

ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΕΣ ΕΠΙΘΕΡΜΙΚΟΥ ΧΡΥΣΟΥ-ΑΡΓΥΡΟΥ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ (ΘΡΑΚΗ) ΚΑΙ ΛΗΜΝΟΥ*

Π. ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ & Ν. ΣΚΑΡΠΕΛΗΣ¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αναγνωριστικής φάσης έρευνας νέων εμφανίσεων μεταλλοφορίας χρυσού - αργύρου επιθερμικού τύπου στις περιοχές Περάματος Θράκης και Λήμνου. Η μεταλλοφορία του Νότιου Περάματος χαρακτηρίζεται από την απόθεση αυτοφυούς χρυσού εντός φλεβών χαλαζία-βαρίτη, που διαπερνούν ζώνη πορώδους και συμπαγούς πυριτώσης. Η μεταλλοφορία της Μαυροκορυφής συνδέεται με φλέβες συμπαγούς πυριτώσης και αποτελείται από λουζονίτη, τετραεδρίτη, σιδηροπυρίτη, μαρκασίτη και αυτοφυή χρυσό. Το επιθερμικό σύστημα στο Φακό της Λήμνου αναπτύσσεται εντός χαλαζιακών φλεβών και χαρακτηρίζεται από απόθεση θειούχων, θειοαλάτων, τελλουριδίων καθώς και αυτοφυούς χρυσού. Οι μεταλλοφορίες ταξινομούνται με βάση γνωστά πρότυπα επιθερμικών συστημάτων.

ABSTRACT

Alteration mapping and sampling in Perama area (Thrace) and southern Lemnos island has identified new prospects with epithermal gold - silver mineralization. The epithermal mineralizations are developed within volcanosedimentary sequences formed as a result of extensional tectonics prevailing in North Aegean in Eocene - Oligocene. The south Perama mineralization is associated with veins, stockworks and vein breccias crosscutting an extensive vuggy and massive silicification zone of the surrounding sandstones. Native gold was identified within barite filling vugs and fractures in the upper parts of the silicified zone, as well as within N20°-40°W trending banded quartz-barite veins and vein breccias crosscutting the silicified zone. Gold grades are in the order of 16.5gr/tn in the upper part of the silica zone. On the basis of available data the mineralization can be classified as low sulfidation type. The high sulfidation Mavrokoryfi mineralization is hosted within veins of black, massive silicification, which are transitional upwards to wedge-shaped opal-bearing silicification zones of andesitic rocks. Gold and silver grades are 1.45gr/tn and 162gr/tn respectively. The mineralizations at Fakos prospect in Lemnos island are related to veins, stockworks and hydrothermal breccias, developed along a system of N55°W and N70°E trending normal faults. They resemble to low sulfidation epithermal mineralizations. The veins are characterized by initial deposition of base metal rich black massive silica, followed by deposition of milky quartz, calcite, barite and precious metals. The second stage mineralization comprises chalcopyrite, sphalerite, pyrite, arsenopyrite, galena, tetrahedrite, bournonite, hessite, altaite and native gold. The highest gold value in quartz - barite veins and stockworks is 5.6gr/tn.

KEY WORDS: Epithermal, gold, silver, hydrothermal alteration, high-sulfidation, low-sulfidation, Thrace, Lemnos island, Greece.

* EPITHERMAL GOLD-SILVER MINERALIZATIONS AT PERAMA (THRACE) AND LEMNOS ISLAND

¹ University of Athens, Department of Geology, Section of Economic Geology and Geochemistry, Panepistimioupoli, 15784 Zografou, Athens, GREECE.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

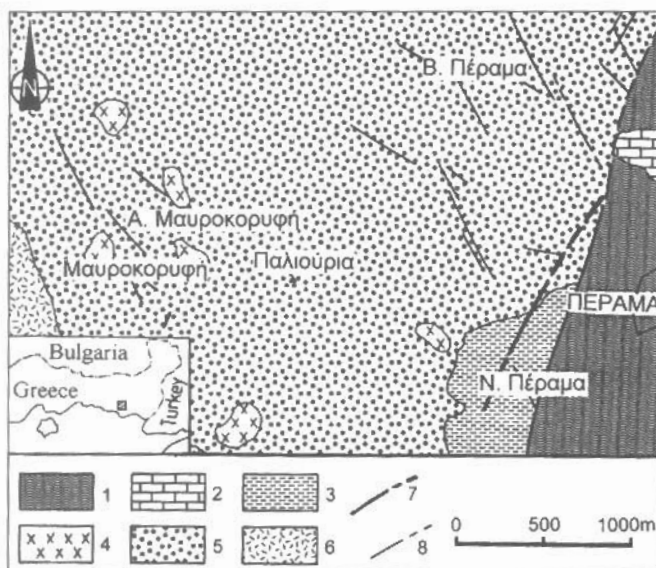
Την τελευταία δεκαετία η έρευνα για εντοπισμό κοιτασμάτων χρυσού σε ορογενετικές περιοχές - ιδιαίτερα αυτές που χαρακτηρίζονται από σχετικά πρόσφατη ηφαιστειότητα - έχει στραφεί προς τον τύπο μεταλλοφοριών "επιθερμικού χρυσού". Αν και ο ελληνικός χώρος εμφανίζει ευνοϊκές συνθήκες για τον εντοπισμό κοιτασμάτων αυτού του τύπου, προγράμματα συστηματικής έρευνας αναπτύχθηκαν έως τώρα μόνο στην περιοχή Σαπλών Θράκης (Μιχαήλ et al., 1988; Bridges et al., 1997) και τη Μήλο.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται αποτελέσματα από την αναγνωριστική φάση έρευνας των περιοχών Περάματος Θράκης και της Λήμνου. Τα αποτελέσματα αυτά προέκυψαν από τη γεωλογική χαρτογράφηση, τη χαρτογράφηση των ζωνών υδροθερμικής εξαλλοίωσης, τη δειγματοληψία των μεταλλοφόρων ζωνών και την εργαστηριακή έρευνα των δειγμάτων.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ

2.1. Γεωλογία

Η περιοχή Περάματος βρίσκεται περίπου 20km δυτικά της Αλεξανδρούπολης στο βορειοανατολικό τμήμα της τριτογενούς τάφρου των Πετρωτών. Η περιοχή που χαρτογραφήθηκε καλύπτει έκταση περίπου 7km² και δομείται σχεδόν εξ'ολοκλήρου από μαγματικά πετρώματα (Εικ. 1). Πετρογραφικές και γεωχημικές μελέτες των μαγματικών πετρωμάτων της τάφρου των Πετρωτών έγιναν από τους Innocenti et al. (1984), Kloos (1991), Tesch (1991). Το ανατολικό τμήμα αποτελείται κυρίως από πρασινοσχιστόλιθους της ενότητας Μάκρης. Υδροθερμικά εξαλλοιωμένοι ψαμμίτες - πιθανόν ανωηωκαινικής ηλικίας - έρχονται σε τεκτονική επαφή με την ενότητα Μάκρης νοτιοδυτικά του Περάματος. Τα Ολιγοκαινικά ηφαιστειακά και υποηφαιστειακά πετρώματα της περιοχής διακρίνονται σε τρεις πετρολογικούς τύπους: α. δόμοι και ρεύματα λάβας πυροξενικού ανδεδσίτη, β. ηφαιστειακά λατυποπαγή ανδεδσιτικής έως δακτινανδεδσιτικής σύστασης και γ. τόφρους (τόφρος των Πετρωτών).



