

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 18ΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 1993

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΔΕΣΠΟΤΟΠΟΥΛΟΥ

ΓΕΩΛΟΓΙΑ.— Μεταλλοφορία χρυσοῦ καὶ ἀργύρου συνδεδεμένη με̄ χαλαζιακὲς φλέβες καὶ λατυποπαγῆ μέσα σὲ ἠφαιστειακὰ πετρώματα τῆς βορείου Λέσβου, ὑπὸ *A.E. Keleperτζῆ καὶ E. Κοντῆ**, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Λουκᾶ Μουσοῦλου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἡ νῆσος Λέσβος ποῦ βρίσκεται στὴ βορειοανατολικὴ περιοχὴ τοῦ Αἰγαίου Πελάγους (Σχ. 1) καταλαμβάνεται κατὰ τὸ μεγαλύτερο μέρος ἀπὸ ἠφαιστειακὰ πετρώματα. Οἱ θερμὲς πηγὲς τῆς εἶναι ἐπιφανειακὲς ἐκδηλώσεις τῆς πρόσφατης ἠφαιστειότητος. Ἡ θερμικὴ ροὴ εἶναι ὑπεύθυνη γιὰ ἔντονη ὑδροθερμικὴ δράση. Ἡ ὑδροθερμικὴ αὐτὴ δράση προκάλεσε ἔντονα φαινόμενα ἐξαλλοίωσης τῶν ἀνωτέρω πετρωμάτων καὶ σχηματισμὸ κοιτασμάτων καολίνη καὶ μπεντονίτη (Keleperτζis and Esson, 1987). Ἡ ὑπαρξὴ χαλαζιακῶν φλεβῶν μέσα στὰ ἠφαιστειακὰ πετρώματα συνδεδεμένων με̄ μεταλλοφορία γαληνίτη, σιδηροπυρίτη, χαλκοπυρίτη, βορονίτη, χαλκοσίνη, μαλαχίτη καὶ ἀζουρίτη εἶναι μία ἐπὶ πλέον ἐκδήλωση τῆς ὑδροθερμικῆς δράσης στὴ βόρειο Λέσβο καὶ συγκεκριμένα στὴν περιοχὴ Μεγάλα Θερμὰ Ἀργένου (Keleperτζῆς, 1982). Ἰδιαίτερο ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἐπίσης ἡ μεταλλοφορία χρυσοῦ καὶ ἄλλων πολυτίμων μετάλλων ποῦ φιλοξενεῖται σ' αὐτές.

Στὰ πλαίσια τῆς παρούσας ἐργασίας καταβάλλεται προσπάθεια νὰ διερευνηθεῖ με̄ λεπτομέρεια τὸ γεωλογικὸ πλαίσιο, ἡ ὀρυκτολογία καὶ ἡ γεωχημεία τῆς μεταλλοφορίας. Ἡ γνώση αὐτῶν θὰ δώσει τὰ ἀπαραίτητα στοιχεῖα γιὰ τὴν κατανόηση τῶν διαδικασιῶν γένεσης τῆς μεταλλοφορίας.

* A. KELEPERTSIS AND E. KONTIS, *Gold and silver mineralization associated with quartz veins and breccia in the volcanic rocks of North Lesbos Island.*



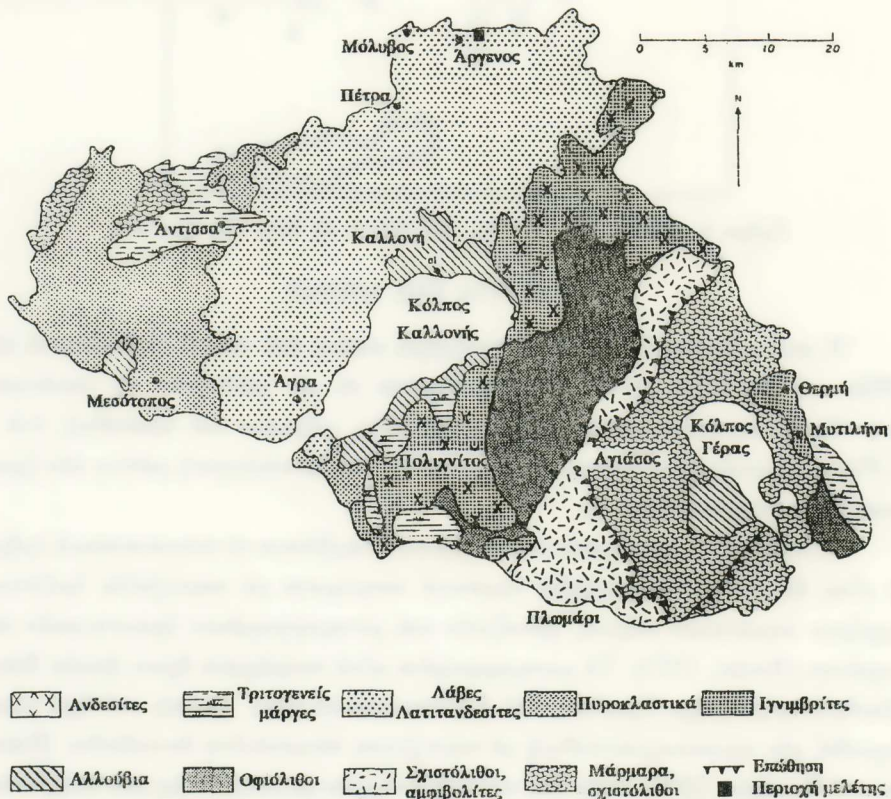
Σχήμα 1. Χάρτης της Ελλάδος που δείχνει τη θέση της Λέσβου.

Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΣΒΟΥ

Η γεωλογία της Λέσβου έχει περιγραφεί κυρίως από τους Katsikatsos et al., (1982) και Pe-Piper (1978). Οί Katsikatsos et al. μελέτησαν τη γεωλογική δομή τών παλαιότερων πετρωμάτων (σχιστόλιθοι, μάρμαρα και όφιόλιθοι), ενώ ή Pe-Piper παρουσίασε τη λεπτομερή πετρολογική και όρυκτολογική μελέτη τών ήφαιστειακών πετρωμάτων (Σχ. 2).

Τά παλαιότερα πετρώματα του νησιού καταλαμβάνουν τó νοτιοανατολικό τμήμα και είναι έλαφρά μεταμορφωμένα κλαστικά πετρώματα με παρεμβολές όριζόντων μαρμάρων σημαντικού πάχους, χαλαζιτών και μεταμορφωμένων ήφαιστειακών πετρωμάτων (Hecht, 1972). Τά μεταμορφωμένα αυτά πετρώματα έχουν ήλικία Κάτω Λιθανθρακοφόρο μέχρι Τριαδικό, ενώ ή μεταμόρφωση είναι άλπικη και έχει χαρακτηριστεί σαν πρασινοσχιστολιθική με παραγένεση πουμπελιίτη-άκτινόλιθου (Kata-gas and Panagos, 1979). Στην ίδια περιοχή υπάρχουν μεγάλες μάζες από υπερβασικά πετρώματα, δηλαδή τεμάχη από ένα όφιολιθικό σύμπλεγμα που αποτελεί τεκτονικό κάλυμμα πάνω στα Τριαδικά πετρώματα.

