

Πρακτικά	4ου Συνεδρίου		Μάϊος 1988
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XXIII/2	σελ. 327-344	Αθήνα 1989
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

## ΜΕΡΙΚΕΣ ΝΕΕΣ ΑΠΟΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ ΤΗΣ ΝΟΤΙΑΣ ΕΥΒΟΙΑΣ

Π. ΠΕΡΛΙΚΟΥ

### Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Γεωλογικές, πετρολογικές και γεωχημικές ενδείξεις μαζί με τα σχέδια κατανομής εμφανίσεων μαγγανίου, βασικών και πολύτιμων μετάλλων υποστηρίζουν την άποψη ότι τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Νότιας Εύβοιας ανήκουν σε μια καλά αναπτυγμένη ηφαιστειοζηματογενή σειρά. Τα ηφαιστειακά μέλη της σειράς περιλαμβάνουν θολεϊτικά μεταβασικά και ασβεσταλκαλικά μεταόξινα πετρώματα, ενώ τα ζηματογενή μέλη είναι επικλαστικά και πιθανώς ηφαιστειοκλαστικά μεταϊζημάτα. Δείκτες υδροθερμικής δραστηριότητας, καθώς και περιεκτικότητες βασικών και πολύτιμων μετάλλων σε δείγματα panning, βρέθηκαν μακριά από αλλά σε συγκρίσιμες στρωματογραφικά θέσεις με αυτές των γνωστών μεταλλικών εμφανίσεων της περιοχής Καλλιανών, αλλάζοντας έτσι τη θεώρηση του μεταλλογενετικού φαινομένου και αυξάνοντας το κοιτασματολογικό ενδιαφέρον της ευρύτερης περιοχής της Νότιας Εύβοιας.

### A B S T R A C T

Geological, petrological and geochemical evidence together with distribution patterns of manganese, base and precious metal occurrences support the hypothesis that the metamorphic rocks of S. Euboea belong to a well developed volcano-sedimentary series. The volcanic members of the series include tholeiitic meta-basaltic and calcalkaline metafelsic rocks, whereas the sedimentary members are epiclastic and probably volcanoclastic metasediments. Indices of hydrothermal activity, as well as base and precious metal contents in panning samples, have been found away from but yet in comparable stratigraphic position with the known metallic occurrences of the Kalliani area, thus changing the metallogenetic concept and increasing the exploration interest of the greater area of South Euboea.

P. PERLIKOS SOME NEW ASPECTS ON THE GEOLOGY  
AND METALLOGENY OF SOUTHERN EUBOEA

I.G.M.E., 70, Messoghion Av., 115 27, ATHENS

Η περιοχή της Νότιας Εύβοιας νότια του χωριού Αλυμφοπόταμος έχει γίνει αντικείμενο έρευνας στο παρελθόν από διάφορους ερευνητές. Η γεωλογική και κοιτασματολογική διαφοροποίηση της περιοχής από την υπόλοιπη Εύβοια καθώς και η ιστορία εκμετάλλευσης μεταλλικών και μη ορυκτών αποτέλεσαν το κίνητρο των πρώτων ερευνητών.

Από τις πρώτες γεωλογικές τραβέρσες που έγιναν στη Νότια Εύβοια έχει υπάρξει διαφωνία των διαφόρων ερευνητών για τις σχέσεις ανάμεσα στις σπουδαιότερες λιθολογικές ενότητες της περιοχής. Έτσι λεπτομερείς μελέτες που έγιναν τα τελευταία τριάντα χρόνια ορίζουν την περιοχή είτε σαν μια ομαλής εξελιχθείσα ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά (Ανδρονόπουλος 1962) είτε σαν τεκτονικά σύνθετη με διάκριση σε δύο ενότητες όπου η ενότητα Όχης είναι επωθημένη πάνω στην ενότητα Στύρων (Κατσικάτσος κ.ά. 1976, Αλεξούλη-Λειβαδίτη 1978) είτε ακόμη σαν πολυσύνθετη με την περαιτέρω διάκριση της ενότητας Όχης σε δύο σχηματισμούς Κερασιάς και Αετού σε ασυμφωνία μεταξύ τους (Θεοφιλόπουλος 1977, Αγγελόπουλος κ.ά. 1982). Η διάκριση των πετρωμάτων της περιοχής σε ενότητες και σχηματισμούς έχει γίνει κυρίως με μεταμορφικά κριτήρια και στηρίζεται στην παρουσία ή απουσία ορυκτολογικών παραγέσεων που διαφοροποιούν τη μεταμορφική ιστορία και επομένως την προέλευση των πετρωμάτων.

Η παρούσα μελέτη εξετάζει τη γεωλογία της Νότιας Εύβοιας και ιδιαίτερα το χαρακτήρα και την κατανομή των μεταμορφωμένων πετρωμάτων, την προέλευση των πρωτόλιθων και το γεωτεκτονικό τους περιβάλλον. Ακόμη εξετάζει την κατανομή των μεταλλικών συγκεντρώσεων και τη συμβολή της στην αποκάλυψη των σχέσεων ανάμεσα στις διάφορες λιθολογικές ενότητες και σχηματισμούς.

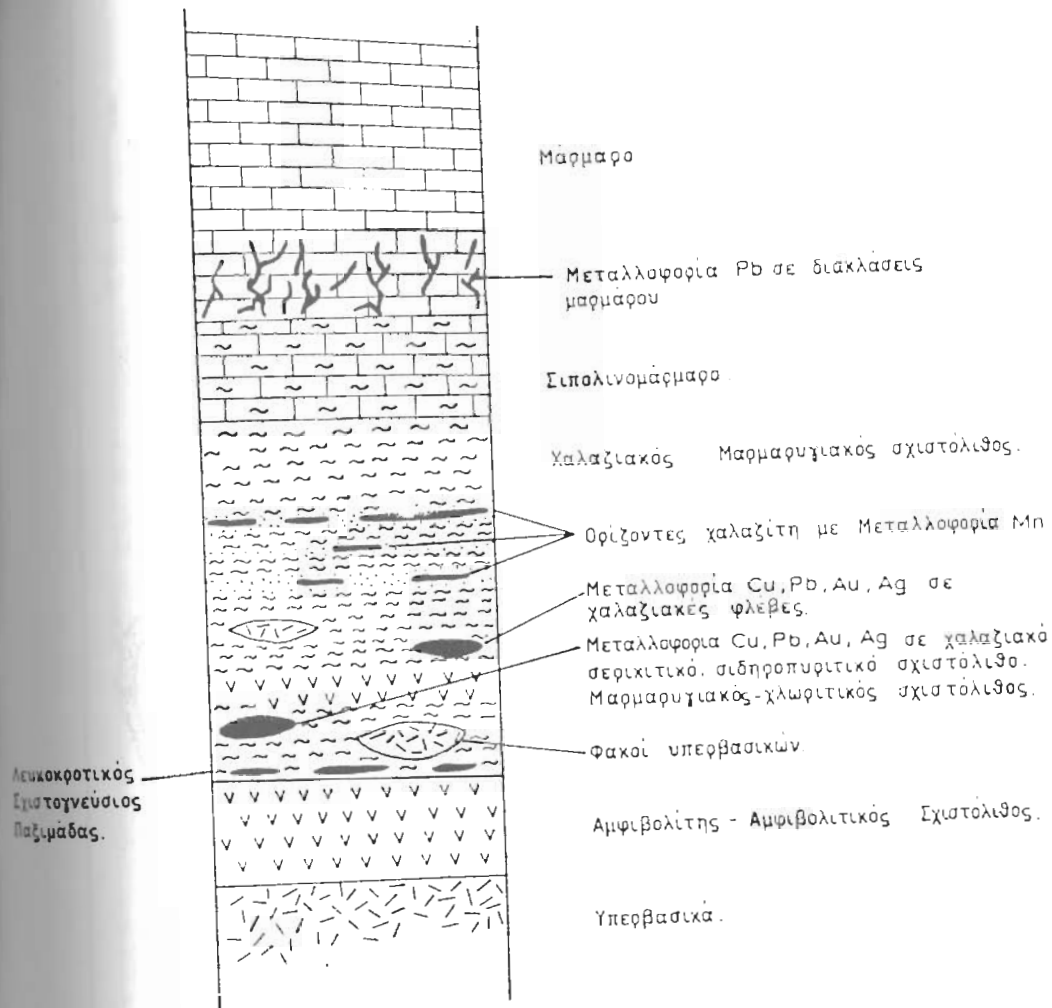
Η εργασία υπαίθρου εκτελέστηκε τα έτη 1986 και 1987 η δε εργαστηριακή επεξεργασία περιλαμβάνει χημικές αναλύσεις πετρωμάτων, που εκτελέστηκαν μερικώς από τη Δ/ση Χημείας του Ι.Γ.Μ.Ε. και μερικώς από το Εργαστήριο Γεωχρονολόγησης και Ιστοτικής Γεωλογίας του Πανεπιστημίου της Ξαρόδης, όπου επίσης εκτελέστηκαν και ιστοπικές αναλύσεις μολύβδου, καθώς και πετρογραφικές περιγραφές που εκτελέστηκαν από τη Δ/ση Ορυκτολογίας και Πετρογραφίας του Ι.Γ.Μ.Ε.