Εικ. 1: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Περάματος. 1. Ενότητα Μάκρης (Μεσοζωϊκό), 2. Νουμμυλιτοφόροι ασβεστόλιθοι (Μέσο-Ανω Ηώκαινο), 3. Ψαμμίτες (Ανω Ηώκαινο), Ολιγόκαινο: 4. Ανδεδσιτικοί δόμοι λάβας, 5. Ηφαιστειακά λατυποπαγή (και λίγα ρεύματα λάβας), 6. Τόφρος Πετρωτών, 7. Ρήγμα, 8. Μεταλλοφόρες φλέβες.

Fig. 1: Geologic map of Perama area. 1. Makri Unit (Mesozoic); 2. Nummulitic limestones (Middle-Upper Eocene); 3. Sandstones (Upper Eocene); 4. andesitic lava domes; 5. Tuff breccias (minor lava flows); 6. Petrota tuff; 7. Fault; 8. mineralized veins.

2.2. Υδροθερμικές εξαλλοιώσεις

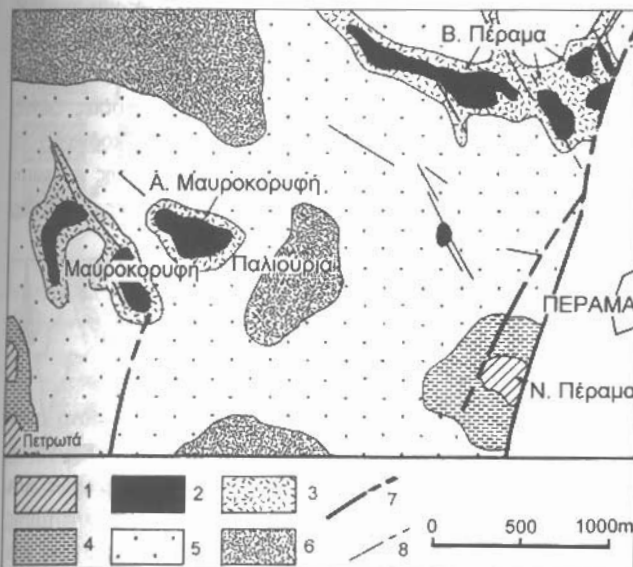
Στην περιοχή έρευνας εντοπίστηκαν οι ακόλουθες ζώνες υδροθερμικής εξαλλοίωσης (Εικ. 2): α. ζώνη πυριτίωσης, β. ζώνη αλουνίτη, γ. αργιλλική ζώνη και δ. προπυλιτική ζώνη.

Πυριτική εξαλλοίωση: Εντοπίζεται στα υψηλότερα σημεία του τοπογραφικού αναγλύφου και παρουσιάζει τη μορφή καλύμματος (silica cap).

Στη ζώνη **Νοτίου Περάματος** διακρίθηκαν δύο τύποι πυριτίωσης: **συνπαγής** (massive silica) και **πορώδης** (vuggy silica). Μικροκρυσταλλικός χαλασίας, ανατάσης, ζιρκόνιο και σιδηροπυριτίης

αποτελούν τα κύρια ορυκτολογικά συστατικά της πυριτικής ζώνης του Ν. Περάματος. Καολινίτης και πιθανόν πυροφυλίτης μετέχουν σε μικρά ποσοστά στη σύστασή της. Αντίθετα στις ζώνες πυριτώσεως που χαρτογραφήθηκαν στις θέσεις Βόρειο Πέραμα, Μαυροκορυφή και Ανατολική Μαυροκορυφή κυριαρχεί ο οπάλιος αντί του μικροκρυσταλλικού χαλαζία. Οι παραπάνω ζώνες οπαλιτώσεως αποτελούνται από οπάλιο, διάσπαστο αλουνίτη και άφθονο σιδηροπυρίτη και μαρκασίτη.

Σε βαθύτερα τοπογραφικά επίπεδα των θέσεων Μαυροκορυφής και Βόρειου Περάματος η πυριτώση έχει φλεβική μορφή και αναπτύσσεται κατά μήκος ρηξιγενών ζωνών διεύθυνσης Β35ΑΔ έως Β40ΑΔ. Εκτιμάται ότι η φλεβική πυριτώση αντιστοιχεί σε ζώνες τροφοδοσίας των υπερκείμενων οπαλιτώσεων. Ο χαλαζίας στις φλεβικές πυριτώσεις της Μαυροκορυφής είναι σηματογής και συνοδεύεται από αλουνίτη και μεταλλοφορία θειούχων και θειοαλάτων.



Εικ. 2: Επιφανειακή εξάπλωση ζωνών υδροθερμικής εξαλλοίωσης στην περιοχή Περάματος: 1. Πορώδης και συμπαγής πυριτώση, 2. Οπαλιτώση, 3. Ζώνη χαλαζία - αλουνίτη, 4. Ζώνη καολινίτη - σερικίτη, 5. Ζώνη καολινίτη - σμεκτίτη, 6. Υγιή πετρώματα (τοπικά προπυλιτική εξαλλοίωση), 7. Ρήγμα, 8. Μεταλλοφόρες φλέβες.

Fig. 2: Distribution of alteration zones at Perama area: 1. Vuggy- and massive silica; 2. opalitzation (silicic alteration); 3. quartz-alunite zone; 4. kaolinite - sericite zone; 5. kaolinite - smectite zone, 6. fresh rock (locally propylitic alteration); 7. Fault; 8. mineralized veins.

Ζώνη αλουνίτη: Αναπτύσσεται πλευρικά και κάτω από τις ζώνες οπαλιτώσεως καθώς και πλευρικά από τις φλεβικές πυριτώσεις του Βόρειου Περάματος και της Μαυροκορυφής. Η ζώνη αλουνίτη χαρακτηρίζεται από αλουνίτη, σιδηροπυρίτη, μαρκασίτη και λίγο καολινίτη.