Τὸ ὑπόλοιπο τμήμα τοῦ νησιοῦ περιλαμβάνει σχεδὸν ἐξολοκλήρου ἡφαιστειακὰ πετρώματα καὶ ἰζήματα Καινοζωϊκῆς ἡλικίας. Τὸ Νεογενὲς περιλαμβάνει πυροκλαστικά πετρώματα, ποικίλους τύπους λαβῶν καὶ ἰζηματογενῆ πετρώματα. Στὸ κεντρικὸ μέρος τοῦ νησιοῦ ὑπάρχει μιὰ σειρά ἀπὸ ἡφαιστειακὰ κέντρα, κατανεμημένα κατὰ μῆκος μιᾶς διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ ἀπὸ τὴν Ἄγρα ἕως τὴ Σουκαμινιά. Τὰ ἡφαιστειακὰ αὐτὰ πετρώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ βασάλτες καὶ ἀνδেসίτες, οἱ ὁποῖοι εἶναι κατὰ θέσεις ἔντονα καολιτιωμένοι. Τὰ νεώτερα πετρώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀνδесίτες, δακίτες καὶ σὲ μερικὲς περιοχές, ρυόλιθους καὶ ἰγνιμβριτικὰ καλύμματα, ποὺ ἐμφανίζονται ἀνάμεσα στὰ ἡφαιστειακὰ καὶ μεταμορφωμένα πετρώματα στὴ νοτιο-ανατολικὴ περιοχή. Στὸ δυτικὸ τμήμα τοῦ νησιοῦ ἐπικρατοῦν τὰ πυροκλαστικά πετρώματα, ἐνῶ στὴν περιοχή Ἐρεσσοῦ πολυάριθμες φλέβες ἢ καὶ σωροὶ βασαλτικῆς σύστασης διαπεροῦν τοὺς σχηματισμοὺς αὐτοὺς (Pe-Piper, 1978). Ἡ παρουσία γεωθερμικῶν πηγῶν στὸν Πολιχνίτο, στὴν Ἄγρα καὶ στὴ Θερμὴ εἶναι ἔνδειξη τῆς πρόσφατης ἡφαιστειότητος στὴ Λέσβο.



Σχῆμα 2. Γεωλογικὸς χάρτης τῆς Λέσβου ὅπου φαίνεται καὶ ἡ περιοχή μελέτης (Kelepertsis and Esson, 1987).

Με βάση τη γεωλογική χαρτογράφηση του Hecht (1971-1974) και τα παλαιομαγνητικά δεδομένα της Pe-Piper (1978, 1980b), διακρίνονται οι ακόλουθες ένότητες των ήφαιστειακών πετρωμάτων από τα κάτω προς τα πάνω :

- 1) Κατώτερη μονάδα λαβών (άνδειςίτες, βασάλτες, δακίτες κατά τόπους έντονα ύδροθερμικά εξαλλοιωμένοι).
- 2) Όξινοι ήφαισίτες (πυροκλαστικά, ίγνιμβρίτες, ρυόλιθοι).
- 3) Άνωτερη μονάδα λαβών (βασάλτες, άνδειςίτες και δακίτες).
- 4) Ήφαιστειακές διεισδύσεις.

Οί Borsi et al. (1972) και Pe-Piper (1978, 1980b) χρησιμοποιώντας τις μεθόδους K/Ar και Ar³⁹, αντίστοιχα, βρήκαν ότι τα περισσότερα ήφαιστειακά πετρώματα έχουν ηλικίες ανάμεσα στα 16 και 19 εκατομμύρια χρόνια.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Πετρολογία

Σύμφωνα με τον Hecht (1971-1974) τα ήφαιστειακά πετρώματα της περιοχής Άργένου, όπου εντάσσονται και τα πετρώματα της περιοχής Μεγάλα Θέρμα, ανήκουν στην «Κατώτερη μονάδα λαβών». Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην παραπάνω περιοχή, όπως και στη Στύψη (Kelepertsis and Esson, 1987), παρατηρείται έντονη καολινιτίωση, ενώ απουσιάζουν οι ίγνιμβρίτες και τα μεγάλα πάχους στρώματα πυροκλαστικών, τα όποια αποτελούν καθοδηγητικούς στρωματογραφικούς δείκτες. Έπομένως, η ένταξη των εν λόγω πετρωμάτων στην παραπάνω μονάδα είναι προβληματική. Παρόλα αυτά, ο Hecht οδηγήθηκε σ' αυτό το συμπέρασμα, προφανώς από την παρατήρηση ότι τα συνιστώσα την «Κατώτερη μονάδα λαβών» πετρώματα παρουσιάζουν έντονη καολινιτίωση, σε αντίθεση με τα πετρώματα της «Άνωτερης μονάδας λαβών», όπου αυτή είναι αρκετά περιορισμένη. Η Pe-Piper (1978) με πετρολογική εξέταση λίγων σχετικά δειγμάτων διαπίστωσε ότι τα συγκεκριμένα πετρώματα της περιοχής αυτής δεν μοιάζουν με αυτά της «Κατώτερης μονάδας λαβών». Αντίθετα, παρουσιάζουν ομοιότητες προς τις νεώτερες λάβες.

Ειδικότερα τα ήφαιστειακά πετρώματα της περιοχής Άργένου είναι άνδειςίτες και δακίτες. Στους άνδειςίτες της μελετούμενης περιοχής οι φαινοκρύσταλλοι και οι μικροφαινοκρύσταλλοι αποτελούνται από πλαγιόκλαστα, K-αστρίους, βιοτίτες, κλινοπυρόξενους, κερροστίβη, όρθοπυρόξενους και όξειδια του σιδήρου. Η κύρια μάζα είναι ένα σκωριώδες συσσωμάτωμα άστρίων, πυροξένων, όξειδίων του σιδήρου και ύελου.

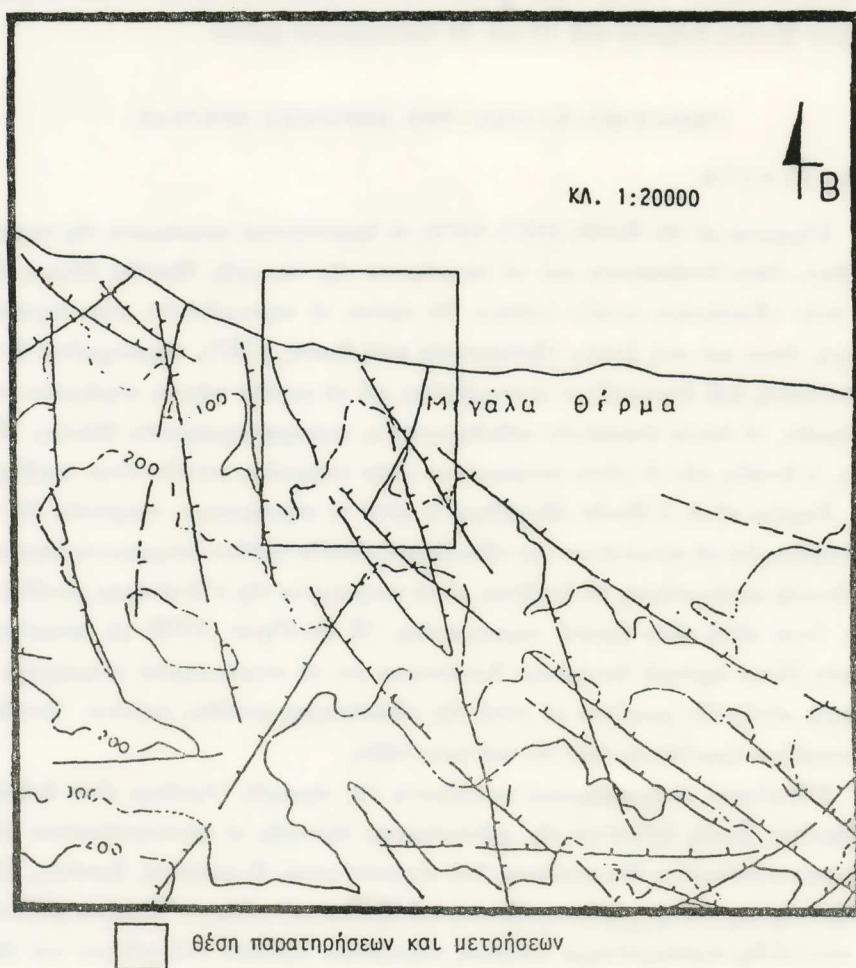
Οά πρέπει να σημειωθεί ότι στην περιοχή Μεγάλα Θέρμα ή έντονη ύδροθερμι-

κή δραστηριότητα έχει εξαφανίσει την πλειονότητα των παραπάνω όρυκτων των ξενιστών της μεταλλοφορίας.

