώντας διόδους ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης αποθέτει αντίστοιχες λάβες σε Κίμωλο και Δ Μήλο (Πρ. Ηλία, Αγ. Παντελεήμονα, Μπουλούμπασι, Φάβας) (Εικ. 5c). Μια μεγάλη στάση στην ηφαιστειακή δραστηριότητα πιστοποιείται από τη διάβρωση των ηφαιστειών και την απόθεση των ποταμοχειμάρων σχηματισμών Κιμώλου.

Δεύτερος κύκλος: Ένα δεύτερο μεγάλο εκρηκτικό γεγονός εκδηλώνεται μεταξύ 2,0 και 1,7 Ma. Από ένα κέντρο στα βόρεια της Κιμώλου εκτοξεύονται αρκετά Km³ κίσηρης που αποτίθενται με μηχανισμούς πυροκλαστικής ροής και μεγακυματισμού, σε χερσαίο και θαλάσσιο περιβάλλον (ιγνιμβρίτης Πράσων στην Κίμωλο και Πολύαιγο, τοπίτες ανατολικής Μήλου). Παράλληλη ηφαιστειακή δραστηριότητα εκδηλώνεται σε δύο άλλα σημεία, κατά μήκος μιας τεκτονικής γραμής ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης: στην περιοχή μεταξύ Κιμώλου και Μήλου αποτίθενται τα ρεύματα κίσηρης και στην περιοχή της Πλάκας ορίζοντες κίσηρης (Εικ. 5d). Μετά την απόθεση των πυροκλαστικών, μεταξύ 1,8 και 1,7Ma, ακολουθεί εξωθητική δραστηριότητα που τροφοδοτείται από ρυολιθικά μάγματα. Οι θόλοι λάβας που οικοδομούνται διευθετούνται κατά μήκος Β-Ν διεύθυνσης τόσο στην Πολύαιγο (θόλοι Πολυαίγου) όσο και στη Μήλο (Δεμενεγάκι, Μπομπάρντα, Στρογγυλό) (Εικ. 5e). Ακολουθεί (1,6 Ma) ηφαιστειακή δραστηριότητα που τροφοδοτείται από ανδεδιτικά μάγματα. Παράγονται υδρομαγματικά πυροκλαστικά προϊόντα (δακτύλιος τόφων Γερονικόλα, πυροκλαστικά Φυλακωπής) όταν το ηφαιστειακό κέντρο εντοπίζεται σε ρηχή θάλασσα, πυρακτωμένα νέφη (Κορακίες Κιμώλου, Παναγιάς Βουνάλι και Ράχες Μήλου) όταν το επιτρέπει η μορφολογία και ρεύματα και θόλοι λάβας (λάβες Γερονικόλα Κιμώλου, Κορακιάς και Καλόγερου ΒΑ Μήλου, Μαχαιρά και Καλαμαύρου Δ Μήλου). Και εδώ είναι εμφανής η διάταξη των ηφαιστειακών κέντρων κατά μήκος της (δίας τεκτονικής γραμής, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης) (Εικ. 5f). Ο δεύτερος κύκλος κλείνει με την απόθεση μεταξύ 1,1 και 0,9 Ma των ρυολιθικών πυροκλαστικών Ψάθης Κιμώλου και Μερσίνης Πολυαίγου και την εξώθηση στη συνέχεια των ρυολιθικών οφιανικών - περλιτικών θόλων Ψάθης Κιμώλου, Μερσίνης Πολυαίγου, Χαλέπας Ν Μήλου και Πλάκας Β Μήλου (Εικ. 5g). Αυτή η ηφαιστειακή δραστηριότητα φαίνεται να επηρεάζεται από τεκτονικές γραμμές Β-Ν διεύθυνσης.

ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΚΙΜΩΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΛΥΑΙΓΟΥ

Στην Κίμωλο υπάρχουν σημαντικές σε αριθμό και ένταση επιφανειακές εκδηλώσεις θερμότητας.