Αργιλλική ζώνη: Η αργιλλική εξαλλοίωση διακρίνεται στις παραγένεσεις καολινίτη - σερικίτη, και καολινίτη - σμεκτίτη. Η παραγένεση καολινίτη-σερικίτη αναπτύσσεται πλευρικά και κάτω από τη ζώνη πυριτώσεως του Νότιου Περάματος. Η παραγένεση καολινίτη-σμεκτίτη σχετίζεται με τις ζώνες οπαλιτώσεως της περιοχής, αφού αναπτύσσεται τόσο πλευρικά όσο και κάτω από τις ζώνες αλουνίτη.

Προπυλιτική ζώνη: Προπυλιτώση παρατηρήθηκε νότια της θέσης του Νότιου Περάματος εντός ανδεδειγμένων λατυποπαγών. Ασβεστίτης, χλωρίτης, αλβίτης, επίδοτο, σπατίτης, τιτανίτης και σιδηροπυρίτης εντοπίστηκαν στη ζώνη αυτή.

2.3. Μεταλλοφορίες

Σε δύο θέσεις της περιοχής Περάματος (Νότιο Πέραμα και Μαυροκορυφή) εντοπίστηκαν αξιόλογες συγκεντρώσεις πολυτίμων μετάλλων, που συνδέονται με τις ζώνες πυριτώσεως.

Στη θέση **Νοτίου Περάματος** εντοπίστηκε μεταλλοφορία χρυσού, η οποία συνδέεται με την απόθεση βαρίτη και χαλαζία σε φλέβες, σε ανοιχτούς χώρους του πυριτωμένου πετρώματος, καθώς και σε υδροθερμικά λατυποπαγή, που διαπερνούν τη ζώνη πυριτώσεως. Ο βαρίτης σε ορισμένα δείγματα συνοδεύεται από λίγο λευκό μικροκρυσταλλικό χαλαζία. Τα κατώτερα τμήματα της ζώνης πυριτώσεως διαπερνώνται από πλήθος φλεβών χαλαζία - βαρίτη, οι οποίες παρουσιάζουν ζωνώδη ανάπτυξη

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

(crustification banding). Οι φλέβες έχουν πάχος απο 10cm έως 1m, και διευθύνσεις μεταξύ Β20° και 40°Δ. Χαρακτηριστική είναι επίσης ο παρουσία πλέγματος φλεβιδίων (stockwork) και φλεβικών λατυποπαγών (vein breccias). Σερικίτης (ή πιθανόν πυροφυλλίτης) σε μικρή αναλογία συνοδεύει τον βαρίτη στις χαλαζιακές φλέβες. Η μεταλλοφορία στη θέση αυτή χαρακτηρίζεται απο την απόθεση διάσπαρτου αυτοφυούς χρυσού και σιδηροπυρίτη. Πολύ μικροί κόκκοι χρυσού (<2μm) ανιχνεύθηκαν κυρίως εντός κρυστάλλων βαρίτη. Η μεταλλοφορία πολυτίμων μετάλλων που εντοπίστηκε στη θέση Μαυροκορυφή, συνδέεται με τις φλέβες μαύρης συμπαγούς πυριτώσης, που βρίσκονται σε βαθύτερα στρωματογραφικά επίπεδα κάτω απο τη ζώνη οπαλιτώσης. Η μεταλλοφορία αποτελείται από ακανόνιστες συγκεντρώσεις θειούχων και θειοαλάτων. Χαρακτηρίζεται απο αφθονία λεπτόκοκκου σιδηροπυρίτη και μαρκασίτη - συχνά κολλοειδούς μορφής - και μικρότερες συγκεντρώσεις σφαλερίτη, λουζονίτη και τετραεδρίτη. Ο λουζονίτης σχηματίζει συχνά ελασματοειδείς κρυστάλλους και περιέχει μικροσκοπικά εγκλείσματα σιδηροπυρίτη και τετραεδρίτη ή σχηματίζει συμφύσεις με τετραεδρίτη. Αυτοφυής χρυσός παρατηρήθηκε επίσης στον λουζονίτη. Η μεταλλοφορία συνοδεύεται από μικροκρυσταλλικό χαλαζία, αλουνίτη και σε μικρά ποσοστά καοιινίτη. Στις υπόλοιπες ζώνες πυριτώσης της περιοχής (θέσεις Βόρειου Περάματος και Ανατολικής Μαυροκορυφής) η μεταλλοφορία είναι κυρίως διάσπαρτη με μορφή μικροφλεβιδίων. Η ορυκτολογική της σύσταση αποτελείται απο σιδηροπυρίτη, μαρκασίτη, γαληνίτη, σφαλερίτη και κοβελλίνη σε ποικίλες αναλογίες και συνοδεύονται απο οπάλιο και αλουνίτη.

3. ΛΗΜΝΟΣ

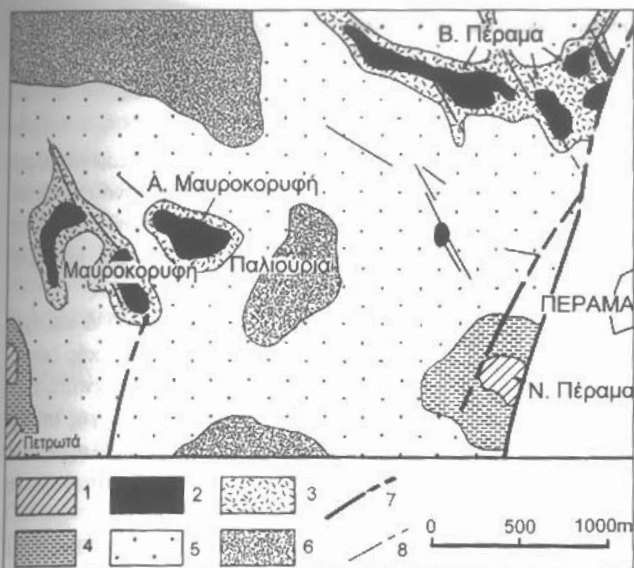
3.1. Γεωλογία

Αναγνωριστική έρευνα έγινε στις περιοχές Φακού, Σαρδών και Ρουσοπουλίου. Μόνο στην περιοχή Φακού εντοπίστηκαν αξιόλογες συγκεντρώσεις πολυτίμων μετάλλων. Γεωλογικά η νήσος Λήμνος χαρακτηρίζεται απο την παρουσία τριτογενών ιζηματογενών σχηματισμών καθώς και μαγματικών πετρωμάτων (ηφαιστειακών και υποηφαιστειακών) ενδιάμεσης έως όξινης σύστασης (Δάβη, 1960). Τα μαγματικά πετρώματα της νήσου Λήμνου είναι Κατώ Μειοκαινικής ηλικίας και γεωχημικά ανήκουν στην ασβεσταλκαλική έως σωσονιτική σειρά (Fytikas et al., 1979, 1984). Η περιοχή έρευνας στην τοποθεσία Φακού (Εικ. 3) καλύπτεται απο μαγματικά πετρώματα καθώς και ιζήματα της κατώτερης ιζηματογενούς ακολουθίας που περιλαμβάνουν εναλλαγές ιλυολίθων, μαργών και ψαμμιτών (Roussos, 1993). Διακρίνονται τέσσερις πετρογραφικοί τύποι στην περιοχή έρευνας: δόμοι λάβας ανδεσιτικής έως δακιτικής σύστασης, τόφφοι, χαλαζιακός μονζοδιορίτης και εναλλαγές αργίλλων-ψαμμιτών. Στην περιοχή Ρουσοπουλίου κυριαρχούν οι τόφφοι και τα τοφφικά λατυποπαγή. Η θέση Σαρδές χαρακτηρίζεται απο υποηφαιστειακή διεόδωση όξινης σύστασης, που διαπερνά ψαμμίτες (και αργίλλους) της κατώτερης ιζηματογενούς ακολουθίας.