Νεοτεκτονική

Στην ευρύτερη περιοχή της Ἀργένου ή νεοτεκτονική έρευνα (Σημιαιάκης, 1982) έδειξε ότι τὰ υπάρχοντα ρήγματα μπορούν να καταταγοῦν σὲ τρία κυρίως συστήματα με χαρακτηριστικές διευθύνσεις: Τὰ επικρατέστερα είναι ἐκεῖνα πού έχουν διεύθυνση BBA-NNΔ και ΒΔ-NA, ἐνῶ τὰ ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ είναι λιγότερα (Σχ. 3).

Τὸ σύνολο τῶν ἐπιφανειῶν τῶν ρηγμάτων καὶ τῶν διαρρήξεων πού έχουν διεύθυνση BBA-NNΔ ἀπαντῶνται με μεγαλύτερη συχνότητα. Τὰ δύο κύρια συστήματα



Σχῆμα 3. Τεκτονικός χάρτης περιοχῆς Ἀργένου.

ρηγμάτων με διευθύνσεις BBA-NNΔ και ΒΔ-ΝΑ δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια τεκτονικών κινήσεων που ανήκουν χρονολογικά στο Πλειόκαινο, ενώ επαναδραστικοποιούνται κατά το Τεταρτογενές σαν δεξιόστροφα και άριστερόστροφα ρήγματα όριζόντιας μετατόπισης αντίστοιχα.

Ο συνδυασμός των δεξιόστροφων και άριστερόστροφων ρηγμάτων που χαρακτηρίζονται από όριζόντια συνιστώσα κανονικής μετατόπισης έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία αλληλοδιαδοχικών horsts και grabens με διεύθυνση περίπου Β-Ν, ενώ συγχρόνως διευκολύνει την κυκλοφορία και την άνοδο των γεωθερμικών ρευστών μέσα σε ρωγμές που έχουν την ίδια περίπου διεύθυνση. "Αρα, η μεταλλογενετική διαδικασία στη μελετούμενη περιοχή υπόκειται μεταξύ των άλλων και σε τεκτονικό έλεγχο, αφού αυτός είναι ικανός να διαμορφώσει ένα «ύδραυλικό σύστημα» για την κίνηση των υδροθερμικών διαλυμάτων και τη μορφοποίηση της μεταλλοφορίας με την πλήρωση των παραγόμενων άσυνχειών.

ΓΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ - ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Κατά την έργασία υπαίθρου συλλέχθηκαν 53 δείγματα από έπτά χαλαζιακές φλέβες και από τὰ έξαλλοιωμένα ήφαιστειακά πετρώματα που διασχίζονται απ' αυτές. Για να έπιτευχθεί μιὰ όσο τὸ δυνατόν καλύτερη αντιπροσωπευτικότητα τῶν δειγμάτων ως πρὸς τις χαλαζιακές φλέβες, ἀκολουθήθηκε μιὰ εἰδική δειγματοληπτική τεχνική, γνωστή σαν δειγματοληψία «αὐλακος». Δηλαδή, ἡ συλλογή τῶν δειγμάτων ἔγινε κατὰ τέτοιο τρόπο, ἔτσι ὥστε τελικὰ να ληφθοῦν δείγματα ἀπὸ κάθε φλέβα σὲ τομὲς κάθετες στὴ διεύθυνσή της, καλύπτοντας κατὰ αὐτὸ τὸν τρόπο ὅλο τὸ πάχος της (Πίνακας 1). Θὰ πρέπει να σημειωθεί ὅτι ἡ δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε ἀκολουθώντας ἕνα συγκεκριμένο προσανατολισμό, δηλαδή με παρατήρηση πρὸς νότο.

Για να γίνει ἀπλούστερη και πιὸ ἀποδοτική ἡ ὀνοματολογία τῶν δειγμάτων, σὲ κάθε χαλαζιακή φλέβα δόθηκε ὡς ὄνομα ἕνα κεφαλαῖο γράμμα τῆς ἀλφαβήτου, τὸ ὁποῖο συγχρόνως δηλώνει ἀπὸ ποιά φλέβα προέρχεται ἕνα δεῖγμα (Σχ. 4). Για κάθε χαλαζιακή φλέβα πραγματοποιήθηκαν μιὰ ἔως τρεῖς τομὲς δειγματοληψίας σὲ διαφορετικές θέσεις ἀκολουθώντας συγχρόνως και τὴ διεύθυνση τῆς φλέβας και φυσικὰ τὴ μορφολογία τῆς περιοχῆς (Σχ. 4).

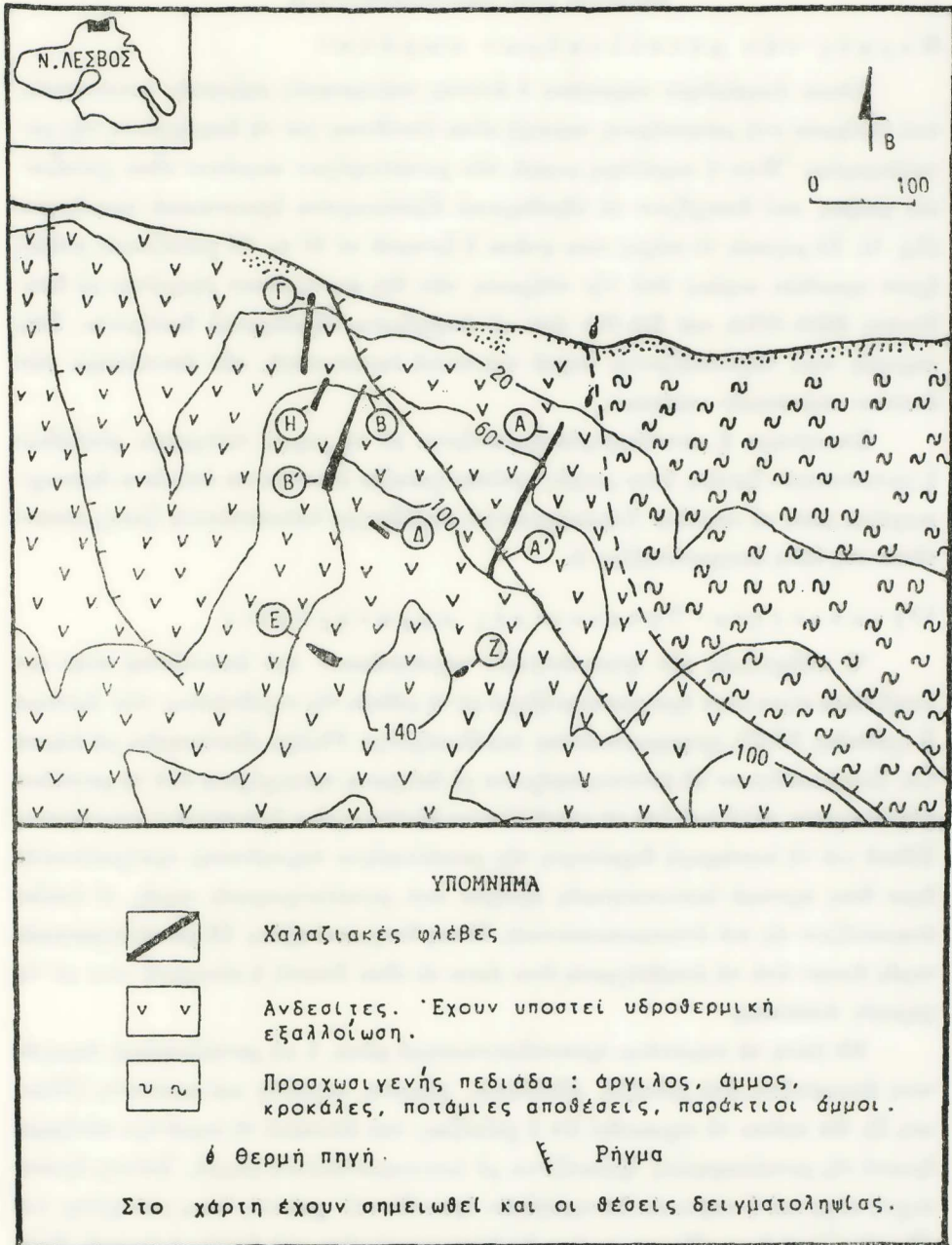
Μετὰ τὴν κοριοποίηση τῶν δειγμάτων σ' ἕνα μέγεθος περίπου 150 - 200 mesh ἀκολούθησε ἡ γεωχημική τους ἀνάλυση σὲ μιὰ σειρά ἀπὸ μέταλλα (Au, Ag, Mo, Cu, Pb, Zn). "Όλοι οἱ ποσοτικοὶ προσδιορισμοὶ τῶν μετάλλων αὐτῶν πραγματοποιήθηκαν με τὴ μέθοδο τῆς ἀτομικῆς ἀπορρόφησης στὸ ἀναλυτικὸ ἔργαστήριο τοῦ Τμήματος