Έτσι, σε 4 τουλάχιστον σημεία των βορειοδυτικών ακτών του νησιού (Εικ.4, περιοχή Αγιδόκλημα), αναβλύζουν πηγές με σημαντική μερικές φορές παροχή και θερμοκρασίες μέχρι 56°C. Επίσης στην παραθαλάσσια περιοχή των Πράσων αναβλύζουν θερμές πηγές με θερμοκρασία 46°C. Στην ίδια περιοχή, εσωτερικότερα, και μετά από εκσκαφή για εκμετάλλευση μπεντονιτικού κοιτάσματος, εμφανίσθηκαν αναβλύσεις θερμού νερού 35°C που σήμερα τροφοδοτεί και σχηματίζει μικρή λίμνη. Κοντά σε αυτή την περιοχή έγινε γεώτρηση μικρής διαμέτρου, μέσα στην οποία μετρήθηκαν 52°C στα 50m βάθους. Η γεώτρηση, κατά τις δοκιμές παραγωγής με airlift, παρήγαγε 100m³/h σε αυτή τη θερμοκρασία (χημική ανάλυση του παραχθέντος νερού στον Πιν.1).

Τέλος στην Κίμωλο έχουν γίνει και 10 περίπου γεωτρήσεις μικρού βάθους (μέχρι 40m) για τη μέτρηση της γεωθερμικής βαθμίδας. Σε δύο τουλάχιστον σημεία (Πλάκα και Φυλακωπής) η θερμοκρασία έφθασε 50°C.

Στην Πολύαιγο δεν εντοπίσθηκαν μέχρι σήμερα θερμές πηγές και δεν υπάρχουν γεωτρήσεις για μέτρηση της θερμοβαθμίδας.

Και στα δύο νησιά υπάρχουν έντονες υδροθερμικές εξαλλοιώσεις και αποθέσεις σε πολύ μεγάλη ποικιλία. Η μπεντονιτίωση εμφανίζεται στην Κίμωλο (κυρίως στην ανατολική πλευρά), ως και η καολινιτίωση, που αποτελεί σύνηθες φαινόμενο και στην Πολύαιγο. Στην τελευταία είναι πολύ διαδεδομένη η πυριτίωση, κυρίως στη νότια πλευρά. Παρατηρούνται πολύ έντονα φαινόμενα σχηματισμού και απόθεσης υδροθερμικών ορυκτών και μεταλλικών οξειδίων. Εντυπωσιακή είναι η απόθεση υδροθερμικού βαρύτη σε φλέβες, γεώδη και διάσπαρτη μορφή κυρίως στην Πολύαιγο. Αποθέσεις μαγγανίου διάσπαρτου αλλά και σε φλέβες εντοπίζεται κυρίως στην Κίμωλο.

Όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν την εντονότατη γεωθερμική ανωμαλία της περιοχής των νησιών που θέρμανε σημαντικά και κινητοποίησε τα υπόγεια ρευστά. Το φαινόμενο δημιούργησε αυτο-στεγανοποίηση (self sealing) κολλών οξίνων κυρίως ηφαιστιαίων (κύρια πυροκλαστικών). Δεν είναι σαφές εάν η υψηλή θερμοκρασία του υδροθερμικού συστήματος που δημιούργησε τις εξαλλοιώσεις και αποθέσεις στα νησιά αυτά εξακολουθεί να έχει ακόμη τόσο μεγάλη ένταση.

Όλοι οι επιφανειακοί, παλαιοί σε ηλικία, ηφαιστίτες της Κιμώλου και Πολυαίγου έχουν υδροθερμική εξαλλοίωση της φυλλιτικής ζώνης (ασβεστίτη, χαλαζία, αργιλικά, χλωρίτης, ζεδόλιθοι). Εμφανή είναι τα τεκμήρια υδροθερμικών ορυκτογενέσεων μεγάλων θερμοκρασιών του τύπου επιδοτιτών της προηλιτικής ζώνης, όπως αυτές που βρέθηκαν στα πιο πρόσφατα σε ηλικία πυροκλαστικά προϊόντα της Μεραίνης στην Πολύαιγο. Πρόσθετη γεωθερμική ανωμαλία (θερμική ροή) δημιούργησε και εξακολουθεί να έχει ακόμα επίδραση η γρανιτική διεσδυση, η ύπαρξη της οποίας επιβεβαιώθηκε στην Κίμωλο.