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η Νότια Εύβοια ανήκει γεωλογικώς στην Αττικοκυκλαδική Μάζα και αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα διάφορης ορυκτολογικής σύστασης, χαρακτήρα και υφής. Έτσι απαντώνται σχιστόλιθοι, σχιστογενεύσιοι, γνεύσιοι, αμφιβολίτες, σερπεντινίτες, χαλαζίτες και μάρμαρα. Οι σχιστόλιθοι είναι σχεδόν πάντοτε μαρμαρυγικοί και ο χαλαζιακός-μοσχοβιτικός σχιστόλιθος αποτελεί το συνηθέστερο τύπο ενώ απαντώνται και ο ασβεστομιγής, ο χλωριτικός και ο γλαυκοφανιτικός τύπος. Οι αμφιβολίτες περιέχουν διάφορες ποικιλίες πράσινου αμφίβολου καθώς επίσης και Ναούχο αμφίβολο ενώ είναι σχεδόν πάντοτε χλωριτωμένοι. Οι σερπεντινίτες έχουν ως κύριο συστατικό τους τον σερπεντίνη και είναι χλωριτωμένοι. Οι χαλαζίτες περιέχουν δευτερογενή ορυκτά χλωρίτη, μοσχοβίτη ενώ είναι συνηθείς και λεπτοταινίες σιδηροπυρίτη-αιματίτη. Τα μάρμαρα είναι ασβεστίτικα και κοντά στις επαφές τους με άλλους πετρολογικούς τύπους αναπτύσσονται σιπολινικοί οριζόντες.

Οι σερπεντινίτες και άλλα μεταβασιικά πετρώματα εμφανίζονται στο νοτιότατο μέρος της περιοχής και αποτελούν το κατώτερα μέλη της σειράς (Σχ. 1, 2, 3). Υπερβασιικά πετρώματα εμφανίζονται και στα ενδότερα της περιοχής είτε διατηρώντας τη στρωματογραφική τους θέση, είτε σαν φακοί μέσα στους υπερκείμενους σχιστόλιθους. Οι αμφιβολίτες υπέρκεινται αυτών των πετρωμάτων και σε ορισμένες περιπτώσεις η επαφή τους είναι μεταβατική. Το πάχος τους κυμαίνεται από εκατό μέτρα περίπου στο νότιο τμήμα της περιοχής μέχρι λίγες δεκάδες μέτρα στο κεντρικό και βόρειο τμήμα. Ενστρώσεις αμφιβολιτικών οριζόντων εμφανίζονται και στον υπερκείμενο σχιστόλιθο.

Ο χαλαζιακός μαρμαρυγικός σχιστόλιθος και οι παραλλαγές του υπέρκεινται των αμφιβολιτών με κανονική επαφή. Το πάχος του είναι μεγαλύτερο στο νότιο τμήμα της περιοχής, περίπου τετρακόσια μέτρα, από ότι στο κεντρικό και βόρειο τμήμα όπου είναι μερικές δεκάδες μέτρα. Ο λευκοκρατικός σχιστογενεύσιος παζιμάδας.



Σχ. 1. Σχηματική Στρωματογραφική κολώνα ενοποιημένη για όλη την Περιοχή της Νότιας Εύβοιας.



ται μόνο στο δυτικό μέρος της περιοχής, από το Ακ. Παξιμάδα μέχρι το Λυκόρεμα και σε ορισμένες περιπτώσεις μέχρι τον Πάνω Κάμπο, είτε σαν υποπαράλληλες με τη σχιστότητα ενστρώσεις μέσα στο σχιστόλιθο, είτε σαν φλέβες που τέμνουν τον αμφιβολιτή και το σχιστόλιθο, είτε σαν σωροί που υπέρκεινται του αμφιβολιτή και του σχιστόλιθου.

Στο ανώτερο τμήμα του χαλαζιακού-μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου και κυρίως νοτιο-νοτιοδυτικής της Όχης αναπτύσσονται και τρεις οριζόντιες μαγγανιούχου χαλαζιτή πάχους λίγων μέτρων που εκτείνονται προς βορρά μέχρι το χωριό Φρύγανα και μέχρι τον Πάνω Κάμπο.

Τα μάρμαρα υπέρκεινται σε συμφωνία του χαλαζιακού μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου με τον οποίο σε ορισμένα σημεία στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της περιοχής βρίσκονται σε σχέση οδοντώσεως. Το πάχος τους είναι μεγαλύτερο στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της περιοχής όπου ανέρχεται σε 800 μέτρα περίπου, ενώ στο νότιο τμήμα είναι από μερικές δεκάδες μέτρα έως και μηδενικό. Η διαφοροποίηση αυτή του πάχους αποδίδεται τόσο στις πρωτογενείς συνθήκες απόθεσης όσο και σε δευτερογενή αίτια που οφείλονται στην τεκτονική. Ακόμη στο βόρειο τμήμα της περιοχής η καθαρότητα αυτών των πετρωμάτων είναι μεγαλύτερη σχετικά με το κεντρικό και νότιο τμήμα όπου σε ορισμένες περιπτώσεις και κοντά στην επαφή με τον υποκείμενο σχιστόλιθο εξελίσσονται σε σιπολινομάρμαρα και σιπολίτες.

Κατά τους Bayay-Romain Bayay (1980) που εκτέλεσαν Ar 40/39 ραδιοχρονολογήσεις σε γλαυκοφανή και φεγγίτη από τα πετρώματα της περιοχής, υπάρχουν τρεις φάσεις μεταμόρφωσης Υ.Π./Χ.Θ. ως εξής : Η πρώτη φάση ηλικίας 70 έως 120 my, η δεύτερη φάση 45 έως 55 my, και η τρίτη φάση 30 έως 35 my. Κατά τους Κατσικάτσος κ.ά. (1984) οι τρεις αυτές φάσεις συμπίπτουν με τις απ'αυτούς περιγραφείσες τρεις γενεές πτυχωσιγενών τεκτονικών φάσεων (Κατσικάτσος κ.ά. 1976).

Κατά τους Schliestedt et al (1987) οι οποίοι μελέτησαν τα μεταμορφικά φαινόμενα και το μαγματισμό σε όλες τις Κυκλάδες, υπάρχουν τρεις περιόδους ως εξής: (1) Ηωκαινική (40-45 my) υψηλής πίεσης μεταμόρφωση. Οι εκτιμώμενες πιέσεις ανέρχονται σε 15 Kbars που αντιστοιχούν σε βάθη 50 km που είναι συνθήκες όμοιες με αυτές που παρατηρούνται σε άλλες ζώνες σύγκρουσης Αλπικού τύπου. (2) Μεσοκαινική (20-25 my) μέσης πίεσης μεταμόρφωση και (3) Πλουτωνισμός. Αυτού οι ερευνητές αμφισβητούν τις αναφερόμενες ως παλαιότερες μεταμορφικές φάσεις που στηρίζονται σε αναλύσεις Ar 40/39 σε γλαυκοφανή και τις αποδίδουν σε αναλυτικό σφάλμα που οφείλεται στην περίσσεια αργού σε ορυκτά χαμηλής περιεκτικότητας σε K (Altherr et al, 1979). Έτσι υποστηρίζουν ότι η υψηλής πίεσης μεταμόρφωση του Ηωκαινικού γεγονότος (60-110 my) δεν παρατηρείται πουθενά στην Αιττιόκυκλαδική Μάζα.

Όλα τα πετρώματα έχουν παραγενέσεις χαρακτηριστικές της κατώτερης έως μέσης πρασινοσχιστολιθικής φάσης δηλ. χαλαζίας+αλιβίτης+μοσχοβίτης+χλωρίτης+λιθότης+πράσινοσ αμφίβολος+επίδοτος, ενώ σ'όλα με εξαίρεση ορισμένων τύπων σχιστόλιθου υπάρχουν ενδείξεις μιας προϋπάρχουσας μεταμόρφωσης υψηλών πιέσεων/χαμηλών θερμοκρασιών καθώς και μιας τελευταίας ανάδρομης. Χαρακτηριστική είναι η παραγένεση γλαυκοφανής+κλινοπυρόξενος+φεγγίτης (πιθανός) καθώς και το φαινόμενο της μετατροπής του γλαυκοφανούς σε πράσινο αμφίβολο και αυτού σε χλωρίτη (Καραντάση-Μαυρίδου 1988). Πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι η παραγένεση γλαυκοφανούς+λαβωνίτη έχει αναφερθεί από πολλούς ερευνητές ότι είναι παρούσα σε όλη την περιοχή στους σχιστόλιθους, γνεύσιους, αμφιβολίτες και άλλα μεταβατικά πετρώματα (Θεοφιλόπουλος 1977, Αλεξούλη-Λειβαδίτη 1978). Ακόμη κατά τον Θεοφιλόπουλο (1977) φαίνεται να υπάρχει διαφοροποίηση της μεταμορφικής ιστορίας ανάμεσα σε ορισμένες λιθολογικές μονάδες και τα πετρώματα νοτίως της περιοχής Καλλιανών που τα ονομάζει "σχηματισμός Κερασιάς-Όχης" έχουν μεταμορφωθεί στη χαμηλή βαθμίδα της πρασινοσχιστολιθικής φάσης αλλά σε υψηλότερες πιέσεις, όπως δείχνει η παρουσία γλαυκοφανούς, από τα πετρώματα της περιοχής Καλλιανών που ανήκουν στην υποκείμενη "ενότητα Στύρων". Έτσι θεωρεί ότι ο "σχηματισμός Κερασιάς-Όχης" είναι αλλόχθονος και έχει επωθηθεί πάνω στην "ενότητα Στύρων".