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 1

Σύμβολα δειγμάτων και αντίστοιχα πάχη δειγματοληψίας σε μέτρα

Δείγμα	Πάχος δειγμα- τοληψίας ανά δείγμα (m)	Δείγμα	Πάχος δειγμα- τοληψίας ανά δείγμα (m)
A1	1	Γ'1	1
A2	1	Γ'2	1
A3	1	Δ2	1
A'3	1.6	Δ3	1.1
A'4	1.5	E2	1
B2	1	E3	1
B3	1	E'2	1.5
B'2	1.5	E'3	1.5
B'3	3.5	E'4	2
B'4	2	E'5	2
B'''2	3	E'6	2
B'''3	3.2	Z2	1
Γ2	1	Z3	1.1
Γ3	0.5	H2	1
Γ4	0.5	H3	1

Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν. Εἰδικὰ γιὰ τὴ διαλυτοποίηση τοῦ χρυσοῦ χρησιμοποιήθηκε βασιλικὸ νερὸ (τύπος διαλύματος = 30 ml πυκνὸ HCl/25 ml πυκνὸ HNO₃) καὶ θέρμανση στοὺς 150° C μέχρι ξήρανσης. Ἡ ἀπαλλαγὴ τῆς μέτρησης ἀπὸ ἐπικίνδυνες παρεμποδίσεις ἄλλων μετάλλων (π.χ. τοῦ σιδήρου) ἐπιτεύχθηκε μὲ ἀπόσταξη τοῦ χρυσοῦ μὲ τὴ χρῆση ἑνὸς ὀργανικοῦ διαλύματος (τῆς ἰσο-βουτιλομεθυλοκετόνης), ποὺ δεσμεύει ἐπιλεκτικὰ τὸ χρυσό. Ἡ μέτρηση τοῦ χρυσοῦ πραγματοποιήθηκε σὲ φασματοφωτόμετρο ἀτομικῆς ἀπορρόφησης χρησιμοποιώντας ἐξαχνωτὴ θερμαινόμενου γραφίτη, προκειμένου νὰ γίνῃ ἡ ἀτομοποίηση τοῦ πρὸς ἀνάλυση δείγματος. Γιὰ τὸν ἄργυρο χρησιμοποιήθηκε παρόμοια τεχνικὴ διαλυτοποίησης, ἐπιπλέον ὁμως στὸ τελικὸ στάδιό της, τὸ διάλυμα κατεργάσθηκε μὲ HCl καὶ H₂O₂ μὲ σκοπὸ τὴ διάσπαση τῶν δημιουργηθέντων ἀλάτων (κυρίως τοῦ ἀργύρου, ὥστε νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ μέτρησή του). Τόσο στὸν ἄργυρο ὅσο καὶ στὰ ὑπόλοιπα μέταλλα ὁ ποσοτικὸς τους προσδιορισμὸς ἐγίνε μὲ ἀτομικὴ ἀπορρόφηση μὲ φλόγα.



Σχήμα 4. Γεωλογικός χάρτης της μελετούμενης περιοχής.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑΣ

Μορφές τῶν μεταλλοφόρων σωμάτων

Ὅπως ἀναφέρθηκε παραπάνω ὁ ἔντονος πολυφασικός ρηξιγενής τεκτονισμός, πού ἐπέδρασε στή μελετούμενη περιοχή εἶναι ὑπεύθυνος γιά τή διαμόρφωση τῆς μεταλλοφορίας. Ἐτσι ἡ κυριότερη μορφή τῶν μεταλλοφόρων σωμάτων εἶναι χαλαζιακές φλέβες, πού διασχίζουν τά ὑδροθερμικά ἐξαλλοιωμένα ἠφαιστειακά πετρώματα (Σχ. 4). Σέ μερικές τὸ πάχος τους φτάνει ἡ ξεπερνᾷ τὰ 10 m. Οἱ χαλαζιακές φλέβες ἔχουν προκύψει κυρίως ἀπὸ τὴν πλήρωση τῶν δύο συστημάτων ρηγμάτων μὲ διευθύνσεις ΒΒΑ-ΝΝΔ καὶ ΒΔ-ΝΑ ἀπὸ τὰ ἀνερχόμενα ὑδροθερμικά διαλύματα. Στὶς παρυφές τους παρουσιάζονται συχνὰ τεκτονικά λατυποπαγῆ, σὰν ἀποτέλεσμα τῶν ἔντονων τεκτονικῶν κινήσεων.

Σπανιότερα ἡ μεταλλοφορία ἐμφανίζεται μὲ τὴ μορφή πλέγματος φλεβιδίων ἢ λατυποπαγῶν ζωνῶν, ὅπου μικρὲς λατύπες χαλαζία ἀπαντῶνται ἀσύνδετα διασκορπισμένες μέσα σὲ καολίνη. Χαρακτηριστικὸ παράδειγμα λατυποπαγοῦς ζώνης συναντᾶται στή θέση δειγματοληψίας Δ.

Ὀρυκτολογία - Ἰστολογικὲς παρατηρήσεις

Ὁ καθορισμὸς τῶν ὀρυκτολογικῶν παραγενέσεων πού ἀπαντῶνται στὴν περιοχή κατὰ κύριο λόγο πραγματοποιήθηκε μὲ τὴ μέθοδο τῆς περιθλάσεως τῶν ἀκτίνων Χ (μέθοδος XRD), χρησιμοποιώντας περιθλασίμετρο Philips ἐξοπλισμένο μὲ λάμπα Cu. Συνολικὰ ἔγιναν 26 ἀκτινογραφήματα μὲ δείγματα προερχόμενα ἀπὸ τὰ μεταλλοφόρα σώματα, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὰ περιβάλλοντα ἐξαλλοιωμένα ἠφαιστειακά πετρώματα. Εἰδικὰ γιά τὴ λεπτομερῆ διερεύνηση τῆς μεταλλοφόρου παραγένεσης πραγματοποιήθηκε ἓνας σχετικὰ ἱκανοποιητικὸς ἀριθμὸς ἀπὸ μεταλλογραφικὲς τομές, οἱ ὁποῖες ἀπεικονίζουν τὶς πρὸ ἀντιπροσωπευτικὲς θέσεις δειγματοληψίας. Οἱ μεταλλογραφικὲς τομές ἔγιναν ἀπὸ τὰ ἀντιδείγματα ἔτσι ὥστε νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ σύγκρισή τους μὲ τὶς χημικὲς ἀναλύσεις.

Μὲ βάση τὰ παραπάνω ὀρυκτοδιαγνωστικὰ μέσα, ἡ μὴ μεταλλοφόρος παραγένεση ἀποτελεῖται ἀπὸ χαλαζία, ἀδουλάριο, χλωρίτη, σερικίτη καὶ καολινίτη (Πίνακας 2). Θὰ πρέπει νὰ σημειωθεῖ ὅτι ὁ χαλαζίας, πού ἀποτελεῖ τὸ κυριότερο σύνδρομο ὀρυκτὸ τῆς μεταλλοφορίας, ἐμφανίζεται μὲ λεπτοκρυσταλλικὴ μορφή. Ἐπίσης ἀρκετὰ συχνὴ εἶναι καὶ ἡ παρουσία δευτερογενῶν ὀρυκτῶν τοῦ χαλκοῦ, ὅπως μαλαχίτης καὶ ἀζουρίτης πού ἐμφανίζονται κυρίως ὡς ἐμποτισμοὶ μέσα στὰ ἀργιλικὰ ὀρυκτά. Στὴν παραγένεση τῶν μεταλλικῶν ὀρυκτῶν συμμετέχουν: σιδηροπυρίτης, σφαλερίτης, γαληνίτης, χαλκοπυρίτης, βορνίτης, χαλκοσίνης, κοβελίνης, γκετίτης καὶ αὐτοφυῆς χρυσός (Πίνακας 3).