3.2. Υδροθερμικές εξαλλοιώσεις

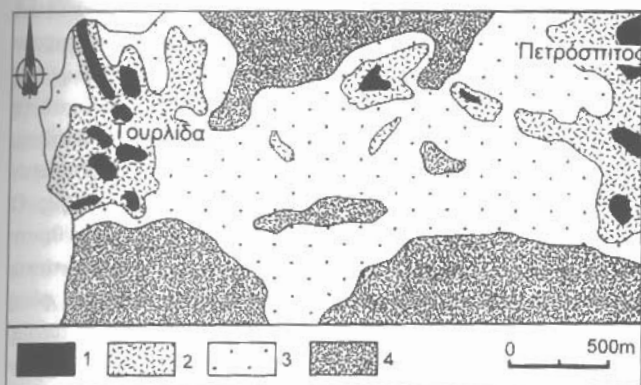
Περιοχή Φακού: Το επιθερμικό σύστημα στην περιοχή Φακού χαρακτηρίζεται απο έντονες υδροθερμικές εξαλλοιώσεις των μαγματικών και ιζηματογενών πετρωμάτων. Η εξαίτλωση των ζωνών υδροθερμικής εξαλλοίωσης ελέγχεται απο την ρηξιγενή τεκτονική. Στον Φακό αναπτύσσονται οι ακόλουθες ζώνες εξαλλοίωσης: α. ζώνη πυριτώσης, β. ζώνη αλουνίτη, γ. αργίλλικη ζώνη και δ. προπυλιτική ζώνη (εικ. 4).

Πυριτική εξαλλοίωση: Καταλαμβάνει ένα μεγάλο τμήμα της περιοχής. Ζώνες πυριτώσης, υπό μορφή πυριτικών καλυμμάτων ("silica caps") κυριαρχούν στο δυτικό και ανατολικό τμήμα (θέσεις Τουρλίδα και Πετρόσπιτος αντίστοιχα). Η πυριτίωση διακρίνεται σε πορώδη (vuggy silica) και σε συμπαγή μορφή (massive silica). Εντός των μικροκρυστάλλων κόκκοι χαλαζία, σιδηροπυρίτη και μαρκασίτη στη ζώνη πυριτώσης σε μικρές αναλογίες συμμετέχουν αλουινίτης, ζιρκόνιο και ανατάσης



Εικ. 3: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Φακού Λήμνου. Ανω Εώκαινο - Κάτω Ολιγόκαινο: 1. Ψαμίτες (πηλίτες, μάργες), Κάτω Μειόκαινο: 2. Χαλαζιακός μονζοδιορίτης, 3. ηφαιστείτες (λάβες), 4. Τόφροι, 5. Ρήγμα.

Fig. 3: Geologic map of Fakos area, Lemnos island. Upper Eocene-lower Oligocene: 1. sandstones (minor clays and marls); Lower Miocene: 2. quartz monzodiorite; 3. volcanics (lavas); 4. tuffs; 5. fault.



Εικ. 4: Επιφανειακή εξάπλωση ζωνών υδροθερμικής εξαλλοίωσης στην περιοχή Φακού νήσου Λήμνου: 1. Πορώδης και συμπαγής πυριτιώση (πυριτική εξαλλοίωση), 2. ζώνη αλουνίτη, 3. ζώνη αργιλική, 4. προπυλιτιώση (τοπικά υγιή πετρώματα).

Fig. 4: Distribution of alteration zones at Fakos area, Lemnos island: 1. Vuggy- and massive silica (silicic alteration); 2. quartz-alunite zone; 3. argillic zone; 4. propylitic alteration (locally fresh rock).

Εκτός των παραπάνω πυριτιώσεων, στην περιοχή Φακού εντοπίστηκαν φλεβικές μορφής πυριτιώσεις, οι οποίες συνδέονται με τις ρηξιγενείς ζώνες και τις επιθερμικές μεταλλοφορίες βασικών και πολυτίμων μετάλλων. Διακρίθηκαν μια συμπαγής τεφρή έως μαύρη πυριτιώση, που πιθανόν συνδέεται με σύστημα ρηγμάτων διεύθυνσης $B70^\circ A$ και μια μεταγενέστερη πυριτιώση λευκού-γαλακτώδους χαλαζία, που σχετίζεται πιθανόν με ρήγματα διεύθυνσης $B55^\circ-70^\circ A$. Η φλεβική συμπαγής μαύρη πυριτιώση εκτιμάται ότι αποτελεί την σε βάθος προέκταση των πυριτικών καλυμμάτων, που αναπτύσσονται στα υψηλότερα στρωματογραφικά επίπεδα της περιοχής. Τις φλεβικές πυριτιώσεις συνοδεύει βαρίτης, σερικίτης, σμεκτίτης και ασβεστίτης.

Ζώνη αλουνίτη: Αλυτὰ περιφερειακά και κάτω από τα πυριτικά καλύμματα στις θέσεις Πετροόπιτος, Τουρλίδα και στο κεντρικό τμήμα της περιοχής. Ο αλουνίτης συνυπάρχει με χαλαζία, λίγο καολινίτη και σιδηροπυριτή.

Ζώνη αργιλική: Χαρακτηρίζεται από τις παραγνέσεις σερικίτη-χαλαζία και σερικίτη-σμεκτίτη αντίστοιχα. Η ζώνη σερικίτη αναπτύσσεται κάτω από τη ζώνη αλουνίτη. Επίσης περιβάλλει τις φλεβικές πυριτιώσεις (μαύρη συμπαγή και γαλακτώδη) στα υψηλότερα τοπογραφικά επίπεδα, όπου και παρουσιάζει γραμμική ανάπτυξη κατά μήκος των πυριτικών φλεβών. Χαρακτηρίζεται από την παρουσία σερικίτη, χαλαζία, σιδηροπυριτή και τοπικά λίγο ακτινόλιθου. Σε χαμηλότερα επίπεδα η πλευρική εξαλλοίωση των χαλαζιακών φλεβών χαρακτηρίζεται από την παραγένεση σμεκτίτη, σερικίτη, χαλαζία και σιδηροπυριτή.