Η ρηξιγενής τεκτονική αντιπροσωπεύεται από τρία συστήματα ρηγμάτων κατά ηλικία ως εξής : διεύθυνση ΒΔ και κλίση ΒΑ, διεύθυνση ΒΑ και κλίση από κατακόρυφη έως ΒΔ, και διεύθυνση Α-Δ και κλίση κατακόρυφη έως βόρεια. Εξ αυτών το ΒΔ διεύθυνσης σύστημα προκάλεσε καταπτώσεις τεμαχίων (block faulting) με την προέλευση

την οποία να έχουν καταπέσει σε σχέση με αυτά προς νότο. Έτσι στο κεντρικό και βόρειο μέρος της μελετηθείσας περιοχής η στρωματογραφική κολώνα έχει διατηρηθεί σε μεγαλύτερο πάχος από ότι στο νότιο μέρος όπου η έκθεση στη διάβρωση έχει μειώσει κατά πολύ το παρατηρούμενο πάχος των ανώτερων μελών της σειράς. Εκφράσεις τέτοιων ρηγμάτων είναι οι χαράδρες Δημοσιάρη και Αγ. Δημήτρη και ο Πάνω Κάμπος του Ικμαριού που πιθανώς είναι επουλωμένο ρήγμα. Ακόμη είναι πιθανό η σημερινή μορφή της Νότιας Εύβοιας και Άνδρου να οφείλεται σ'αυτήν την τεκτονική, και συγκεκριμένα η επανενεργοποίηση ρηγμάτων ΒΔ διεύθυνσης να προκάλεσε την εκ νέου κατάπτωση του μεταξύ Ν. Εύβοιας και Άνδρου περιοχής και τη δημιουργία ενός συστήματος HORST και GRABEN.

Η πτυχωσιγενής τεκτονική εκφράζεται με τρία συστήματα πτυχών διευθύνσεων αξόνων Β-Η έως ΒΔ και ΒΑ (Katsikatsos et al, 1976). Μικροπτυχές παρατηρήθηκαν μόνο στο ΒΑ διεύθυνσης ενώ και τα τρία συστήματα εμφανίζουν μεσοπτυχές. Ιδιαίτερα, ανοιχτές πτυχές με διεύθυνση άξονα ΒΑ και μήκους κύματος μερικών δεκάδων μέτρων είναι υπεύθυνες για την εμφάνιση των υπερβασιικών πετρωμάτων στο νοτιότατο μέρος της περιοχής φαινομενικά στρωματογραφικά υψηλότερα του χαλαζιακού μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου. Μεγαπτυχές παρατηρούνται στο σύστημα ΒΑ διεύθυνσης και ο Ανδρονόουλος (1962) χαρακτήρισε την περιοχή σαν ένα μεγάλο αντίκλινο με την κορυφή του κατά μήκος της χαράδρας Δημοσιάρη. Κατά τους Κατσικάτσος κ.ά. (1984) οι πτυχές με άξονες Β-Η έως ΒΔ είναι προ-Ανω Κρητιδικής ηλικίας και αντιστοιχούν στην πρώτη φάση μεταμόρφωσης Υ.Π./Χ.Θ., ενώ τα άλλα δύο συστήματα αντιστοιχούν στη δεύτερη φάση Υ.Π./Χ.Θ. του Κατώτερου έως Μέσου Ηωκαινίου όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ακόμη θεωρούν ότι κατά τη διάρκεια της δημιουργίας του συστήματος πτυχών με διεύθυνση άξονα ΒΔ έλαβε χώρα η επώθηση του συστήματος πτυχών με άξονα ΒΑ έλαβε τα Αλυροποτάμους, ενώ κατά τη δημιουργία του συστήματος πτυχών με άξονα ΒΑ έλαβε χώρα η επώθηση της Πελαγονικής Ζώνης πάνω στις μεταμορφωμένες ενότητες της Νότιας Εύβοιας.

Πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι το τεκτονικό στυλ όλων των λιθολογικών ενότητων στη μελετηθείσα περιοχή είναι το ίδιο ενώ δεν παρατηρήθηκαν ενδείξεις τεκτονικής ασυνέχειας, όπως επωθήσεις, ασυμφωνίες κ.λ.π., που να δικαιολογούν το χαρακτηρισμό ορισμένων ενότητων σαν αλλόχθονων. Όμως στη βόρεια πλευρά της Όχης καθώς και στον Πάνω Κάμπο του Μαρμαριού εντοπίστηκε μια ζώνη SHEARING στον χαλαζιακό μαρμαρυγιακό σχιστόλιθο με έντονη μικροπτυχωση και φυλλοκλίση του πετρώματος. Η ζώνη αυτή εκτείνεται παράλληλα με το μεγάλο ρήγμα του Δημοσιάρη και το πιθανό του Πάνω Κάμπου. Έτσι κρίνεται ότι αποτελεί μια ζώνη τεκτονικής καταπόνησης σύγκρουσης με το φαινόμενο της δημιουργίας του συστήματος ρηγμάτων ΒΑ διεύθυνσης και πιθανότατα οφειλομένης στο ίδιο τεκτονικό γεγονός.

Χημικές αναλύσεις για κύρια στοιχεία και για ορισμένα ιχνοστοιχεία (Πίν. 1) χρησίμευσαν αφενός μεν στο διαχωρισμό ορθο- και παρα-πετρωμάτων σε συνδυασμό με τη μικροσκοπική παρατήρηση, και αφετέρου στον προσδιορισμό του τύπου και των γεωχημικών περιβάλλοντος γένεσής τους.

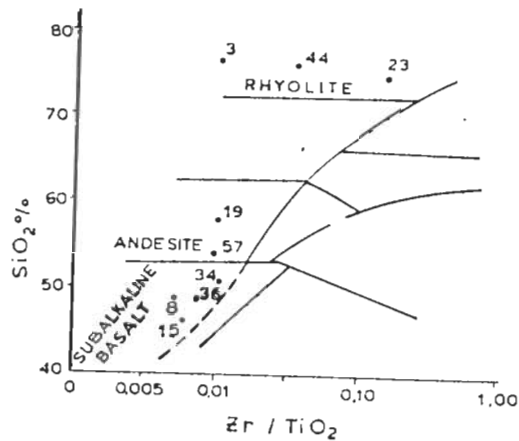
Για το διαχωρισμό ορθο- και παρα-πετρωμάτων χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα κύριων στοιχείων (Prabhu-Webber 1984) και ιχνοστοιχείων (Winchester-Max 1982, Pearce 1983)

Από τα δείγματα σχιστόλιθων, σχιστογενέσιων και αμφιβολιτών που μελετήθηκαν κανένα δεν προβάλλεται με συνέπεια για την προέλευση σε όλα τα διαγράμματα. Έτσι εκτιμήθηκε ότι πρέπει να χαρακτηρισθούν σαν ζηματογενή ή ηφαιστειογενή δείγματα πετρωμάτων που προβάλλονται σε όσο το δυνατόν περισσότερα διαγράμματα στα ανάλογα πεδία

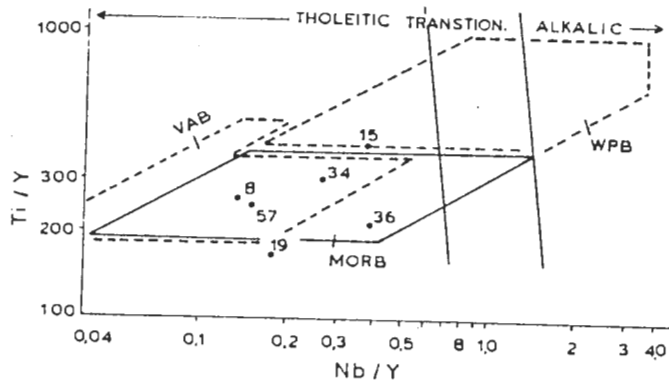
Για την κατάταξη αυτή ελήφθησαν υπόψη και οι πετρογραφικές περιγραφές των δειγμάτων (Καραντάση-Μαυρίδου 1988).

Οι προβολές των ορθοπετρωμάτων στα σχετικά διαγράμματα δείχνουν ότι τα δείγματα του λευκοκρατικού σχιστογενεοειδούς αντιπροσωπεύουν πετρώματα ρυολιθικής σύστασης ενώ όλα τα υπόλοιπα είναι πετρώματα βασικής έως ενδιάμεσης σύστασης (Σχ. 6, 7).

Η κατάταξη αυτή των ορθοπετρωμάτων είναι σε πλήρη συμφωνία με τα πετρογραφικά δεδομένα (Καραντάση-Μαυρίδου 1988). Από την προβολή των δειγμάτων ορθοπετρωμάτων σε διαγράμματα ιχνοστοιχείων (Σχ. 8, 9) και ακολουθώντας τον κανόνα της σχετικής συχνότητας, έντεκα χαρακτηρίστηκαν ως θολεΐτες. Ακόμη έξι δείγματα δεν

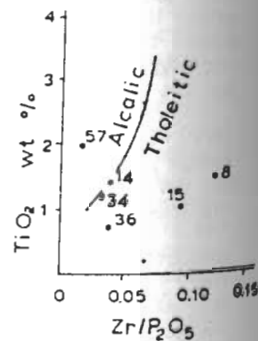


Σχ. 5 Διάγραμμα ταξινόμησης ηφαιστειακών πετρωμάτων.  
Classification diagram of volcanic rocks After Winchester and Floyd (1977)



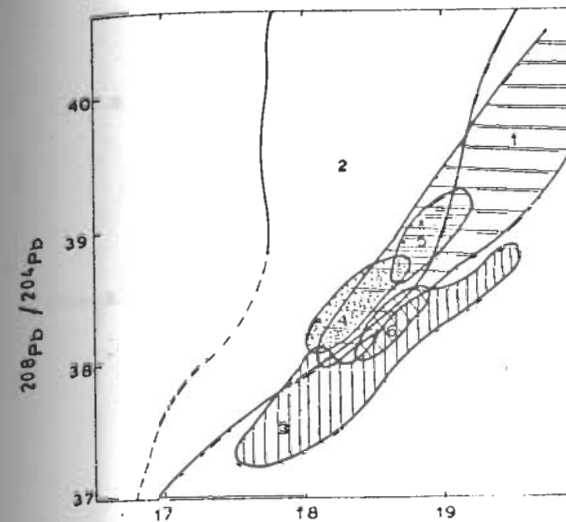
Σχ. 6 Διάγραμμα υποδιαίρεσης βασαλτών σε θολειτικούς, μεταβατικούς και αλκαλικούς. Από Pearce (1983).