Τὰ σουλφίδια ἐμφανίζονται μὲ μορφή φλεβιδίων ἢ καὶ διάσπαρτα. Ὁ χρυσὸς παρουσιάζεται μὲ μορφή ἀλλοτριόμορφων ἀπομονωμένων κόκκων, ποὺ τὸ μέγεθός τους κυμαίνεται ἀπὸ 10 - 30 μ. ἢ σπανιότερα σὲ σύμφυση μὲ τὸ σιδηροπυρίτη. Ἀρκετὰ συχνὴ εἶναι ἡ ἐξαλλοίωση τοῦ χαλκοπυρίτη σὲ κοβελίνη καὶ τοῦ σιδηροπυρίτη σὲ γκετίτη. Ἀποτέλεσμα αὐτῆς τῆς δεύτερης ἐξαλλοίωσης εἶναι ἡ ψευδομόρφωση τοῦ γκετίτη, ποὺ καταλαμβάνει τὸ χῶρο τῶν ἀρκετὰ ἰδιόμορφων κρυστάλλων σιδηροπυρίτη. Μέσα στὸ σφαλερίτη συχνὰ ἀπαντῶνται ἀπομειξίξεις χαλκοπυρίτη. Ἡ ἔντονη τεκτονικὴ καταπόνηση τῆς περιοχῆς συχνὰ ἀποτυπώνεται καὶ πάνω στὰ μεταλλικὰ ὄρυκτά. Χαρακτηριστικὴ εἶναι ἡ πλαστικὴ παραμόρφωση τοῦ γαληνίτη δειγμάτων τῆς τομῆς Ε' 6, ποὺ ἀντιστοιχοῦν σὲ τεκτονικὸ λατυποπαγές, ὅπως αὐτὴ ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὴν κύρτωση τῶν τριγώνων ἢ καὶ τὴν ἐξαφάνιση τοῦ τριπλοῦ σχισμοῦ του.

Ὑδροθερμικὲς ἐξαλλοιώσεις

Ἡ συνεχὴς ἀλληλεπίδραση μεταξὺ τῶν ὑδροθερμικῶν ρευστῶν καὶ τῶν ξενιστῶν τῆς μεταλλοφορίας εἶχε σὰν ἀποτέλεσμα τὴ δημιουργία μιᾶς σειρᾶς ἀπὸ ἐξαλλοιώσεις τῶν ἀνδেসитῶν στὴν περιοχὴ ἔρευνας. Οἱ κυριότεροι τύποι ἐξαλλοιώσεων ποὺ μποροῦν νὰ διακριθοῦν μὲ βάση τὴν ὀρυκτολογικὴ μελέτη τῶν πετρωμάτων εἶναι:

1) Πυριτικὴ ἐξαλλοίωση (πυριτίωση). Εἶναι ἡ περισσότερο ἐκτεταμένη ἐξαλλοίωση ποὺ ἐπικρατεῖ. Ἡ ἄφθονη παρουσία χαλαζία στοὺς ἀνδেসитες ἐρμηνεύεται ὡς ἐπακόλουθο τῆς ἰσχυρῆς πυριτίωσης ποὺ ἔχουν ὑποστεῖ.

2) Ἀργιλικὴ ἐξαλλοίωση. Αὐτὴ ἐκδηλώνεται κυρίως μὲ τὸ σχηματισμὸ καοлинίτη καὶ ἰλλίτη.

3) Προπυλιτικὴ ἐξαλλοίωση. Ἐπικρατεῖ στὰ βαθύτερα τμήματα τῆς περιοχῆς καὶ ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὴν παρουσία κυρίως τοῦ χλωρίτη.

Ἐπίσης ἔχει παρατηρηθεῖ στοὺς ξενιστὲς τῆς μεταλλοφορίας σχηματισμὸς ὀρυκτῶν ὅπως ὁ σερικίτης καὶ ὁ ἀδουλάριος (ποὺ ἀποτελεῖ δείκτη καλιούχου ἐξαλλοίωσης) σὰν συνέπεια τῶν διεργασιῶν τῆς ἐξαλλοίωσής τους. Ἀξίζει νὰ σημειωθεῖ ὅτι ἡ μεταλλογένεση συνδυάζεται μὲ τὴν καλιούχο ἐξαλλοίωση.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

Ἀπὸ τὸν Πίνακα 4 τῶν χημικῶν ἀναλύσεων διαφαίνεται ὅτι ἡ κατανομὴ τῶν πολυτίμων, ἀλλὰ καὶ τῶν βασικῶν μετάλλων, ἀκόμη καὶ μέσα σὲ ἴδια προφίλ δειγματοληψίας (πολὺ περισσότερο σὲ διαφορετικὰ) δὲν εἶναι ὁμοιόμορφη. Ἔτσι σὲ ἀπόσταση ἐνὸς μέτρου στὴ θέση δειγματοληψίας Z, ἡ τιμὴ τοῦ χρυσοῦ ἀπὸ 35,5 ppm μειώνεται στὰ 5,76 ppm. Αὐτὲς οἱ διακυμάνσεις ἐλέγχονται κυρίως ἀπὸ τοὺς μηχανισμοὺς

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 4

Χημικές αναλύσεις πολυτίμων και άλλων μετάλλων (σε ppm) στα δείγματα τής παρούσης μελέτης

Δείγμα :	A1	A2	A3	*A'1	A'2	A'3	A'4
Au	0,75	4,70	<0,10	<0,10	6,25	7,70	1,50
Ag	8,8	6,4	2,0	2,8	5,4	160,0	7,8
Cu	420	2260	430	251	162	240	460
Pb	5160	20400	3360	4000	1175	1415	1400
Zn	363	780	620	840	323	280	400
Mo	6	10	4	2	2	6	18

Δείγμα:	B2	B3	*B4	*B5	*B'1	B'2	B'3
Au	0,50	0,55	<0,10	0,20	1,0	3,75	5,20
Ag	38,0	10,0	10,6	28,0	10,0	22,0	20,5
Cu	3680	4200	1140	1140	272	900	169
Pb	21600	12500	7400	3200	2280	14100	4320
Zn	12600	17200	6600	2100	700	660	32
Mo	12	8	8	0	0	4	10

Δείγμα:	B'4	B'4'	*B'''1	B'''2	B'''3	*B'''4	Γ2
Au	10,75	10,20	<0,10	2,50	<0,10	<0,10	<0,10
Ag	50,0	56,0	2,6	48,0	10,8	2,0	9,4
Cu	2800	3860	210	480	560	175	460
Pb	23000	2380	1800	4600	3200	11800	750
Zn	215	230	2420	1400	440	580	1740
Mo	2	0	4	6	2	0	0

Δείγμα:	Γ3	Γ4	*Γ5	Γ'2	Δ2	Δ4	Ε2
Au	0,37	<0,025	0,0	<0,025	3,81	10,62	0,30
Ag	11,0	3,2	0,9	7,2	9,2	62,0	10,4
Cu	2700	740	30	1860	129	410	53
Pb	4600	200	280	570	2800	22600	880
Zn	24500	300	980	248	54	149	130
Mo	0	0	0	0	0	0	0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 (συνέχεια)