Προπυλιτική ζώνη: Η ζώνη προπυλιτιώσεως αναπτύσσεται στα χαμηλότερα επίπεδα του επιθερμικού συστήματος πλευρικά της αργυλλικής ζώνης.

3.3. Μεταλλοφορίες

Περιοχή Φακού: Η έρευνα για εντοπισμό χρυσού - αργύρου στην περιοχή Φακού επικεντρώθηκε στις πυριτικές ζώνες. Αξιόλογες συγκεντρώσεις μεταλλικών ορυκτών εντοπίστηκαν μόνο στο νότιο τμήμα της περιοχής και συγκεκριμένα σε χαλαζιακές φλέβες, που βρίσκονται μέσα στους ψαμίτες (δυτική και κεντρική ζώνη) και στο χαλαζιακό μονζοδιορίτη στα νοτιοανατολικά της περιοχής (ανατολική ζώνη).

Η **δυτική ζώνη** μεταλλοφορίας ευρίσκεται εντός χαλαζιακών φλεβών διεύθυνσης B55°Δ και έχει μήκος περίπου 500m και εύρος που ανέρχεται στα 80m. Εντός της πυριτωμένης δυτικής ζώνης κυριαρχούν φλεβικά λατυποπαγή (vein breccias) και πλέγμα χαλαζιακών φλεβιδίων (stockworks). Ο χαλαζίας στις φλέβες και τα λατυποπαγή ποικίλει μεταξύ γαλακτώδους συμπαγούς μορφής (milky quartz), λευκού χαλκηδονιούχου χαλαζία (chalcidonic quartz) και ιδιόμορφου διαηγούς χαλαζία, που πληρεί κενά (comb quartz). Τον χαλαζία στις φλέβες συνοδεύει βαρίτης. Τα γωνιώδη τεμάχια ψαμίτη στα λατυποπαγή είναι σερικιτωμένα.

Η **κεντρική ζώνη** παρουσιάζει έντονη ανάπτυξη φλεβιδίων διευθύνσεων B55°Δ και B70°Α. Έχει περίπου το ίδιο μήκος και εύρος με τη δυτική ζώνη. Στα υψηλότερα τοπογραφικά επίπεδα η εικόνα είναι η ίδια όπως αυτή περιγράφηκε προηγουμένως για τη δυτική ζώνη. Σε χαμηλότερα τοπογραφικά επίπεδα (περίπου 60m χαμηλότερα) εντοπίστηκε πλήθος χαλαζιακών φλεβών και υδροθερμικών λατυποπαγών με πλούσια μεταλλοφορία θειούχων, θειοαλάτων, τελλουριδίων και χρυσού. Οι φλέβες αυτές διαπερνούν τους ψαμίτες και τις λάβες. Διακρίθηκαν δύο φάσεις μεταλλοφορίας: κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης αποτίθεται τεφρός έως μαύρος, μικροκρυσταλλικός χαλαζίας, σφαλερίτης, γαληνίτης, τετραεδρίτης και άφθονος σιδηροπυρίτης. Το υλικό αυτό συνεκτικοποιεί πυριτωμένα γωνιώδη τεμάχια ψαμίτη σε φλεβικά λατυποπαγή ή αποτίθεται υπό συμπαγή μορφή στις φλέβες. Ο χαλαζίας συνοδεύεται από σμεκτίτη και λίγο βαρίτη. Στη πρώτη φάση μεταλλοφορίας δεν αποτέθηκαν πολύτιμα μέταλλα. Οι φλέβες που αποτελούνται από τεφρή έως μαύρη μικροκρυσταλλική πυριτίωση έχουν πάχος από μερικά cm έως 5m και ακολουθούν διεύθυνση B70°Α. Η δεύτερη φάση μεταλλοφορίας αρχίζει έπειτα από υδροθερμική λατυποποίηση των φλεβών συμπαγούς πυριτίωσης και των εξαλλοιωμένων πλευρικών πετρωμάτων (ιζηματα και λάβες). Χαρακτηρίζεται από την απόθεση πολύτιμων μετάλλων εντός φλεβών και φλεβιδίων, τα οποία διαπερνούν τόσο τη συμπαγή πυριτίωση όσο και τα πλευρικά εξαλλοιωμένα πετρώματα. Οι φλέβες χαρακτηρίζονται από ζωνώδη ανάπτυξη (crustification banding), πλήρωση κενών (open space filling) και υδροθερμική λατυποποίηση (hydrothermal brecciation). Η δεύτερη φάση μεταλλοφορίας χαρακτηρίζεται από την απόθεση θειούχων (σιδηροπυρίτη, χαλκοπυρίτη, σφαλερίτη, γαληνίτη, αρσενοπυρίτη), θειοαλάτων (τετραεδρίτη, βουρνονίτη), τελλουριδίων (εσσίτη, αλταίτη) και αυτοφυούς χρυσού. Σύνδρομα φλεβικά ορυκτά εκτός του χαλαζία και ασβεστίτη είναι ο βαρίτης, σερικίτης/σμεκτίτης και λίγος χλωρίτης. Αυτοφυής χρυσός απαντά με μορφή μικροσκοπικών κόκκων μεγέθους <2μm στον εσσίτη.

Η **ανατολική ζώνη** μεταλλοφορίας βρίσκεται περίπου 600m νοτιοανατολικά της κεντρικής ζώνης και χαρακτηρίζεται από τις υψηλότερες συγκεντρώσεις χρυσού στις μεταλλοφορίες της περιοχής Φακού. Έχει μήκος περίπου 1km και εύρος περί τα 10m. Το σύστημα των φλεβών έχει διεύθυνση B70°Α. Στη ζώνη αυτή εντοπίστηκαν τόσο η μαύρη συμπαγής πυριτίωση, που αντιστοιχεί στην πρώτη φάση μεταλλοφορίας, όσο και η γαλακτώδης πυριτίωση που χαρακτηρίζει τη δεύτερη μεταλλοφόρο φάση. Ο γαλακτώδης χαλαζίας συνοδεύεται από γαληνίτη, σφαλερίτη και βουρνονίτη. Σερικίτης και βαρίτης συνοδεύει τον χαλαζία στις φλέβες.