Diagram subdivising basalts into tholeiitic, transitional and alkalic. After Pearce (1983)

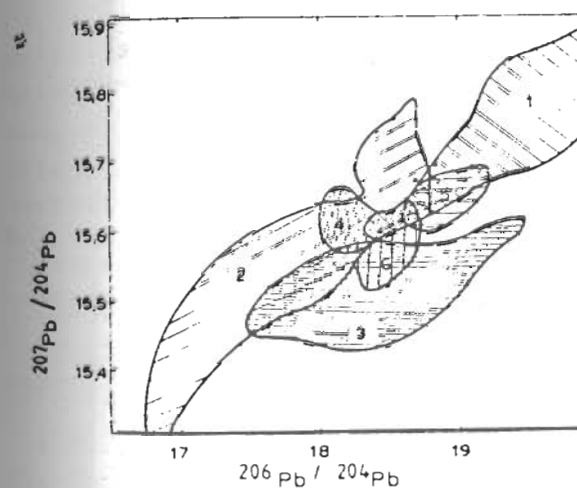


Σχ. 7 Διάγραμμα υποδιαίρεσης βασαλτών σε θολειτικό και αλκαλικό τύπο μάγματος.

Από Winchester and Floyd (1976).  
Diagram subdividing basalts into tholeiitic or alkalic magma types. After Winchester and Floyd (1976)

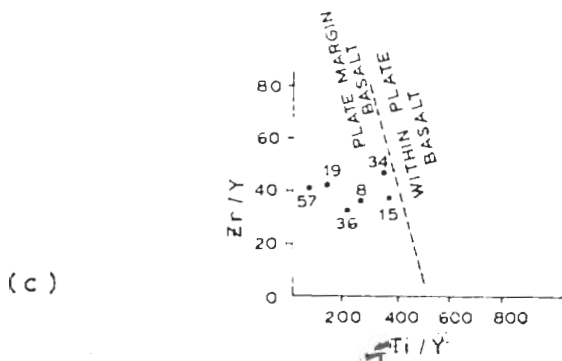
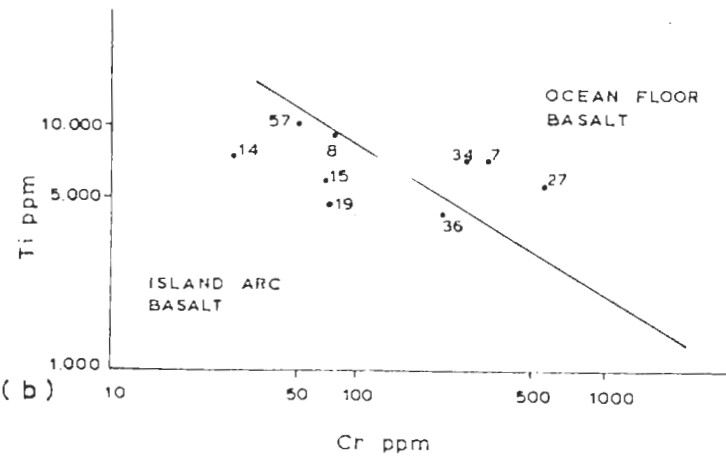
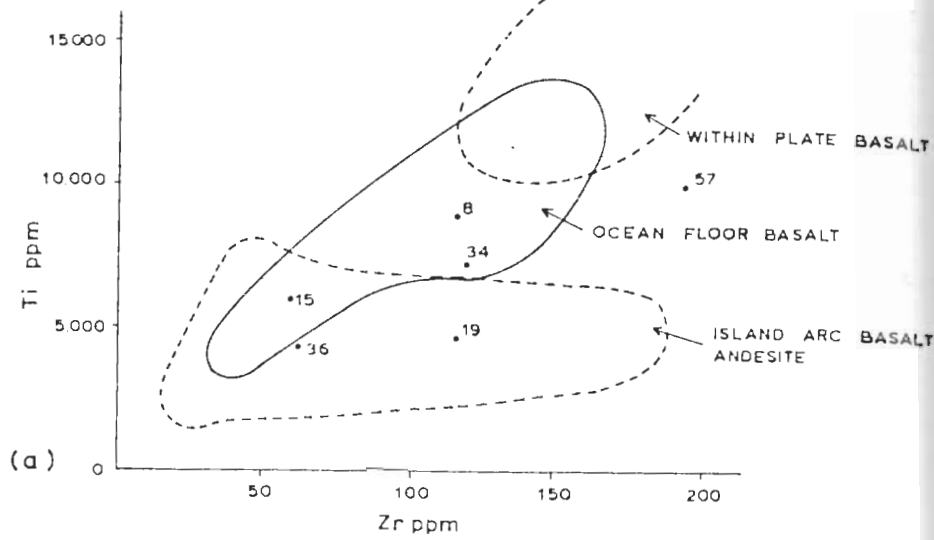


1. Non cratonised crust.
2. Cratonised crust.
3. Oceanic volcanics.
4. Mature arc.
5. Pelagic sediments.
6. Primitive arc.



Σχ. 8 Διάγραμμα διακόμισης γεωτεκτονικού περιβάλλοντος δημιουργίας μολυβδού

Diagrams indicating the geotectonic environment of generation of lead. After Doe and Zartmann (1979)



Σχ 9. Διαγράμματα ενδεικτικά του γεωτεκτονικού περιβάλλοντος των ορυκτοπετρωμάτων

Diagrams indicating tectonic setting of igneous rocks  
 a) After Pearce and Gale (1977)  
 b) After Pearce (1975)  
 c) After Winchester and Max (1982)

Sample No.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Σ	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	Σ
1	52.0	0.8	15.5	12.5	0.1	10.0	1.0	0.1	0.1	0.0	82.1	52.0	0.8	15.5	12.5	10.0	1.0	0.1	0.1	0.0	82.1	
2	51.0	0.7	15.0	12.0	0.1	9.5	0.9	0.1	0.1	0.0	80.4	51.0	0.7	15.0	12.0	9.5	0.9	0.1	0.1	0.0	80.4	
3	50.0	0.6	14.5	11.5	0.1	9.0	0.8	0.1	0.1	0.0	78.7	50.0	0.6	14.5	11.5	9.0	0.8	0.1	0.1	0.0	78.7	
4	49.0	0.5	14.0	11.0	0.1	8.5	0.7	0.1	0.1	0.0	77.0	49.0	0.5	14.0	11.0	8.5	0.7	0.1	0.1	0.0	77.0	
5	48.0	0.4	13.5	10.5	0.1	8.0	0.6	0.1	0.1	0.0	75.3	48.0	0.4	13.5	10.5	8.0	0.6	0.1	0.1	0.0	75.3	
6	47.0	0.3	13.0	10.0	0.1	7.5	0.5	0.1	0.1	0.0	73.6	47.0	0.3	13.0	10.0	7.5	0.5	0.1	0.1	0.0	73.6	
7	46.0	0.2	12.5	9.5	0.1	7.0	0.4	0.1	0.1	0.0	71.9	46.0	0.2	12.5	9.5	7.0	0.4	0.1	0.1	0.0	71.9	
8	45.0	0.1	12.0	9.0	0.1	6.5	0.3	0.1	0.1	0.0	70.2	45.0	0.1	12.0	9.0	6.5	0.3	0.1	0.1	0.0	70.2	
9	44.0	0.0	11.5	8.5	0.1	6.0	0.2	0.1	0.1	0.0	68.5	44.0	0.0	11.5	8.5	6.0	0.2	0.1	0.1	0.0	68.5	
10	43.0	0.0	11.0	8.0	0.1	5.5	0.1	0.1	0.1	0.0	66.8	43.0	0.0	11.0	8.0	5.5	0.1	0.1	0.1	0.0	66.8	
11	42.0	0.0	10.5	7.5	0.1	5.0	0.0	0.1	0.1	0.0	65.1	42.0	0.0	10.5	7.5	5.0	0.0	0.1	0.1	0.0	65.1	
12	41.0	0.0	10.0	7.0	0.1	4.5	0.0	0.1	0.1	0.0	63.4	41.0	0.0	10.0	7.0	4.5	0.0	0.1	0.1	0.0	63.4	
13	40.0	0.0	9.5	6.5	0.1	4.0	0.0	0.1	0.1	0.0	61.7	40.0	0.0	9.5	6.5	4.0	0.0	0.1	0.1	0.0	61.7	
14	39.0	0.0	9.0	6.0	0.1	3.5	0.0	0.1	0.1	0.0	60.0	39.0	0.0	9.0	6.0	3.5	0.0	0.1	0.1	0.0	60.0	
15	38.0	0.0	8.5	5.5	0.1	3.0	0.0	0.1	0.1	0.0	58.3	38.0	0.0	8.5	5.5	3.0	0.0	0.1	0.1	0.0	58.3	
16	37.0	0.0	8.0	5.0	0.1	2.5	0.0	0.1	0.1	0.0	56.6	37.0	0.0	8.0	5.0	2.5	0.0	0.1	0.1	0.0	56.6	
17	36.0	0.0	7.5	4.5	0.1	2.0	0.0	0.1	0.1	0.0	54.9	36.0	0.0	7.5	4.5	2.0	0.0	0.1	0.1	0.0	54.9	
18	35.0	0.0	7.0	4.0	0.1	1.5	0.0	0.1	0.1	0.0	53.2	35.0	0.0	7.0	4.0	1.5	0.0	0.1	0.1	0.0	53.2	
19	34.0	0.0	6.5	3.5	0.1	1.0	0.0	0.1	0.1	0.0	51.5	34.0	0.0	6.5	3.5	1.0	0.0	0.1	0.1	0.0	51.5	
20	33.0	0.0	6.0	3.0	0.1	0.5	0.0	0.1	0.1	0.0	49.8	33.0	0.0	6.0	3.0	0.5	0.0	0.1	0.1	0.0	49.8	
21	32.0	0.0	5.5	2.5	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	48.1	32.0	0.0	5.5	2.5	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	48.1	
22	31.0	0.0	5.0	2.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	46.4	31.0	0.0	5.0	2.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	46.4	
23	30.0	0.0	4.5	1.5	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	44.7	30.0	0.0	4.5	1.5	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	44.7	
24	29.0	0.0	4.0	1.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	43.0	29.0	0.0	4.0	1.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	43.0	
25	28.0	0.0	3.5	0.5	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	41.3	28.0	0.0	3.5	0.5	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	41.3	
26	27.0	0.0	3.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	39.6	27.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	39.6	
27	26.0	0.0	2.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	37.9	26.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	37.9	
28	25.0	0.0	2.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	36.2	25.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	36.2	
29	24.0	0.0	1.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	34.5	24.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	34.5	
30	23.0	0.0	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	32.8	23.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	32.8	
31	22.0	0.0	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	31.1	22.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	31.1	
32	21.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	29.4	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	29.4	
33	20.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	27.7	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	27.7	
34	19.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	26.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	26.0	
35	18.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	24.3	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	24.3	
36	17.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	22.6	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	22.6	
37	16.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	20.9	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	20.9	
38	15.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	19.2	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	19.2	
39	14.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	17.5	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	17.5	
40	13.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	15.8	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	15.8	
41	12.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	14.1	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	14.1	
42	11.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	12.4	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	12.4	
43	10.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	10.7	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	10.7	
44	9.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	9.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	9.0	
45	8.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	7.3	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	7.3	
46	7.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	5.6	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	5.6	
47	6.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	3.9	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	3.9	
48	5.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	2.2	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	2.2	
49	4.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.5	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.5	
50	3.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	
51	2.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	
52	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	
53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	
54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	
55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	
56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	
57	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	
58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	
59	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	
60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	