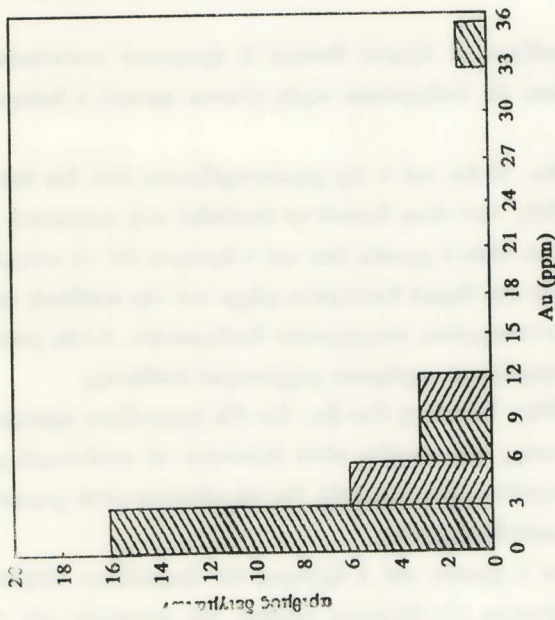
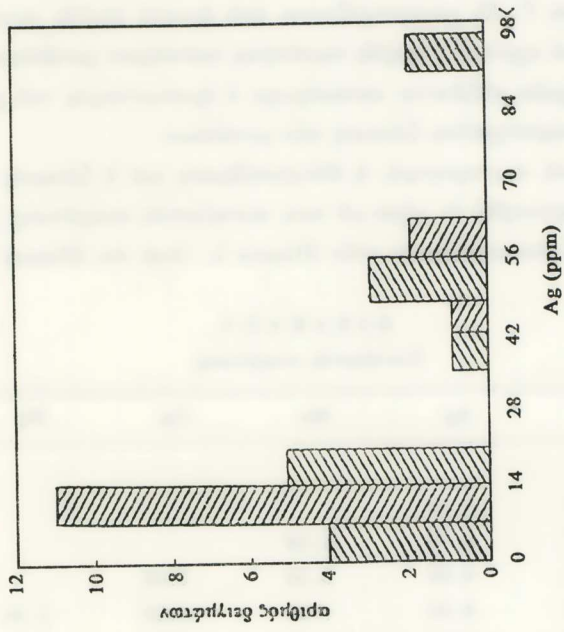
Δείγμα:	E3	E'4	E'5	E'6	Z2	Z3	*Z4
Au	1,32	1,10	4,05	8,28	35,50	5,76	0,38
Ag	19,8	15,0	60,0	50,0	94,0	15,0	2,2
Cu	132	264	100	127	14	5	26
Pb	1560	3160	4000	12800	500	325	285
Zn	190	236	77	62	43	18	26
Mo	0	0	0	0	12	0	0

Δείγμα:	*H1	H2	H3
Au	0,05	2,08	0,38
Ag	0,8	10,8	9,0
Cu	122	216	136
Pb	650	1625	1160
Zn	680	310	270
Mo	0	0	0

Δείγματα που σημειώνονται με άσπερισκο (*) αντιπροσωπεύουν άνδρασίτες, συχνά έντονα εξαλλοιωμένους, που βρίσκονται εκατέρωθεν των χαλαζιακών φλεβών.

απόθεσης των μετάλλων και ειδικά για τα πολύτιμα μέταλλα, όπου οι συγκεντρώσεις τους είναι σχετικά μικρές, από το μέγεθος των ορυκτολογικών τους κόκκων. Γενικότερα όμως, τα θραυσιγενή συστήματα, ή πυριτίωση και οι διάφορες παραγενέσεις εξαλλοίωσης σχετίζονται με την κατανομή του χρυσού και του άργυρου.

Μία αξιολόγηση όλων των προφίλ δειγματοληψίας όσον αφορά τις περιεκτικότητες των μετάλλων, δείχνει ότι οι πλουσιότερες θέσεις σε πολύτιμα μέταλλα είναι Z, B', Δ, A' και E'. Στο Σχ. 5 απεικονίζεται η συχνότητα του βαθμού μεταλλοφορίας των πολυτίμων μετάλλων σε διάφορες κλάσεις τιμών. Από το ίδιο σχήμα φαίνεται ότι το 45% των αναλυθέντων δειγμάτων εμφανίζει περιεκτικότητες σε χρυσό μεγαλύτερες των 3 ppm. Από τα βασικά μέταλλα, ο μόλυβδος παρουσιάζεται περισσότερο εμπλουτισμένος στα δείγματα απ' ό,τι ο χαλκός και ο ψευδάργυρος. Έτσι η συγκέντρωση του μολύβδου σε μερικές θέσεις είναι μεγαλύτερη από 2%. Σε μερικές θέσεις οι τιμές του χαλκού επηρεάζονται από δευτερογενή ορυκτά του (άζουρίτη-μαλαχίτη), που εμπλουτίζουν τα δείγματα σ' αυτό το στοιχείο. Τέλος, οι περιεκτικότητες του μολυβδαινίου κυμαίνονται από 0 έως 18 ppm.



Σχήμα 5. Ιστογράμματα των τιμών Au και Ag.

Μια άλλη παρατήρηση είναι ότι τα βαθύτερα τμήματα τῆς περιοχῆς (π.χ. θέσεις δειγματοληψίας Γ, Β) χαρακτηρίζονται ἀπὸ ἀρκετὰ ὑψηλές συγκεντρώσεις βασικῶν μετάλλων καὶ σχετικὰ χαμηλές ποσότητες πολυτίμων μετάλλων, ἐνῶ ἀντίθετα στὰ ὑψηλότερα σημεία αὐξάνεται κατακόρυφα ὁ ἐμπλουτισμὸς τοῦ χρυσοῦ καὶ τοῦ ἀργύρου. Δηλαδή παρατηρεῖται ζώνωση τῶν μετάλλων.

Ἡ γεωχημικὴ συμπεριφορά, ἡ ἀλληλεπίδραση καὶ ἡ ζώνωση τῶν μετάλλων εἶναι δυνατὸ νὰ διερευνηθεῖ ἐν μέρει μὲ τοὺς συντελεστὲς συσχέτισης μεταξὺ ζευγῶν τῶν μετάλλων, ποὺ ἀπεικονίζονται στὸν Πίνακα 5. Ἀπὸ τὸν Πίνακα 5 ἀμέσως δια-

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 5
Συντελεστὲς συσχέτισης

	Au	Ag	Mo	Cu	Pb	Zn
Au	1.00					
Ag	0.62	1.00				
Mo	0.27	0.19	1.00			
Cu	-0.02	0.05	0.23	1.00		
Pb	0.12	0.15	0.24	0.50	1.00	
Zn	-0.18	-0.09	0.17	0.63	0.23	1.00

φαίνεται ὅτι ἀπουσιάζουν οἱ ὑψηλοὶ θετικοὶ ἢ ἀρνητικοὶ συντελεστὲς συσχέτισης. Παρόλα αὐτὰ μὲ βάση τὶς ὑπάρχουσες τιμὲς γίνεται φανερὴ ἡ διάκριση δύο ομάδων μετάλλων:

1) Au, Ag, Mo. Ὁ Au καὶ ὁ Ag χαρακτηρίζονται ἀπὸ ἓνα θετικὸ συντελεστὴ συσχέτισης ($r = 0,62$), ποὺ εἶναι δυνατὸ νὰ ἀποδοθεῖ στὴ συγγενικὴ γεωχημικὴ συμπεριφορά τους. Ἔτσι τόσο ὁ χρυσοῦς ὅσο καὶ ὁ ἄργυρος ἀπ' τὴ στιγμή ποὺ θὰ μεταφερθοῦν ἀπὸ τὴν πηγὴ στὰ θερμὰ διαλύματα μέχρι καὶ τὴν ἀπόθεσή τους, χαρακτηρίζονται ἀπὸ κοινὲς συντεταγμένους γεωχημικῶν διαδικασιῶν. Αὐτὲς μεταφράζονται σὰν ἴδια σύμπλοκα μεταφορᾶς καὶ παρόμοιοι μηχανισμοὶ ἀπόθεσης.

2) Cu, Zn, (Pb). Τὰ ζεύγη Cu-Zn, Zn-Pb ἐμφανίζουν σχετικὰ μέτριες τιμὲς συντελεστῶν συσχέτισης, ποὺ παρόλα αὐτὰ δηλώνουν σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴ μεταλλογραφικὴ ἐξέταση δειγμάτων τῆς περιοχῆς, ὅτι τὰ μέταλλα αὐτὰ χαρακτηρίζονται ἀπὸ ὅμοιες μεταλλογενετικὲς διαδικασίες.