Πίνακας 1. ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΘΕΡΜΩΝ ΝΕΡΩΝ ΚΙΜΩΛΟΥ (σε mg/l)

Table 1. CHEMICAL ANALYSIS OF KIMOLOS THERMAL WATERS (in mg/l)

Αρ. Σημείο	pH	Αγωγιμ. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	$\Sigma.\text{D.A.}$	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	B	NH_4	SiO_2
1. Πηγή	7.2	55000	36254	1074	1255	10465	430	101	19077	3826	0.6	0.01	25
2. "	7.4	56000	38284	1074	1235	11270	469	100	20602	3497	6.7	0.01	29
3. "	7.4	55000	38240	1042	1245	11270	469	98	20460	3620	6.2	0.01	29
4. "	7.3	54000	36267	962	1235	10580	469	118	19468	3408	6.1	0.01	20
5. "	7.6	56000	39087	1042	1284	11500	508	107	20957	3653	7.1	0.01	28
6. Γεώτρηση	7.2	55300	37567	1092	1312	10833	429	102	20235	3528	4.4	0.00	32
7. Θάλασσα	-	-	39683	478	1480	12029	586	164	21914	3027	5.0	-	-

Η χημική σύσταση των θερμών πηγών της Κιμώλου και του νερού της γεώτρησης στα Πράσσα (Πιν.1) έχουν μια απίστευτη ομοιότητα παρά το ότι βρίσκονται σε διαμετρικά αντίθετα σημεία του νησιού. Πρόκειται για νερά πλούσια σε άλατα, πολύ κοντά στη σύσταση της θάλασσας, με διαφοροποίηση (αύξηση) κυρίως στην περιεκτικότητα σε ιόντα Ca^{++} και HCO_3^- , που σημαίνει ότι τα νερά έχουν θαλάσσια αρχική προέλευση αλλά πιθανώς θερμαίνονται και εμπλουτίζονται σε αυτά τα ιόντα μετά από υπόγεια κυκλοφορία σε ανθρακικά πετρώματα (προφανώς ιζήματα του νεογενούς).

Τα γεωχημικά θερμομέτρα από τα δείγματα νερού του Πιν. 1 που αναλύθηκαν δίνουν τις εξής τιμές θερμοκρασίας:

- α) 108 - 114 °C (γεωθερμόμετρο Na/K)
- β) 169 - 230 °C (γεωθερμόμετρο Na-K-Ca)
- γ) 64 - 78 °C (γεωθερμόμετρο SiO₂)

Δεν υπάρχουν στοιχεία που να στηρίζουν την προέλευση ή τη μερική ανάμειξη των νερών των πηγών της Κιμώλου με νερά από ταμειυτήρες υψηλής ενθαλπίας. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν στο νησί βαθύτεροι και θερμότεροι ταμειυτήρες, καλά απομονωμένοι από τους επιφανειακώτερους που εμείς προσεγγίσαμε.

Η γεωθερμική ανωμαλία στην Κίμωλο φαίνεται δεδομένη και υπάρχουν πιθανά ταμειυτήρες τουλάχιστον μέσης ενθαλπίας. Η γεωθερμική βαθμίδα στις πολύ ρηχές γεωτρήσεις της Κιμώλου δεν έδωσε αξιόλογα αποτελέσματα λόγω του μικρού βάθους, εκτός από μια τάση αύξησης πάνω από τη μέση γήινη. Εξάλλου από την πορεία των καμπυλών του χάρτη ισοβαθμίδας της γειτονικής Μήλου, φαίνεται ότι υπάρχει τάση αύξησης της βαθμίδας προς την περιοχή της ΝΔ Κιμώλου.