δείχνουν κάποια σημαντική διαφοροποίηση στη συχνότητα προβολής τους με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η κατάταξή τους ως θολειτικής ή ασβεσταλκαλικής πρόελευσης. Από τα δείγματα που χαρακτηρίζονται ως ασβεσταλκαλικής πρόελευσης όλα πλην ενός ανήκουν στο ρυόλιθο της περιοχής Παξιμάδας ενώ όλα τα υπόλοιπα που χαρακτηρίζονται ως θολειτικά είναι μεταβατικά έως ενδιάμεσης σύστασης πετρώματα.

Από τα δεδομένα υπαίθρου, τις γεωχημικές εκτιμήσεις και τα μικροσκοπικά δεδομένα όπως αναπτύχθηκαν παραπάνω, φαίνεται ότι τα πετρώματα της περιοχής αποτελούν μια ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά. Οι σερπεντινίτες και όσοι από τους αμφιβολίτες και σχιστόλιθους χαρακτηρίζονται σαν ορθοπετρώματα αποτελούν τα εκρηξιγενή μέλη, ενώ τα μάρμαρα, οι χαλαζίτες και όσοι από τους σχιστόλιθους και αμφιβολίτες χαρακτηρίζονται σαν παραπετρώματα αποτελούν τα ιζηματογενή μέλη της σειράς.

#### ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Οι κυριότερες μεταλλικές εμφανίσεις στην περιοχή της Νότιας Εύβοιας είναι αυτές των θειούχων βασικών μετάλλων με χρυσό και άργυρο στην περιοχή Καλλισιών, και οι εμφανίσεις μαγγνίου που απαντώνται στην περιοχή της Καρύστου, Βόρεια κοντά στο χωριό Στουπαίοι, και ανατολικά στην παραλία του Αγ. Δημήτρη.

Οι εμφανίσεις των θειούχων βασικών μετάλλων διακρίνονται ανάλογα με τη μορφή τους σε τρεις ομάδες (Θεοφιλόπουλος 1976, 1977) ως εξής: Η πρώτη ομάδα είναι χαλαζιακοί-σερικιτικοί-σιδηροπυριτικοί σχιστόλιθοι με χαλκοπυρίτη και λιγότερο γαληνίτη και μικρές περιεκτικότητες σε άργυρο και χρυσό. Η δεύτερη ομάδα είναι χαλαζιακές φλέβες και φακοί με σιδηροπυρίτη, χαλκοπυρίτη και γαληνίτη και περιεκτικότητες σε άργυρο και χρυσό. Η τρίτη ομάδα είναι διάσπαρτη μεταλλοφορία ή πληρούσα διακλάσεις και ρήγματα μαρμάρου με γαληνίτη, χαλκοπυρίτη και λειμωνίτη.

Οι σχιστόλιθοι της πρώτης ομάδας είναι σύμφωνοι ορίζοντες μέσα στο χαλαζιακό-μοσχοβιτικό-χλωριτικό σχιστόλιθο που αποτελεί το κατώτερο στρωματογραφικά τμήμα του χαλαζιακού-μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου στην περιοχή. Το πάχος των οριζόντων αυτών κυμαίνεται από μερικά εκατοστά μέχρι μερικά μέτρα και εκτείνονται σε μήκος μερικών εκατοντάδων μέτρων και η μεταλλοφορία είναι διάσπαρτη από μερικούς κόκκους έως και συσσωματώματα που φθάνουν το 20% κατά όγκο (Θεοφιλόπουλος 1977). Σαν ενδεικτικές περιεκτικότητες αναφέρονται Cu 2,1%, Pb 0,36%, Ag 19 ppm, Au 2,7 ppm (Θεοφιλόπουλος 1976, 1977).

Οι χαλαζιακοί φακοί και φλέβες αναπτύσσονται μέσα στο χαλαζιακό-μαρμαρυγιακό σχιστόλιθο και βρίσκονται στρωματογραφικά υψηλότερα από τους σχιστόλιθους της πρώτης ομάδας. Η γενική διεύθυνση των χαλαζιακών φλεβών είναι προς ΒΔ και η κλίση τους 40°-60° ΒΑ. Το πάχος τους κυμαίνεται από μερικά εκατοστά μέχρι τρία μέτρα ενώ οι αποσφηνώσεις και οι απότομες διακοπές είναι πολύ συχνές. Σαν ενδεικτικές περιεκτικότητες αναφέρονται Cu 0,4-1%, Pb 1,5-2%, Ag 20 ppm, Au 2,6 ppm ενώ κατά θέσεις εμφανίζονται τιμές αρκετά μεγαλύτερες (Αγγελόπουλος κ.ά. 1982).

Οι εμφανίσεις της τρίτης ομάδας βρίσκονται μέσα σε μάρμαρα και σιπολίτες και είναι στρωματογραφικά υψηλότερα από τις εμφανίσεις της δεύτερης ομάδας. Η μέση της συμμετοχής του χαλαζία, η σχεδόν ολοκληρωτική έλλειψη του σιδηροπυρίτη και η αύξηση του ασβεστίτη είναι χαρακτηριστικά αυτών των εμφανίσεων. Ο γαληνίτης είναι αυξημένος σε σχέση με το χαλκοπυρίτη ενώ είναι πάντοτε παρών ο λειμωνίτης. Σαν συνοδά ορυκτά είναι ο αγκριτίτης και ο σιδερίτης ενώ άλλα δευτερογενή ορυκτά του χαλκού όπως αζουρίτης και μαλαχίτης απαντώνται σε πολύ μικρά ποσοστά.

Διαφορετικές απόψεις τη γένεση των μεταλλικών εμφανίσεων της περιοχής Καλλισιών έχουν εκφραστεί κατά καιρούς από διάφορους ερευνητές που εργάστηκαν στην περιοχή. Έτσι οι Μορίνος-Petruscheck (1954) τις χαρακτηρίζουν σαν υδροθεμική πρόελευση, και η Αλεξούλη-Λειβαδίτη (1978) δεχόμενη αυτή την άποψη συμπληρώνει ότι οι εμφανίσεις οφείλονται σε αποψύσεις που εκπορεύονται από κάποιο μητρικό μαγματικό σώμα. Αντίθετα οι Βακόντιος-Θεοφιλόπουλος (1978) και Αγγελόπουλος κ.ά. (1982) θεωρούν ότι η συγκέντρωση μεταλλικών συστατικών πιθανώς να οφείλεται σε μετακίνησή τους κατά τη μεταμόρφωση. Τα κύρια επιχειρήματα για την απόρριψη της εκ μάγματος υδροθεμικής πρόελευσης των εμφανίσεων κατά τους παραπάνω ερευνη-

τές είναι η ομοιότητα των παραγενέσεων των εμφανίσεων και των τριών ομάδων, η αποσπασία μεταλλοφορίας σε ανθρακικούς ορίζοντες στο κατώτερο τμήμα του χαλαζιακού-μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου και η έλλειψη φαινομένων διέλευσης μεταλλοφόρων θερμών διαλυμάτων, η μεγάλη οριζόντια εξάπλωση των εμφανίσεων της πρώτης ομάδας, και οι αυξημένες τιμές background σε χρυσό των σχιστόλιθων 0.1-0.2 ppm σε σχέση με τη μέση περιεκτικότητα των πρασινοσχιστόλιθων που είναι 1-5 ppb (Crockett J., 1974). Κατά τους Αγγελόπουλο κ.ά. (1982) τα μεταλλικά συστατικά είναι συνιζηματογενούς πρόελευσης και ο χρυσός μπορεί να προέρχεται από πετρώματα υψηλότερων φάσεων μεταμόρφωσης και να μετανάστευσε στα πετρώματα της πρασινοσχιστολιθικής φάσης με μορφή χλωριδίων ή θειικών αλάτων.