Τὸ γεγονός ὅτι ὁ χρυσοῦς καὶ ὁ ἄργυρος δὲν ἐμφανίζουν ὑψηλοὺς συντελεστὲς συσχέτισης μὲ τὰ μέταλλα τῆς δευτέρας ομάδας, δὲν ἀποκλείει τὴν ταυτόχρονη μεταλλογένεσή τους σὲ ὀρισμένες θέσεις μὲ αὐτά. Ἐξάλλου ἔχει παρατηρηθεῖ ὅτι ὁ αὐτοφυῆς χρυσοῦς ἀπαντᾶται σὲ παραγένεση μὲ βασικὰ μέταλλα. Παρόλα αὐτὰ, ἡ ἔλ-

λειψη συσχέτισης αποδεικνύει ότι από κάποιο σημείο και μετά έχουμε μια διαφοροποίηση της γεωχημικής πορείας των πολυτίμων μετάλλων σε σχέση με τα άλλα.

Τέλος, είναι φανερό ότι στη μελετούμενη περιοχή έλαβε χώρα μια σημαντική διάχυση των διαλυμένων μετάλλων δια μέσου του στάσιμου ρευστού των πόρων στα γειτονικά πετρώματα (άνδειςίτες) κοντά στις φλέβες. Συγχρόνως πραγματοποιήθηκε και ροή ρευστού δια μέσου φλεβών, ρωγμών και κενών πόρων μέσα στους ξενιστές (φαινόμενο διαρροής). Μόνο με αυτές τις διαδικασίες εξηγούνται τόσο μεγάλες συγκεντρώσεις μετάλλων π.χ. Au 1 ppm, στους άνδειςίτες που βρίσκονται κοντά στην επαφή με τις χαλαζιακές φλέβες.

Σύγκριση της υπό μελέτη μεταλλοφορίας με έπιθερμικά κοιτάσματα πολυτίμων μετάλλων

Συνοψίζοντας όλα τα στοιχεία που προέκυψαν από τη μελέτη της συγκεκριμένης μεταλλοφορίας, καταλήγουμε στα ακόλουθα γενικά συμπεράσματα:

1. Ο ρηξιγενής τεκτονισμός έπαιξε γενεσιουργό ρόλο στην εκδήλωση και διαμόρφωση της μεταλλοφορίας, αφού αυτός κατά κύριο λόγο έλεγχε την κυκλοφορία των υδροθερμικών διαλυμάτων και τη μετάδοση της θερμότητας από το βάθος.

2. Το ύψηλο γεωθερμικό πεδίο της βόρειας Λέσβου, έπιφανειακή εκδήλωση του οποίου είναι και η θερμοπηγή στα Μεγάλα Θέρμα της 'Αργένου, μπορεί να θεωρηθεί ως ο κύριος κινητήριος μηχανισμός των μεταλλοφόρων υδροθερμικών διαλυμάτων προς τα πάνω. Έτσι η θερμοκρασία βάθους, που υπολογίστηκε για την παραπάνω θερμοπηγή με τα γεωθερμόμετρα του διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2) και του Na/K, βρέθηκε 133°C και 155°C αντίστοιχα. (Παπασταματάκη & Λεωνής, 1982).

3. Η γεωμετρία των μεταλλοφόρων σωμάτων επηρεάζεται εν μέρει από το χαρακτήρα των πετρωμάτων που φιλοξενούν τη μεταλλοφορία. Έτσι οι άνδειςίτες, ως εύθραυστοι ξενιστές, επέτρεψαν το σχηματισμό μεταλλοφόρων σωμάτων με μορφή φλεβών, λατυποπαγών ζωνών και πλεγμάτων φλεβιδίων.

4. Εκτός από το χαλαζία άλλα σύνδρομα όρυκτά είναι ο άδουλάριος, σερικίτης, χλωρίτης, κοολινίτης, και ο ήλιτης. Τα μεταλλικά όρυκτά που απαντώνται είναι αυτόφυης χρυσός, σφαλερίτης, γαληνίτης, σιδηροπυρίτης, χαλκοπυρίτης, χαλκοσίτης, κοβελίνης, βορνίτης και γκετίτης.

5. Τα κύρια ιστολογικά χαρακτηριστικά των όρυκτων της μεταλλοφορίας είναι ή λεπτοκρυσταλλική μορφή του χαλαζία και ή πλαστική παραμόρφωση των μεταλλικών όρυκτων σε μερικές θέσεις.

6. Οι κυριότερες εξαλλοιώσεις των ξενιστών είναι πυριτίωση, άργιλική εξαλλο-

λοίωση, προπυλιτική εξαλλοίωση και καλιοϋχος εξαλλοίωση. Θά πρέπει νά σημειωθεῖ ὅτι ἡ μεταλλογένεση Au και Ag συνδυάζεται κυρίως μέ τήν καλιοϋχο εξαλλοίωση.

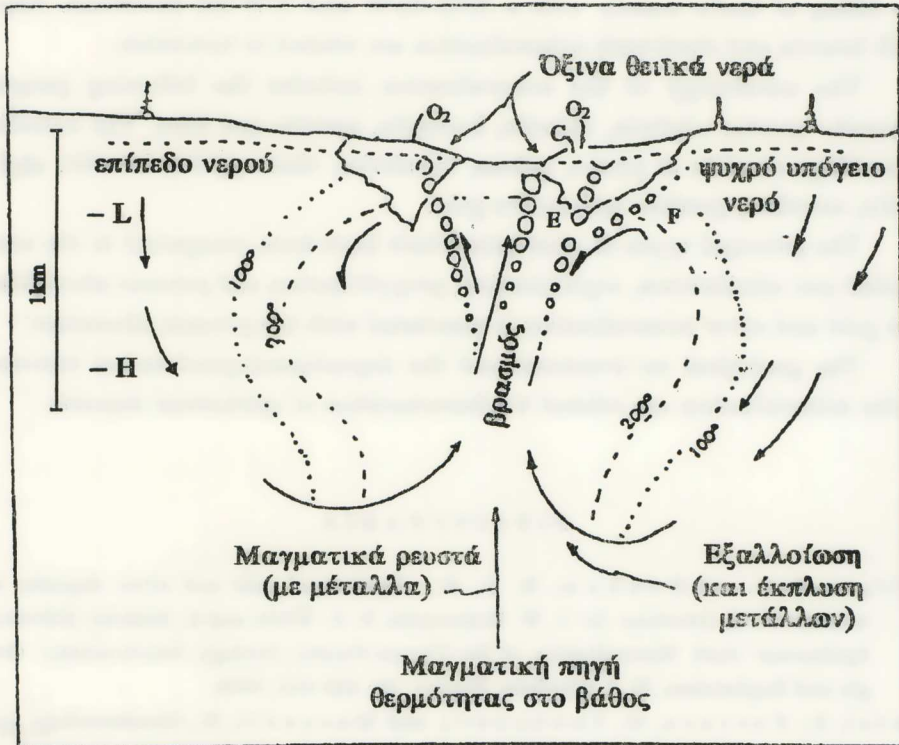
7. Τά χημικά στοιχεῖα πού ἀπαντοῦν στή μεταλλοφορία σέ γεωχημικά ἀνώμα-
λες τιμές εἶναι: Au, Ag, Mo, Cu, Pb, Zn. Σύμφωνα μέ τούς Rose et al., 1979,
Berger and Bonham 1990, Clarke and Govett, 1990, τά ἀνωτέρω στοιχεῖα εἶναι
ἐνδεικτικά τῆς μεταλλοφορίας ἐπιθερμικοῦ χρυσοῦ.

8. Εἶναι δυνατὸν νά διακριθοῦν δύο παραγενέσεις μετάλλων, δηλαδή τοῦ Au-Ag-
Mo και τοῦ Cu-Pb-Zn. Ἐπίσης παρατηρεῖται και ζώνωση τῆς μεταλλοφορίας μέ
ἐμπλουτισμὸ τῶν πολυτίμων μετάλλων στά ἀνώτερα τμήματα τῆς περιοχῆς. Ἡ ζώ-
νωση τῆς μεταλλοφορίας ὀφείλεται κυρίως στίς χημικές μεταβολές (τοῦ NaCl, CO₂
και H₂S) τῶν ὑδροθερμικῶν διαλυμάτων, πού σημειώνονται κατά τή διάρκεια τῆς
μεταλλογενετικῆς πορείας.