Περιοχή Σαρδών: Η αναγνωριστική έρευνα στην περιοχή Σαρδών αποκάλυψε την ανάπτυξη ενός συστήματος χαλαζιακών φλεβών αντίστοιχου με εκείνο της περιοχής Φακού. Οι φλέβες αναπτύσσονται εντός ενός πυριτωμένου και λατυπωμένου και συνοδεύονται με συστήματα οργμάτων διεύθυνσης B55°Δ και B70°Α όπως και στη περιοχή Φακού. Φλεβίδια μαύρης μικροκρυσταλλικής

πυριτίωσης με σιδηροπυριτίτη αποτέθηκαν κατά την διάρκεια μιάς πρώτης φάσης μεταλλοφορίας. Η δεύτερη φάση μεταλλοφορίας χαρακτηρίζεται από απόθεση γαλακτώδους χαλαζία και ασβεστίτη με αφθονο σιδηροπυριτίτη σε φλέβες, φλεβίδια και λατυποπαγή. Το πλευρικό πέτρωμα των χαλαζιακών φλεβών χαρακτηρίζεται από σερικιτίωση.

Περιοχή Ρουσοπουλίου: Στην περιοχή Ρουσοπουλί εντοπίστηκαν εντός ηφαιστειακών λατυποπαγών τρεις ζώνες μαύρης συμπταγούς πυριτίωσης. Η πυριτίωση αυτή είναι συχνά οπαλιούχος και συνδέεται με σερικιτική εξαλλοίωση του πλευρικού πετρώματος. Ζώνη αλουιτική αναπτύσσεται πάνω από την ζώνη πυριτίωσης. Χαρακτηριστική είναι η υδροθερμική λατυποποίηση τόσο των ζωνών πυριτίωσης όσο και της ζώνης αλουιτική. Η μεταλλοφορία περιλαμβάνει σιδηροπυριτίτη και μαρκασίτη σε διάσπαρτη μορφή και φλεβίδια που διαπερνούν τις ζώνες πυριτίωσης.

4. ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΩΝ

Δείγματα από φλεβικό κυρίως υλικό από το Πέραμα και τη Λήμνο αναλύθηκαν για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας τους σε χρυσό και άργυρο (Πιν. 1). Η ανάλυση των δειγμάτων έγινε με συσκευή φασματομετρίας ατομικής απορρόφησης με φούρνο γραφίτη στον Τομέα Οικονομικής Γεωλογίας & Γεωχημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών. Το όριο ανιχνευσιμότητας για τον χρυσό είναι 5ppb και για τον άργυρο 2ppb.

4.1. Περιοχή Περάματος

Στη θέση Νοτίου Περάματος δείγματα από τα ανώτερα τμήματα της ζώνης πυριτίωσης, που χαρακτηρίζονται από πορώδη πυριτίωση και αφθονία βαρίτη, έδωσαν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις σε χρυσό (μέσος όρος 16.5 gr/tn) και άργυρο (μέσος όρος 21.2gr/tn). Οι φλέβες χαλαζία-βαρίτη και τα φλεβικά λατυποπαγή που αναπτύσσονται στο νότιο τμήμα και στη βάση της ζώνης πυριτίωσης Νοτίου Περάματος χαρακτηρίζονται από αισθητά χαμηλότερες συγκεντρώσεις χρυσού (μέσος όρος 1.42gr/tn). Ο άργυρος κυμαίνεται μεταξύ 1.9 και 26gr/tn (μέσος όρος 9.5gr/tn). Με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα τα ανώτερα τμήματα της ζώνης πυριτίωσης φαίνεται να χαρακτηρίζονται από τις υψηλότερες συγκεντρώσεις χρυσού και αργύρου. Αντίθετα φλέβες χαλαζία - βαρίτη που διαπερνούν τη βάση της ζώνης πυριτίωσης παρουσιάζουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Αναλύσεις σε δείγματα από τις ζώνες οπαλιτίωσης του Βόρειου Περάματος και Α. Μαιροκορυφής έδωσαν τιμές χρυσού κάτω από το όριο ανίχνευσης (< 0.005gr/tn) και αργύρου μεταξύ 0.04 και 0.1gr/tn. Τα δείγματα αυτά συνοδεύονται από μεταλλοφορία βασικών μετάλλων.

Η μεταλλοφορία θειοαλάτων, που εντοπίστηκε σε φλέβες μαύρης συμπταγούς πυριτίωσης στη θέση Μαιροκορυφής, περιέχει αυξημένες συγκεντρώσεις σε χρυσό (1.45gr/tn) και άργυρο (162gr/tn). Αντίθετα η πλευρική ζώνη εξαλλοίωσης των φλεβών, που χαρακτηρίζεται από την παραγένεση χαλαζία - αλουιτική - καολινίτη, παρουσιάζει πολύ χαμηλές περιεκτικότητες σε χρυσό (< 0.01gr/tn).

4.2. Λήμνος

Φακός: Από την περιοχή Φακού αναλύθηκαν δείγματα από τις ζώνες πυριτίωσης και προχωρημένης αργιλικής εξαλλοίωσης (Τουρλίδα και Πετρόσπιτος) καθώς και υλικό από τις χαλαζιακές φλέβες από τη δυτική, κεντρική και ανατολική μεταλλοφόρο ζώνη και από διαφορετικά επίπεδα των επιθερμικών φλεβών.

Οι ζώνες πυριτίωσης, αλουιτική και τα υδροθερμικά λατυποπαγή στις θέσεις Τουρλίδα και Πετρόσπιτος παρουσίαζαν χαμηλές περιεκτικότητες χρυσού. Δείγματα με γαλακτώδη χαλαζία από την δυτική μεταλλοφόρο ζώνη έδωσαν περιεκτικότητες σε χρυσό μεταξύ 0.05gr/tn και 0.19gr/tn (μέσος όρος 0.12 gr/tn) και σε άργυρο της τάξης των 12.3gr/tn. Από την κεντρική μεταλλοφόρο ζώνη αναλύθηκε υλικό από διαφορετικά επίπεδα των επιθερμικών φλεβών. Σε φλεβικό υλικό από χαμηλότερα επίπεδα του συστήματος οι τιμές χρυσού κυμαίνονται μεταξύ 0.07gr/tn και 1.69gr/tn (μέσος όρος 0.43gr/tn) και αργύρου μεταξύ 0.5 και 38.0gr/tn (μέσος όρος 15.1gr/tn). Στα ανώτερα τμήματα της κεντρικής Ψηφιάκη-Βιβλιοθήκη-Θεόφραστος Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. σε χρυσό μεταξύ

0.55gr/tn και 2.6gr/tn (μέσος όρος 1.57gr/tn) και αργύρου μεταξύ 1.8gr/tn και 2gr/tn (μέσος όρος 1.9gr/tn). Η υψηλότερη τιμή σε χρυσό στην περιοχή Φακού μετρήθηκε σε φλεβικό υλικό απο την ανατολική ζώνη μεταλλοφορίας (5.6gr/tn). Απο τα υπάρχοντα δεδομένα δεν προκύπτει κάποια σχέση της συγκέντρωσης χρυσού με το επίπεδο ανάπτυξης των επιθερμικών φλεβών. Οι συγκεντρώσεις χρυσού όμως φαίνεται να είναι υψηλότερες στο ανατολικό ήμισυ του συστήματος των φλεβών που ερευνήθηκαν. Οι υψηλότερες τιμές αργύρου μετρήθηκαν σε δείγματα με άφθονο τετραεδρίτη στα χαμηλότερα επίπεδα του επιθερμικού συστήματος.