Δεν είναι στους στόχους αυτής της εργασίας να επιχειρηματολογήσει για τη γένεση των μεταλλικών εμφανίσεων της περιοχής. Όμως ορισμένα χαρακτηριστικά της μεταλλοφορίας και ιδιαίτερα η διαφοροποίηση στη μορφή των τριών ομάδων, η μεταλλική παραγένεση, η λιθολογία των φιλοξενούντων πετρωμάτων και η σχετική στρωματογραφική σειρά δείχνουν ότι πιθανώς το μεταλλογενετικό φαινόμενο υπήρξε σύνθετο και πολυφασικό. Είναι πιθανό οι μεταλλοφορούντες χαλαζιακοί-σερικιτικοί-σιδηροπυριτικοί σχιστόλιθοι να είναι πρωτογενή προϊόντα υδροθεμικής δραστηριότητας στον πυθμένα υποθαλάσσιας λεκάνης όπου έλαβε χώρα έκχυση ηφαιστειακών πετρωμάτων ενώ ταυτόχρονα ελάμβανε χώρα χημική και κλαστική ιζηματογένεση. Η υπόθεση αυτή εξηγεί την πρόελευση των μεταλλικών συστατικών από τα υποκείμενα ηφαιστειακά πετρώματα με τη διαδικασία του ξεπλύματος (leaching) και η μεταφορά τους από τα κυκλοφορούντα υδροθεμικά διαλύματα, τη στρωματογραφική τους θέση και τη συμφάνια τους με τα κατώτερα μέλη της σειράς σε συνδυασμό με την ορυκτολογική παραγένεση δηλ. κυρίως χαλκού και χρυσού. Ακόμη η παρουσία οριζόντων χημικού χαλαζίτη (chert) στα κατώτερα τμήματα του χαλαζιακού-μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου είναι ένδειξη της υδροθεμικής δραστηριότητας. Οι εμφανίσεις της δεύτερης και τρίτης ομάδας είναι πιθανώς αποτέλεσμα δευτερογενών διαδικασιών κατά τη μεταμόρφωση και της μετακίνησης των ορυκτών τόσο δια της πλευρικής έκκρισης όσο και δια της καταστώσεως πορωγενών μεταλλοφορούντων οριζόντων.

Η έλλειψη φαινομένων παραμόρφωσης, π.χ. πτύκωσης, των χαλαζιακών φλεβών δείχνει ότι είναι μεταγενέστερες των παραμορφωτικών και μεταμορφικών φάσεων της περιοχής ή το περισσότερο σύγχρονες της τελευταίας φάσης στην οποία πιθανώς να οφείλουν τη γένεσή τους.

Όπως φαίνεται από ισοτοπικές αναλύσεις μολύβδου από δείγματα χαλαζιακών φλεβών της δεύτερης ομάδας μεταλλοφορίας (Σχ. 14), ο χαρακτήρας του μετάλλου είναι ορυγενετικός με συμβολή από τον ανώτερο φλοιό σε περιβάλλον αρχέγονου ώριμου τόξου. Ακόμη δεν φαίνεται να έχει ηφαιστειακό χαρακτήρα ενώ αντίθετα οι τιμές του προβάλλονται κοντά ή και μέσα στο ιζηματογενές πεδίο. Η ηλικία των μολύβδου όπως φαίνεται από τη σύγκριση των λόγων των ισοτόπων του είναι περίπου 70 m.y. και συμπέπει με την κύρια αλπική ορογενετική φάση. Μέσες τιμές χημικών αναλύσεων των τεσσάρων δειγμάτων (Au 610 ppb, Ag 637 ppm, Sb 318 ppm, As 26 ppm, Cu 32 ppm) δείχνουν ότι τα μεταλλοφόρα διαλύματα έχουν ξεπλύσει υποκείμενους σχηματισμούς και έχουν όμοια χαρακτηριστικά με τις χαλαζιακές φλέβες Σερπίθου και Σάμου. Κατά τον Παπασάβου (1983) και σύμφωνα με τα παρόμοια αναφερόμενα η φλεβικού τύπου μεταλλοφορία των Καλλισιών είναι νεώτερη του κρυσταλλικού υποβάθρου οφείλεται σε διαλυτοποίηση και μεταφορά μετάλλων από βαθύτερους σχηματισμούς και οφείλεται με ορογενετικό γεγονός ίσως νεώτερο των 25 m.y.

Ορίζοντες-δείκτες υδροθεμικής δραστηριότητας υπάρχουν και εκτός περιοχής Καλλισιών. Έτσι επί του δημοσίου δρόμου κοντά στο χωριό ΑΝτία υπάρχει χαλαζιακό-σερικιτικό-σιδηροπυριτικό ορίζοντας πάχους μισού μέτρου και μήκους εκατομέτρων που συνοδεύεται από οριζόντια χημικού χαλαζίτη (chert) πάχους λίγων εκατοστών και εκτεταμένη ζώνη εξαλλοίωσης. Σύμφωνα με χημικές αναλύσεις δειγμάτων από αυτή την εμφάνιση δεν διαπιστώθηκε η ύπαρξη χρυσού με όριο ανίχνευσης 1 ppm. Ακόμη χαλαζιακοί-σερικιτικοί-σιδηροπυριτικοί ορίζοντες έχουν εντοπισθεί μεταξύ του Ακ. Μπούρος και Ακ. Μαντήλι καθώς και βόρεια της Όχης στις πηγές του ποταμού Δημοσίση. Χημικές αναλύσεις από αυτές τις εμφανίσεις δεν έχουν ολοκληρωθεί και τα αποτελέσματά τους δεν αναφέρονται σε αυτή την εργασία.

Όσον αφορά τις παρατηρούμενες εξαλλοιώσεις των μεταλλοφορούντων οριζόντων και μερικές φορές των περιβαλλόντων πετρωμάτων θεωρούνται ως πολύ πρόσφατα

φαινόμενα που δεν συνδέονται με το μεταλλογενετικό φαινόμενο. Έτσι στην περιοχή Καλλιανών η σερικιτιώση ήδη μεταλλοφορούντων οριζόντων είναι πιθανό να οφείλεται σε εξαλλοίωση ορυκτών όπως π.χ. χλωρίτη κατά την τελευταία μεταμορφική φάση. Το ίδιο μπορεί να συμβαίνει και με την εκτεταμένη ζώνη κοαλινιτιώσης στην περιοχή Αντιών η οποία δεν περιέχει όχι μόνο χρυσό ή βασικά μέταλλα αλλά ούτε και σιδηροπυρίτη.

Σε αντίθεση με τη μεταλλοφορία βασικών και πολύτιμων μετάλλων που βρίσκεται στα κατώτερα στρωματογραφικά μέλη της ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς, οι εμφανίσεις μαγγανίου βρίσκονται στα ανώτερα τμήματά της. Επίσης ενώ τα βασικά και πολύτιμα μέταλλα περιορίζονται σε περιοχή κοντά στο υποθετικό ηφαιστειακό κέντρο, τα μαγγάνια απαντώνται και προς βορρά σε αποστάσεις αρκετών χιλιομέτρων. Έτσι παρατηρείται μια κατακόρυφη και πλευρική ζώνωση στην κατανομή των μετάλλων που είναι τυπική των ηφαιστειοϊζηματογενών σειρών που φιλοξενούν εμφανίσεις υδροθερμικής προέλευσης.

Οι εμφανίσεις μαγγανίου διακρίνονται σε δύο ομάδες ανάλογα με το πέτρωμα ξενιστή ως εξής: η πρώτη ομάδα βρίσκεται μέσα σε χαλαζίτη ενώ η δεύτερη σε χαλαζιακό-μαρμαρυγιακό σχιστόλιθο. Οι εμφανίσεις της πρώτης ομάδας απαντώνται σε τρεις διαφορετικούς χαλαζιτικούς ορίζοντες που βρίσκονται στο μεσαίο και ανώτερο τμήμα του χαλαζιακού-μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου (Σχ. 1). Οι ορίζοντες αυτοί αν και διακοπτόμενοι εκτείνονται από βόρεια του χωριού Αετός μέχρι το χωριό Φρύγανα και του Πάνω Κάμπου. Οι εμφανίσεις της δεύτερης ομάδας απαντώνται σε διάφορες θέσεις τόσο βόρεια του χωριού Αετός όσο και στη χαράδρα Αγ. Δημήτρη και ακόμη βορειότερα στο χωριό Στουπαίοι. Οι εμφανίσεις των δύο ομάδων είναι πιθανώς στρωματογραφικά ισοδύναμες όπως φαίνεται από τις γεωτεχνικές εμφανίσεις βόρεια του χωριού Αετός, στις θέσεις Παναγιά και Τσιφτιλίκι.