Τὸ γεωλογικὸ περιβάλλον και ἡ κοιτασμολογική περιγραφή τῆς μεταλλοφο-
ρίας ἐμφανίζουν μεγάλη συσχέτιση μέ τὰ χαρακτηριστικά μιᾶς κατηγορίας ὑδροθερ-
μικῶν κοιτασμάτων, γνωστῶν ὡς ἐπιθερμικά κοιτάσματα. Αὐτά ἔχουν ἐντοπισθεῖ
κοντά σέ γεωθερμικά συστήματα σέ ἀρκετές περιοχές στοῦ διεθνῆ χῶρο, τὰ δὲ κυρίο-
τερα χαρακτηριστικά τους ἔχουν προκύψει ἀπὸ τή συνθετική μελέτη πολλῶν παρό-
μοιων μεταλλοφόρων περιοχῶν (University of Southampton, Department of
Geology, 1988).

Μέ βάση ὅσα ἀναφέρθηκαν παραπάνω ὁ μεταλλογενετικὸς μηχανισμός, πού
ὀδήγησε στή γένεση τῆς μελετούμενης μεταλλοφορίας ἔχει ὡς ἐξῆς:

Μιά ὑποκείμενη θερμὴ πηγή κινεῖ τὰ ὑδροθερμικά διαλύματα μέ τὸ μεταλλικό
τους φορτίο πρὸς τὰ πάνω, διὰ μέσου ρηγματογενῶν διακλάσεων, ρηγμάτων και λα-
τυποπαγῶν ζωνῶν, σέ ἓνα γεωλογικὸ περιβάλλον πού βρῖσκεται κοντά στήν ἐπιφά-
νεια. Ἐκεῖ, ἡ ἐλάττωση τῆς πίεσης, ἡ μείωση τῆς θερμοκρασίας και ἡ ἐπαφή μαζι
μέ ἄλλα διαλύματα και μέ τὰ περιβάλλοντα πετρώματα προξενοῦν βρασμό, ἀνάμιξη
διαλυμάτων και διάφορες χημικές ἀντιδράσεις. Μέ αὐτές τίς διαδικασίες καθιζάνουν
μερικά ἀπὸ τὰ μεταφερόμενα μέταλλα. Μετὰ ἐπαναδιαλυτοποιεῖται μέρος τῶν με-
τάλλων και ἀπομακρύνονται τὰ ἀέρια (κυρίως τὸ CO₂). Τὰ ψυγμένα ὑδροθερμικά δια-
λύματα πού προκύπτουν μεταφέρουν τὰ ὑπολειμματικά μέταλλα (κυρίως τὸν Au και
τὸν Ag, ἀλλὰ και μέρος τῶν βασικῶν μετάλλων) πρὸς τὰ πάνω ἢ συχνὰ πλάγια, ὅπου
ἐκεῖ πιά τὰ μέταλλα αὐτά καθιζάνουν μέ περαιτέρω βρασμό, ψύξη, ἀνάμιξη και χημι-
κές ἀντιδράσεις (Σχ. 6).



Σχήμα 6. Σχηματικό διάγραμμα ενός υδροθερμικού συστήματος, που εξηγεί και τη διαδικασία του βρασμού. ³Ανεβαίνοντας το θερμό νερό αρχίζει να βράζει (δηλώνεται με κύκλους) στο βάθος που δείχνει το γράμμα Η, αν η πίεση είναι υδροστατική ή σε λίγο αβαθέστερο βάθος μεταξύ των Η και L εάν η πίεση υπερβαίνει την υδροστατική, αλλά παραμένει λιγότερη της λιθοστατικής. Βρασμός και ποικίλα μείγματα βρασμένου θερμού νερού και αερίων μαζί με υπόγειο νερό που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια και ατμοσφαιρικό όξινο παράγουν περιβάλλοντα σχηματισμού μεταλλευμάτων άναμεσα στα γράμματα E και F (University of Southampton, Department of Geology, 1988).

SUMMARY

Cold and silver mineralization associated with quartz veins and breccia in the volcanic rocks of North Lesvos Island.

The lithogeochemical research at the Megala Therma area of North Lesvos Island revealed the existence of gold and silver mineralization, which is hosted in quartz veins. These quartz veins are encountered within Upper Miocene volcanic rocks, of andesitic composition, which have been intensively altered by hydrothermal solutions. The quartz veins have been formed by

the filling of faults mainly with a NNE-SSW and NW-SE directions. Also, fault breccia and stockwork mineralization are related to tectonism.

The mineralogy of the mineralization includes the following gangue minerals: quartz, adularia, chlorite, kaolinite, sericite and illite. The metallic assemblage consists of pyrite, galena, sphalerite, chalcopyrite, bornite, chalcocite, covellite, goethite and native gold.

The principal types of alteration which have been recognized in the area studied are: silicification, argillitization, propylitization and potassic alteration. The gold and silver mineralization is associated with the potassic alteration.

The geological environment and the depositional-geochemical features of the mineralization are related to characteristics of epithermal deposits.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Berger, R. R. and Bonham, H. F., Jr., «Epithermal gold and silver deposits in western North America». In: J. W. Hedenquist, N. C. White and G. Siddeley (Editors), Epithermal Gold Mineralization of the Circum-Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration, II, J. Geochem. Explor., 36: 103-142, 1990.
- Borsi, S., Ferrara, G., Innocenti, and Mazzuoli, R., Geochronology and petrology of recent volcanics in the eastern Aegean Sea (West Anatolia and Lesbos island). Bull. Volcan., XXXVI (3), p. 437-496, 1972.
- Clarke, D. S. and Goveett, G. J. S., «Southwest Pacific epithermal gold: a rock geochemistry perspective». In: J. W. Hedenquist, N. C. White and G. Siddeley (Editors), Epithermal Gold Mineralization of the Circum-Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration, I. J. Geochem. Explor., 35: 225-240, 1990.
- Hecht, J., Γεωλογικός χάρτης τής νήσου Λέσβου, (κλίμακα 1 : 50.000). I.G.M.E.
- Katagas, C. and Panagos, A., 1976. Pumpellyite-actinolite and greenschist facies metamorphism in Lesbos Island (Greece). Tschem. Min. Pet. Mitt., 26, p. 235-254, 1971-1974.
- Katsikatsos, G., et al., Geological study of Lesbos Island. I.G.M.E. Internal report, 1982.
- Κελεπερτζής Α., 'Ο έντοπισμός υδροθερμικά έξαλλιοιωμένων ζωνών συνδεδεμένων με θειούχο μεταλλοφορία (Fe, Cu, Pb, Zn, Mo) στη νήσο Λέσβο. I.G.M.E. 'Αδημοσίευτη έκθεση, 1982.
- Kelpeptsis, A. and Esson, I., Major-and trace-element mobility in altered volcanic rocks near Stypsi, Lesbos, Greece and genesis of a kaolin deposit. Appl. Clay Sci., 2: 11-28, 1987.
- Παπασταμάτακη, Α. και Λεωνής Κ., Γεωχημική έρευνα για τή Γεωθερμία, I-Περιοχή Λέσβου. I.G.M.E. 'Αδημοσίευτη έκθεση, 1982.

- Pe-Peper, G., The Cenozoic Volcanic Rocks of Lesbos. Thesis, University of Patras, Greece, 1978.
- Pe-Piper, G., The Cenozoic volcanic sequence of Lesbos, Greece. S-Dtsch. Geol. Ges., 131, p. 889-904, 1980 b.
- Rose, A. W., Hawkes, H. E., and Webb, J. S., «Geochemistry in Mineral Exploration», Second Edition, Academic Press, 657 pp, 1979.
- Σημαιάκης, Κ., Συμβολή τῆς νεοτεκτονικῆς ἔρευνας στὴν ἀξιολόγηση τοῦ γεωθερμικοῦ δυναμικοῦ τῆς περιοχῆς Ἀργένου, Λέσβου, I.G.M.E. Ἀδημοσίευτη ἔκθεση, 1988.
- University of Southampton, Department of Geology, Gold Update 87-88, Epithermal Gold, Course manual, 21-22 March 1989, 1988.