Πιν. 1: Συγκεντρώσεις Au και Ag σε μεταλλοφορίες του Περάματος και της Λήμνου

Table 1: Gold and silver grades in mineralizations of Perama and Lemnos island

Περιοχή	Τύπος μεταλλοφορίας	Au (gr/tn)		Ag (gr/tn)	
		Εύρος	Αρ.Μέσ.	Εύρος	Αρ.Μέσ.
Ανωτ. τμήματα ζ.πυριτίωσης Ν. Περάματος	διάσπαρτη μεταλλοφορία βαρίτη σε ρωγμές, κενά και υδροθερμικά λατυποπαγή	4.5-35.0	16.5	2.1-57.0	21.2
Κατ. τμήματα ζ.πυριτίωσης Ν. Περάματος	χαλαζίας-βαρίτης σε φλέβες πλέγμα φλεβιδίων και λατυποπαγή	0.2-3.6	1.42	1.9-26.0	9.5
80m κάτω απο ζ.πυριτίωσης Μαυροκορυφής	θειούχα-θειοάλατα σε διάσπαρτη μορφή και φλεβίδια εντός φλέβας συμπαγούς πυριτίωσης	1.45	1.45	162	162
Κατ. τμήματα ζών.πυριτ. Β. Περάματος	θειούχα σε διάσπαρτη μορφή και φλεβίδια εντός ζώνης οπαλιτίωσης	<0.005	<0.005	0.04-0.1	0.05
Κατ. τμήματα ζ.πυριτίωσης Α. Μαυροκορυφής	θειούχα σε διάσπαρτη μορφή και φλεβίδια εντός ζώνης οπαλιτίωσης	<0.005	<0.005	<0.04	<0.04
Ζώνες πυριτίωσης Πετρόσιτου	συμπαγής και πορώδης πυριτίωση	0.01-0.03	0.02	-	-
Ζώνες πυριτίωσης Τουρλίδας	υδροθερμικά λατυποπαγή	0.008-0.4	0.2	-	-
Τουρλίδα, ζώνη αλουμίτη	υδροθερμικά λατυποπαγή	0.01	0.01	-	-
Ανώτ. τμήματα Δυτικής μεταλλοφόρου ζώνης Φακού	χαλαζίας±βαρίτης σε φλέβες πλέγμα φλεβιδίων και υδροθερμικά λατυποπαγή	0.05-0.19	0.12	12.3	12.3
Ανώτ. τμήματα Κεντρικής μεταλλοφόρου ζώνης Φακού	χαλαζίας±βαρίτης σε φλέβες πλέγμα φλεβιδίων και υδροθερμικά λατυποπαγή	0.55-2.58	1.57	1.8-2.0	1.9
Κατώτ. τμήματα Κεντρικής μεταλλοφόρου ζώνης Φακού	θειούχα, θειοάλατα, τελλουρίδια σε φλέβες χαλαζία ± ασβεσίτη, φλεβίδια και λατυποπαγή	0.07-1.69	0.43	0.5-38.0	15.1
Ανώτ. τμήματα Ανατολικής μεταλλοφόρου ζώνης Φακού	χαλαζίας±βαρίτης σε φλέβες πλέγμα φλεβιδίων και υδροθερμικά λατυποπαγή	0.18-5.62	1.67	0.4-8.1	4.1
Σαρδές	χαλαζιακές φλέβες, πλέγμα φλεβιδίων και λατυποπαγή	0.01-0.28	0.09	-	-
Ρουσσοπούλι	θειούχα σε διάσπαρτη μορφή και φλεβίδια εντός ζώνης οπαλιτίωσης και λατυποπαγή	0.008-0.012	0.009	-	-

(-) Δεν αναλύθηκε

Σαφές και Ρουσοπούλι: Οι περιεκτικότητες σε χρυσό που μετρήθηκαν από τις Σαφές είναι χαμηλές και κυμαίνονται μεταξύ 0.01 και 0.28gr/tn. Πολύ χαμηλές (κάτω από 0.01 gr/tn) είναι και οι περιεκτικότητες σε χρυσό από υδροθερμικά λατυποπαγή και φλέβες μαύρης συμπαγούς πυριτίωσης από την περιοχή Ρουσοπούλι και καθιστούν την περιοχή αυτή χωρίς ενδιαφέρον για περαιτέρω έρευνα.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι επιθερμικές μεταλλοφορίες χρυσού - αργύρου που εντοπίστηκαν στο Πέραμα και τη Λήμνο είναι το αποτέλεσμα μαγματικών-υδροθερμικών διαδικασιών που έλαβαν χώρα στο βορειοελλαδικό χώρο κατά την διάρκεια του Τριτογενούς. Οι μεταλλοφορίες αναπτύχθηκαν σε ηπειρωτικές λεκάνες όπου έλαβε χώρα έντονη μαγματική δραστηριότητα και κάτω από καθεστώς εφελκυστικού τεκτονισμού σε αντιστοιχία με άλλες περιοχές στον κόσμο, όπως Taupo volcanic zone, Νέα Ζηλανδία και Great Basin, Nevada (White & Hedenquist, 1990).

Οι μεταλλοφορίες της περιοχής Περάματος (Ν. Πέραμα και Μαυροκορυφή) διαφέρουν μεταξύ τους σε ότι αφορά τα ορυκτολογικά και μορφολογικά τους χαρακτηριστικά. Τα υπάρχοντα δεδομένα δεν επιτρέπουν με βεβαιότητα την ταξινόμηση του μεταλλοφόρου συστήματος του Ν. Περάματος. Αυτό παρουσιάζει χαρακτηριστικά τόσο συστημάτων υψηλού θείου (high-sulfidation) όσο και χαμηλού θείου (low-sulfidation). Η παραγένεση βαριίτη-χρυσού στα ανώτερα τμήματα της ζώνης πυριτίωσης είναι συνήθης σε κοιτάσματα υψηλού θείου, όπως Tambo της Χιλής (Siddeley & Aradena, 1990), Sandstorm and Kendall mines στην περιοχή Goldfield της Νεβάδα (Vikre, 1989) και Summitville-Colorado (Stoffregen, 1987). Αντίθετα οι φλέβες χαλαζία-βαριίτη που αναπτύσσονται στην βάση της πυριτωμένης ζώνης παρουσιάζουν ζωνώδη δομή, πλήρωση διακένων, που είναι μάλλον χαρακτηριστικά γνωρίσματα συστήματος χαμηλού θείου (σύμφωνα με White & Hedenquist, 1995). Λόγω της έλλειψης περισσότερων δεδομένων (δεδομένα βάθους, ορυκτολογία μεταλλοφορίας βάθους) η μεταλλοφορία του Ν. Περάματος ταξινομείται με επιφύλαξη σε εκείνες του χαμηλού θείου.