Η τεκτονική της Κιμώλου, όπως αναφέρθηκε στο οικείο κεφάλαιο είναι έντονη, πρόσφατη και εφελκυστικού τύπου. Οι θερμές πηγές της οφείλονται σαφώς σε συστήματα ρηγμάτων, κύρια ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, που επιτρέπουν τοπικά την άνοδο των θερμών ρευστών μέχρι την επιφάνεια, η υδροθερμική όμως στεγανοποίηση φαίνεται να εμποδίζει γενικά ένα τέτοιο φαινόμενο. Σε κάποιο μικρό ή μεγαλύτερο όμως βάθος έχουν πιθανώς εγκλωβισθεί θερμά ρευστά που δημιουργούν και συνθήκες πολύ χαμηλών αντιστάσεων στις γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις (Τσόκας, 1985; Θανάσουλας & Τσόκας, 1985).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα νησιά Κίμωλος και Πολύαιγος αποτελούνται σχεδόν ολοκληρωτικά από ηφαιστειακά προϊόντα που στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι πυροκλαστικά. Οι αποθέσεις δύο μεγάλων εκρηκτικών γεγονότων, οι ιγνιμβρίτες Κάστρου και Πράσων που καλύπτουν την ευρύτερη περιοχή του νησιώτικου συμπλέγματος Μήλου, χρησιμοποιήθηκαν σαν στρωματογραφικοί ορίζοντες συσχετισμού, με την ηφαιστειακή δραστηριότητα της Μήλου γεγονός που μας επέτρεψε την κατασκευή ενός μοντέλου εξέλιξης της ηφαιστειακής δραστηριότητας των νήσων Μήλου, Κιμώλου και Πολυαίγου στο σύνολό τους.

Η ηφαιστειακή δραστηριότητα στην περιοχή Κιμώλου και Πολυαίγου (σε αντιστοιχία με την ηφαιστειακή δραστηριότητα της Μήλου) εκδηλώνεται στο Ανώτερο Πλειόκαινο και Κατώτερο Πλειστόκαινο, μεταξύ 3,5 και 0,9 Ma. Διακρίνονται δύο κύκλοι ηφαιστειακής δραστηριότητας:

- Ο πρώτος μεταξύ 3,5 και 2,0 Ma περιλαμβάνει τις Κατώτερες λάβες, τον ιγνιμβρίτη Κάστρου και τις ανδεσιτικές - δακτιτικές λάβες της Κιμώλου.

- Ο δεύτερος, μεταξύ 2,0 και 0,9 Ma, περιλαμβάνει τον ιγνιμβρίτη Πράσων, τους θόλους της Πολυαίγου, τα ανδεσιτικά πυροκλαστικά και τις λάβες Γερονικόλα Κιμώλου, τὰ ρυολιθικά πυροκλαστικά Ψάθης και Μερσίνης και τους θόλους Ψάθης, Ξαπλοβουνιού και Μερσίνας. Αυτή είναι και η τελευταία εκδήλωση ηφαιστειακής δραστηριότητας στην περιοχή των δύο νησιών.

Η τεκτονική γραμμή ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, κατά μήκος της οποίας διατάσσονται τα ηφαιστειακά κέντρα στο νησιώτικο σύμπλεγμα Μήλου, φαίνεται να συνεχίζει να έχει ενεργό ρόλο στην περιοχή καθώς αυτήν ακολούθησαν τα μεταλλοφόρα υδροθερμικά ρευστά και κατά μήκος της διατάσσονται οι θερμές πηγές σήμερα στην Κίμωλο.