Η μεταλλοφορία της πρώτης ομάδας αποτελείται από ζώνες μήκους μερικών εκατοντάδων μέτρων με διάσπαρτη μεταλλοφορία μαγγανίου μέσα στο χαλαζίτη. Οι ζώνες αυτές είναι παράλληλες με τις επαφές του χαλαζίτη με τα περιβάλλοντα πετρώματα και δίνουν την εντύπωση στρωμάτων. Μέσα στις ζώνες αυτές υπάρχουν φακοειδείς συγκεντρώσεις βραουνίτη, χαουσμανίτη, πυρολουσίτη και ολανδίτη (Ανδρονόπουλος 1962). Οι εμφανίσεις της δεύτερης ομάδας είναι στρωματόμορφες και αποτελούνται από ταινίες μεταλλεύματος εναλλασσόμενες με στείρες.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο χαρακτήρας των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Νότιας Εύβοιας και οι μεταξύ τους σχέσεις υποδηλώνουν ότι ανήκουν σε μια ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά που έχει αναπτυχθεί σε μια υποθαλάσσια λεκάνη κοντά σε ηπειρωτικό περιθώριο. Τα υπερβασικά πετρώματα που αποτελούν τα κατώτερα στρωματογραφικά μέλη της σειράς είναι πιθανόν να αντιπροσωπεύουν εκχύσεις μέσα σε μια λεκάνη ιζηματογένεσης που προήλθαν από τη δημιουργία κάποιου RIFT. Κατά τους Bayay-Romain Bayay (1980) τα πετρώματα αυτά αποτελούν τμήμα ωκεάνιου φλοιού που επωθήθηκαν τεκτονικά πάνω σε ηπειρωτικό περιθώριο. Το κύριο επιχείρημα για μια τέτοια προέλευση είναι ο ολισθοστρωματικός χαρακτήρας και η χαοτική δομή τους. Όμως υπάρχουν και τμήματα των σερπεντινιτών, τόσο στη βάση της στρωματογραφικής κολώνας όσο και σαν ωακόι μέσα στο σχιστόλιθο, που δεν δείχνουν σημάδια τεκτονικής καταπόνησης και μεταφοράς. Ακόμη έχει παρατηρηθεί ότι σε ορισμένες τουλάχιστον περιπτώσεις η επαφή σερπεντινιτών με τους υπερκείμενους αμφιβολιίτες είναι μεταβατική. Αυτό έχει παρατηρηθεί και από τον Ανδρονόπουλο (1962).

Η διαφοροποίηση του πάχους των αμφιβολιιτών, του χαλαζιακού μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου και των μαρμάρων, οφείλεται αφενός μεν στην τεκτονική κατάπτωση (block faulting) των προς βορρά τεμαχίων και έτσι τη διατήρησή τους και αφετέρου στις πρωτογενείς συνθήκες απόθεσης. Αυτό δείχνει ότι το ηφαιστειακό κέντρο τοποθετείται στο νότιο μέρος της περιοχής ενώ το βόρειο μέρος γεωτεχνικά με ήπειρο.

Η διαφοροποίηση των ορθοπετρωμάτων σε βασάλτο-ανδεσιτικά και ρουλιθικά υποδηλώνει ότι η ηφαιστειότητα είχε δυαδικό χαρακτήρα (bimodal). Το ζήτημα εάν τα δύο μέλη ανήκουν στον ίδιο κύκλο ηφαιστειότητας ή όχι δεν έχει διευκρινισθεί. Οι σχέσεις στο ύπαιθρο ανάμεσα στα δύο μέλη δείχνουν ότι ο ρυθλιθος είναι μεταγενέστερος των βασικών πετρωμάτων ενώ άλλοτε υπόκειται, άλλοτε υπερέχει και άλλοτε

τέμνει τη σχιστότητα του χαλαζιακού μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου.

Η πολύπλοκη μεταμορφική ιστορία της περιοχής δεν επιτρέπει την μικροσκοπική εξακρίβωση υφών και ιστών χαρακτηριστικών διαφοροποίησης των κλαστικών ιζημάτων. Δεν είναι δυνατόν λοιπόν να διαχωριστούν τα μεταϊζηματογενή πετρώματα σε ηφαιστειοκλαστικά και επικλαστικά, ούτε να βεβαιωθεί ο πυροκλαστικός χαρακτήρας ορισμένων απ' αυτά. Επομένως δεν είναι γνωστό εάν τα εκρηξιγενή πετρώματα αποτελούν εκχύσεις ή αποτελούν προϊόντα εκρηκτικής ηφαιστειότητας.

Είναι όμως γνωστό ότι πυροκλαστικά προϊόντα εκρηκτικής ηφαιστειότητας και βασάλτο-ανδεσιτών νησιωτικών τόξων, από πολλές περιοχές που τέτοιες σειρές είναι βεβαιωμένες, είναι σπάνια (Baker, 1982). Είναι λοιπόν πιθανό ότι πυροκλαστικά πετρώματα ούδέποτε δημιουργήθηκαν στην περιοχή και η έκχυση των εκρηξιγενών πετρωμάτων ήταν ήρεμη.

Είναι επίσης αξιοπρόσεκτο το γεγονός ότι η μεταλλική παραγένεση των εμφανίσεων, με εξαίρεση την απουσία ψευδαργύρου, είναι αυτή που εμφανίζεται στα ηφαιστειογενή κοιτάσματα πολυμεταλλικού τύπου (Kuroko type) δηλ. Zn-Pb-Cu (Ag-Au). Το γεωτεκτονικό περιβάλλον αυτών των κοιτασμάτων είναι ηφαιστειακό τόξο έως πίσω τόξο (back arc) (Hutchinson 1980). Η απουσία ψευδαργύρου στη Νότια Εύβοια μπορεί να οφείλεται είτε σε τοπικά αίτια που έχουν να κάνουν με την πολύπλοκη μεταμορφική ιστορία της περιοχής, είτε στην μη αποκάλυψη στην περιοχή τυπικής συμπαγούς μεταλλοφορίας, είτε ακόμη σε πρωτογενή αίτια όπως επηρεασμός από γειτνιάζον περιβάλλον ωκεάνιου φλοιού.

Εάν λοιπόν τα δύο μέλη ανήκουν στον ίδιο κύκλο ηφαιστειότητας τότε η παρουσία του ρυθλιθου στο Ακ. Παξιμάδα δείχνει μία μετακίνηση του ηφαιστειακού κέντρου προς ΒΔ. Επειδή ο όγκος των ρουλιθικών πετρωμάτων που παρατηρείται είναι πολύ μικρός σε σχέση με τα βασικά μέλη είναι πιθανό ο κύριος όγκος τους να βρίσκεται ακόμη μακρύτερα προς ΒΔ στο θαλάσσιο χώρο μεταξύ Η. Εύβοιας και Αττικής.

Όσον αφορά την κατανομή των μεταλλικών συγκεντρώσεων η παρουσία χρυσού εκτός της περιοχής Καλλιανών, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας rapping (Σχ. 2), δείχνει ότι οι υποτιθέμενες, κατά προηγούμενους ερευνητές, ενότητες έχουν τις ίδιες μεταλλικές εμφανίσεις. Αυτό υποστηρίζεται ακόμη και από τις εμφανίσεις χαλαζιακού-σερικιτιτικού-σιδηροπυριτιτικού σχιστόλιθου και των άλλων δεικτών υδροθερμικής δράσης, π.χ. chert, παρόλο ότι δεν ανιχνεύθηκε χρυσός, όπως στην περιοχή Αντιάς. Ακόμη υποστηρικτικό στοιχείο για αυτήν την ομοιότητα είναι η κατανομή των εμφανίσεων μαγγανίου και του μαγγανιούχου χαλαζίτη και στις δύο "ενότητες".

Οι ομοιότητες αυτές στις μεταλλικές παραγέσεις και η κατανομή τους σε ισοδύναμες στρωματογραφικά θέσεις δεν μπορεί να είναι προϊόν σύμπτωσης αλλά υποστηρίζει τον ενιαίο ηφαιστειοϊζηματογενή χαρακτήρα της περιοχής.

Η σημασία της αναγνώρισης μιας ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς στην περιοχή της Νότιας Εύβοιας είναι πολύ μεγάλη, τόσο για την αποκάλυψη της φύσης και ιστορίας εξέλιξης της Αττικοκυκλαδικής Μάζας όσο και για την εκτίμηση του κοιτασματολογικού της ενδυνάμειοτος. Ιδιαίτερα για την ευρύτερη περιοχή της Νότιας Εύβοιας μπορούν να αναζητηθούν δείκτες μεταλλοφορίας σε στρωματογραφικές θέσεις της σειράς ανάλογες με αυτές των γνωστών εμφανίσεων της περιοχής Καλλιανών, ενώ με την παλαιά θεώρηση των δύο "ενότητων" δεν μπορεί να υπάρξει τέτοια κοιτασματολογική σύγκριση και συσχέτιση.