Στην Κίμωλο πιθανολογείται η ύπαρξη γεωθερμικού πεδίου με ρευστά πιθανής θερμοκρασίας μεταξύ 80 και 120°C ενώ δεν αποκλείεται η ύπαρξη υφαιστειακών βυθοσκοπήσεων (Τσόκας, 1985; Θανάσουλας & Τσόκας, 1985).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ANGELIER, J., CANTAGREL, J.M. & VILMINOT, J.C. (1977). Neotectonique cassante et volcanisme plio-quadernaire dans l'arc Egeen intern: L'Ile de Milos (Grece). Bull. Soc. Geol. Fr. 19, 119-121.
- BIGAZZI, G. & RADI, D. (1981). Datazione con le tracce di fissione per l'identificazione della provenienza dei manufatti di ossidiana. Riv. Sci. Preist. 36, 223-250.
- FRANZINI, M., MAZZUOLI, R., PRATESI, M. & SCHIAFINO, L. (1963). Ricerche mineralogiche su alcune bentoniti di Milos e Kimolos (Grecia). Atti Soc. Toscana Sci. Nat. 70, 49-59.
- FERRARA, G., FYTIKAS, F., GIULIANI, O. & MARINELLI, G. (1978). Age of the formation of the Aegean Volcanic Arc. In C. Doumas ed. "Thera and the Aegean World II", 37-41.
- FYTIKAS, M., GIULIANI, O., INNOCENTI, F., MARINELLI, G. & MAZZUOLI, R. (1976). Geochronological data on recent magmatism of the Aegean Sea. Tectonophysics 31, 29-34.
- ΦΥΤΙΚΑΣ, Μ. (1977). Γεωλογ(α και γεωθερμική έρευνα της νήσου Μήλου. Διδ. Διατρ. Αρ. Παν. Θεσσ/κης, 228σσ.
- ΦΥΤΙΚΑΣ, Μ. (1977). Γεωλογικό φύλλο χάρτη 1:25.000 νήσου Μήλου. ΙΓΜΕ.
- FYTIKAS, M., INNOCENTI, F., MANETTI, P., MAZZUOLI, R., PECCERILLO, A. & VILLARI, L. (1984). Tertiary to Quaternary evolution of the volcanism in the Aegean Region. In J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (Eds) The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Geol. Soc. London, Spec. Publ. 17, 687-699.
- FYTIKAS, M., INNOCENTI, F., KOLIOS, N., MANETTI, P., MAZZUOLI, R., POLI, G., RITA, F. & VILLARI, L. (1986). Volcanology and petrology of volcanic products from the island of Milos and neighbouring islets. J. Volc. Geoth. Res. 28, 297-317.
- ΚΑΝΑΡΗΣ, Ι.Τ. (1989). Οι ζεόλιθοι της νήσου Πολυαίγου. Εκθ. ΙΓΜΕ, 15σσ.
- ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ, Θ. & ΧΡΗΣΤΙΑΔΗΣ, Γ. (1989). Δημιουργ(α των βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων της Κιμώλου. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. 23/2, 487-498
- ΜΗΝΟΠΟΥΛΟΣ, Π.Α. (1980). Μπεντονιτικά κοιτάσματα νοτίου Κιμώλου. Ανακάλυψη ιζηματογενούς ζεολίθου τύπου κλινοπτιλόλιθου. Εκθ. ΙΓΜΕ.
- ΜΗΝΟΠΟΥΛΟΣ, Π.Α. (1981). Εκθεση έρευνας βιομηχανικών ορυκτών νήσου Πολυαίγου και Κιμώλου. Εκθ. ΙΓΜΕ, 10σσ.
- ΣΗΜΑΙΑΚΗΣ, Κ. (1985). Γεωθερμική έρευνα νησιώτικου συμπλέγματος Μήλου υπέρ ΔΕΗ. Συμπεράσματα νεοτεκτονικής μελέτης. Εκθ. ΙΓΜΕ.
- ΘΑΝΑΣΟΥΛΑΣ, Κ. & ΤΣΟΚΑΣ, Γ. (1984). Τεχνική έκθεση για την εκτέλεση μετρήσεων πεδίου βαρύτητας στη νήσο Κίμωλο. Εκθ. ΙΓΜΕ, 8σσ.
- ΘΑΝΑΣΟΥΛΑΣ, Κ. & ΤΣΟΚΑΣ, Γ. (1985). Γεωηλεκτρική μελέτη νήσου Κιμώλου. Εκθ. ΙΓΜΕ.
- ΤΣΟΚΑΣ Γ. (1985). Γεωφυσική διασκόπηση των νήσων Μήλος και Κίμωλος. Διδ. Διατρ. Αρ. Παν. Θεσσ/κης, 200σσ.