- Απ'όσα εξετέθηκαν πιο πάνω προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :
1. Τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Νότιας Εύβοιας ανήκουν σε μια ηφαιστειο-οξυζηματογενή σειρά.
  2. Τα ηφαιστειακά μέλη της σειράς είναι σβεσταλκαλικοί μεταρυσίλιοι και θολειτικοί μεταβάσालτο-ανδεδίτες που πιθανώς ανήκουν στον ίδιο κύκλο, ορίζοντας έτσι μια δυαδική ηφαιστειότητα (bimodal).
  3. Τα οξυζηματογενή μέλη της σειράς αποτελούνται από μεταπηλίτες που επικρατούν στα χαμηλότερα μέρη της σειράς και κοντά στο ηφαιστειακό κέντρο και από ανθρακικά πετρώματα που επικρατούν μακριά από το ηφαιστειακό κέντρο και στα υψηλότερα μέρη της σειράς, υποδεικνύοντας γειτνίαση με ηπειρωτικό περιβάλλον.
  4. Η σημερινή μορφή της περιοχής οφείλεται σε ρηγιάτωση με πτώση τεμαχών (BLOCK FAULTING) διεύθυνσης ΒΑ.
  5. Δείκτες υδροθερμικής δραστηριότητας καθώς και η δευτερογενής διασπορά χρυσού δείχνουν ότι το μεταλλογενετικό φαινόμενο δεν περιορίζεται μόνο στη στενή περιοχή Καλλιανών.
  6. Η κατανομή των εμφανίσεων μαγγανίου δείχνει το στρωματογραφικό έλεγχο της μεταλλοφορίας σε ευρεία εξάπλωση σε όλη την περιοχή.
  7. Η κοινή μεταμορφική ιστορία, το όμοιο τεκτονικό στυλ και η ομοιογενής παρά τις κάποιες διαφοροποιήσεις κατανομή των πετρωμάτων σε ολόκληρη την περιοχή καθώς και η κατανομή των μεταλλικών συγκεντρώσεων και των δεικτών μεταλλοφορίας σε στρωματογραφικά συγκρίσιμες θέσεις δεν μπορούν να εξηγηθούν με τη θεωρία των δύο "τεκτονικών ενοτήτων", αλλά αντίθετα υποστηρίζουν τον ενιαίο ηφαιστειοοξυζηματογενή χαρακτήρα της περιοχής.
  8. Το γεωτεκτονικό περιβάλλον ανάπτυξης της ηφαιστειοοξυζηματογενούς σειράς δεν φαίνεται να έχει τυπικά χαρακτηριστικά. Πάντως τα λιθογενητικά, τα γεωλογικά και τα κοιτασματολογικά δεδομένα αποκλείουν τόσο το περιβάλλον ωκεάνειου φλοιού όσο και εσωτερικό ηπειρωτικής πλάκας. Αντίθετα υποστηρίζουν ένα περιβάλλον που μπορεί να αντιστοιχεί από ηπειρωτικό περιθώριο έως ηφαιστειακό τόξο.
  9. Η μεταλλογένεση τουλάχιστον της δεύτερης και τρίτης ομάδας βασικών και πολύτιμων μετάλλων της περιοχής Καλλιανών οφείλεται σε επανακινητοποίηση των μεταλλικών συστατικών από προϋπάρχουσες πρωτογενείς ορίζοντες που πιθανόν να αντιπροσωπεύονται από τους στρωματομορφούς και στρωματοπεριοριζόμενους ορίζοντες της πρώτης ομάδας.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αυτή στηρίζεται στην δημοσίευτη έκθεση του συγγραφέα με τίτλο: "Βασική Κοιτασματολογική Έρευνα στη Νότια Εύβοια". Στην έκθεση αυτή συνέβαλαν οι εξής συνάδελφοι του Ι.Γ.Μ.Ε. : Πετρογραφία : Σ. Καραντίου και Φ. Μαυρίδου, λειψματοληψία rapping : Κ. Παντούλας, επεξεργασία γεωχημικών στοιχείων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή : Σ. Παντελιάς. Τους πιο πάνω αναφερόμενους συναδέλφους ευχαριστώ πολύ για τη συμβολή τους.

Ο συντονιστής της Υ.Β.Κ.Ε. Αττικοκυκλαδικής Μάζας Σ. Παπασταύρου είχε συμμετοχή στην εργασία υπαίθρου και συνέβαλε με εποικοδομητική κριτική και υποδείξεις στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας. Επίσης η συμβολή του Καθ. Ν. Gale του Πανεπιστημίου της Ήνφρδης με τις αναλύσεις ιχνοστοιχείων και ισοτόπων μολύβδου ήταν πολύ σημαντική.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ, Α., ΒΑΚΟΝΔΙΟΣ, Ι., ΘΕΟΦΙΛΟΠΟΥΛΟΣ, Δ., ΠΑΝΤΕΚΗΣ, Ι., 1982 : 'Έρευνες' και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων στην περιοχή Καλλιανού-Η. Εύβοια. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- ΑΓΓΕΛΟΥΛΗ-ΑΛΙΒΑΛΙΤΗ, Κ., 1978 : Τα πεντά θελούχα μεταλλεύματα της περιοχής Καλλιανού, Νοτίου Ευβοίας. Διατριβή επί Διδακτορία. Αθήνα.
- ALTHERR, R., SCHLIEFSTEDT, M., OKRUSCH, M., SEIDEL, E., KREUZER, H., HANRE, W., LENTZ, H., WENDT, I. and WAGNER, J.A., 1979 : Geochronology of high pressure rocks of Sifnos (Cyclades, Greece). Contrib. Mineral. Petrol., 70, 245-255.
- ΑΝΔΡΟΠΟΥΛΟΣ, Β., 1962 : Γεωλογική κατασκευή της Νοτίου Ευβοίας. Αθήνα.
- BAKER, P.E., 1982 : Evolution and classification of orogenic volcanic rocks. In Andesites, ed. by R.S. Thorpe, p. 11-23.
- ΒΑΚΟΝΔΙΟΣ, Ι., ΘΕΟΦΙΛΟΠΟΥΛΟΣ, Δ., 1978 : Μελέτη γεωλογική και κοιτασματολογική στην περιοχή Καλλιανού, επαρχίας Καρυστίας, Νοτίου Ευβοίας. Δημοσίευτη. Ι.Γ.Μ.Ε.
- BAVAY, P., ROMAIN-BAVAY, D., 1980 : L' UNITE DE STYRA-OCHI. Un ensemble metamorphique de type schistes bleus d' age Alpin dans le Massif d' Attique-Cyclades, Eubee by sud, Grèce. Διατριβή επί Διδακτορία, Orsay, 357 p.
- BLAKE, M.C., BONNEAU, M., GEYSSANT, J., KIENAST, J.R., LEPVRIER, C., MALUSKI, H., and PAPANIKOLAOU, D., 1981 : A geological reconnaissance of the Cycladic Blueschist Belt, Greece : Geol. Soc. America Bull., 92, 247-254.
- BONNEAU, M., and KIENAST, J.R., 1982 : Subduction, collision et schistes bleus : l' exemple de l' Egée (Grèce) : Bull. Soc. Geol. France, XXIV, 4, 785-79.
- CROCKET, J., 1974 : Gold. In Handbook of Geochemistry. Ed. Wedepohl K. Springer-Verlag-Berlin.
- DOE AND ZARTMANN, 1979 : Chapter 2. Plumbotectonics I. The Phanerozoic. In : H. L. Barnes (Ed.), Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, 2<sup>nd</sup> Ed. Wiley Interscience, New York, N.Y., 22-70.
- DURR, ST., ALTHERR, R., KELLER, J., OKRUSCH, M., SEIDEL, E., 1978 : The median Aegean crystalline belt : Stratigraphy, Structure, Metamorphism, Magmatism, In : Alps. Apennines, Hellenides. 455-477.
- ΘΕΟΦΙΛΟΠΟΥΛΟΣ, Δ., 1976 : Έκθεση επί της διεξαγωγής κοιτασματολογικής αναγνώρισης της περιοχής Καλλιανού. Αδημοσίευτη. Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΘΕΟΦΙΛΟΠΟΥΛΟΣ, Δ., 1977 : Σημειωματική επί της διεξαγωγής κοιτασματολογικής αναγνώρισης της περιοχής Καλλιανού. Αδημοσίευτη. Ι.Γ.Μ.Ε.
- HUTCHINSON, R.W., 1980 : Massive base metal sulphide deposits as guides to tectonic evolution. In : The continental crust and its mineral deposits, ed. by D.W. Strangway, Geol. Ass. Can. Sp. Paper 20, 659-684.

- KAPANTAEH, Σ., ΜΑΥΡΪΔΟΥ Φ., 1968 : Ορυκτολογικός-πυρογραφικός προσδιορισμός πετρωμάτων Νότιας Εύβοιας. Στην έκθεση για βασική κοιτασματολογική έρευνα στη Ν. Εύβοια από Π. Ηερλικό. Αθήνα: Α.Π.Θ. Ι.Γ.Μ.Ε.
- KATSIKATSOS, G., 1976 : La structure tectonique de l'Attique et de l'île d'Eubée. Bull. Soc. Géol., France, 19, 75-80, Paris.
- KATSIKATSOS, G., MERCIER, K.L., VERGELY, P., 1976 : La fenêtre d'Attique-Cyclades et les fenêtres métra orphiques des Hellenides internes (Grèce). Acad. Sci. Paris, Comptes-Rendus, 283, 1613-1616.
- ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ., ΜΙΓΚΙΡΟΣ, Γ., ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ, Μ., ΜΕΤΤΟΣ, Α., 1984 : Γεωλογική δομή των εσωτερικών Ελληνίδων. Γεωλ. & Γεωφ. Μελ., Τόμ. εκτός σειράς. Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1986 : Η παλαεogeωγραφική οργάνωση των μεταμορφωμένων Ελληνίδων κατά το Ηεοκρητικό: ΙΓΜΕ, Γεωλ. και Γεωφυσ. Μελ., Τόμος εκτός σειράς, 315-328.
- PAPASTAVROU, S.E., 1988 : Metallogeny and tectonic setting interpretation of lead ores in Greece based on their isotopic composition (In preparation).
- PEARCE, J.A., 1975 : Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environments on Cyprus : Tectonophysics, 25, 41-67.
- PEARCE, J.A., 1983 : A user's guide to basalt discrimination diagrams.
- PEARCE, J.A., and CANN, J.R., 1973 : Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth Planet. Sci. Lett. 19, 290-300.
- PEARCE, J.A., and GALE, C.M., 1977 : Identification of ore-deposition environment from trace element geochemistry of associated igneous host rocks. In Volcanic Processes in Ore Genesis. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 7, 14-24.
- PRAHBU, M.K. and WEBBER, C.R., 1984 : Origin of quartzofeldspathic gneisses at Montauban-les-Mines, Quebec. Can. J. Earth Sci. 21. 336-345.
- SCHLIESEDT, N., ALTHERR, R., MATTHEWS, A., 1987 : Evolution of the Cycladic Crystalline Complex : Petrology, isotope geochemistry and geochronology. In Chemical Transport in Metasomatic Processes. ed. H.C. Helgeson, D. Reidel Publishing Company.
- WINCHESTER, J.A., FLOYD, P.A., 1976 : Geochemical magma-type discrimination : application to altered and metamorphosed basic igneous rocks. Earth planet. Sci. Lett. 28, 459-469.
- WINCHESTER, J.A., and FLOYD, D.A., 1977 : Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chem. Geol. 20, 325-343.
- WINCHESTER, J.A. and MAX, M.D., 1982 : The geochemistry and origins of the Precambrian rocks of the Rossire Complex, SE Ireland, J. Geol. Soc. Lond.