Αντίθετα η μεταλλοφορία θειοαλάτων που εντοπίστηκε στην περιοχή Μαυροκορυφής είναι χαρακτηριστική των μεταλλοφοριών τύπου υψηλού θείου (high-sulfidation) και μάλιστα παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με αυτές του τύπου Nansatsu όπως έχουν περιγραφεί από τα κοιτάσματα Nansatsu της Ιαπωνίας (Izawa & Cunningham, 1989), Paradise Peak στην Νεβάδα (Sillitoe & Lorson, 1994) και Nalesbitan στις Φιλιππίνες (Sillitoe et al., 1990). Η μεταλλοφορία ευρίσκεται υπό μορφή φακών μέσα σε συμπαγή πυριτίωση, χαρακτηρίζεται από την αφθονία του ορυκτού λουζονίτη (αντίστοιχο του εναργίτη) καθώς και από την παρουσία φλεβικού αλουνίτη και καολινίτη. Τέλος οι μεταλλοφόρες φλέβες περιβάλλονται από προχωρημένη αργιλλική εξαλλοίωση του πλευρικού πετρώματος.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι στην περιοχή Περάματος πιθανόν έδρασαν δύο διαφορετικά μεταλλοφόρα συστήματα. Οι παρατηρήσεις αυτές είναι σε συμφωνία με ερευνητικά αποτελέσματα από άλλες περιοχές της Θράκης όπως η περιοχή Κασσιτερών-Κώνου. Στην περιοχή αυτή παρατηρήθηκε η συνύπαρξη μεταλλοφοριών τύπου χαμηλού και υψηλού θείου εντός ενός ηφαιστειακού κέντρου (Voudouris, 1993; Voudouris & Arikas, 1994).

Στην περιοχή Φακού αντίθετα τα υπάρχοντα δεδομένα συνηγορούν στην ανάπτυξη ενός επιθερμικού συστήματος χαμηλού θείου (low-sulfidation). Η μεταλλοφορία στα χαμηλότερα επίπεδα των επιθερμικών φλεβών συνοδεύεται από άφθονο ασβεσίτη, ο οποίος ως γνωστό, αποτίθεται από διαλύματα αλκαλικά και σχεδόν ουδέτερου pH, που χαρακτηρίζουν τις μεταλλοφορίες χαμηλού θείου (White & Hedenquist, 1995). Επίσης η παρουσία φλεβικού σερικίτη και σμεκτίτη καθώς και η προπυλιτική εξαλλοίωση του πλευρικού πετρώματος στα χαμηλότερα επίπεδα του συστήματος είναι χαρακτηριστικά μεταλλοφοριών χαμηλού θείου. Σε υψηλότερα τοπογραφικά επίπεδα κυριαρχεί η παρουσία του γαλακτώδους και χαλκηδονιούχου χαλαζία στις φλέβες και η σερικιτίωση του πλευρικού πετρώματος. Κατά θέσεις η πυριτίωση στις χαλαζιακές φλέβες χαρακτηρίζεται από ζώνωση κολλοειδούς ιστού (colloform banding) γνώρισμα των μεταλλοφοριών χαμηλού θείου.

Εκφράζονται οι ευχαριστίες των συγγραφέων προς τη Γενική Γραμματεία Έρευνας & Τεχνολογίας για τη χρηματοδότηση της έρευνας αυτής μέσω του Προγράμματος Ενίσχυσης Ερευνητικού Δυναμικού (ΠΕΝΕΔ-95).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BRIDGES, P.S., GORDON, M.J., MICHAEL, C. & AMPATZIOGLOU, M. 1997. Gold mineralization at Sappes, Northern Greece. "Europe's Major Gold Deposits". Irish Association for Economic Geology, 95-107.
- ΔΑΒΗ, Ε. 1960. Τα ηφαιστειογενή πετρώματα της νήσου Λήμνου. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, **11**, 1-82.
- FYTIKAS, M., GIULIANI, O., INNOCENTI, F., MARINELLI, G., MANNETI, P., MAZZUOLI, R., PECCERILLO, A., & VILLARI, L., 1979. Neogene volcanism of the northern and central Aegean region. *Ann. Geol. Pays Hell.*, **30**, 106-129.
- FYTIKAS, M., INNOCENTI, F., MANNETI, P., MAZZUOLI, R., PECCERILLO, A., & VILLARI, L., 1984. Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region, In: Dixon, J.E., & Robertson, A.H.F., (eds), *The geological evolution of the eastern Mediterranean: Oxford Geol. Soc. Spec. Publ.* **17**, 687-699.
- INNOCENTI, F., KOLIOS, N., MANNETI, O., MAZZUOLI, R., PECCERILLO, G., RITA, F., & VILLARI, L. 1984. Evolution and geodynamic significance of the Tertiary orogenic volcanism in northeastern Greece. *Bull. Volcanol.* **47**, 25-37.
- IZAWA, E., & CUNNINGHAM, C.G. 1989. Hydrothermal breccia pipes and gold mineralization in the Iwashita orebody, Iwato deposit, Kyushu, Japan. *Econ. Geology*, **84**, 715-724.
- KLOOS, R.-M. 1991. Geologische und petrographisch-geochemische Untersuchungen an oligozanen Vulkaniten im zentralen Teil des Grabens von Petrotia/Maronia, Thrakien, Nordostgriechenland. *Unveroffentl. Diplomarbeit, Geolo.-Paleontol. Inst., Univ. Hamburg*, 117pp.
- ΜΙΧΑΗΛ, Κ., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Π., ΜΑΡΑΝΤΟΣ, Ι. & ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ, Ε. 1988. Επιθερμικές μεταλλοφορίες χρυσού στην περιοχή Κώνου, Ανατ. Ροδότης. *ΙΓΜΕ Παρ. Ξάνθης*, 23pp.
- ROUSSOS, N. 1993. Geological map of Greece, Myrina and Moudros sheets, Limnos island, scale 1:50,000, I.G.M.E., Athens.
- SIDDELEY, G., & ARADENA, R. 1990. Gold-silver occurrences of the El Indio belt, Chile. *Earth Sci. Ser. Circum-Pacific Council Energy Mineral Resources*, **11**, 273-284.
- SILLITOE, R.H., ANGELES, C.A. JR., COMIA, G.M., ANTIQUA, E.C., & ABEYA, R.B. 1990. An acid-sulfate-type lode gold deposit at Nalesbitan, Luzon, Philippines. In: Hedenquist, J.W., White, N.C., Siddeley, G., (eds), *Epithermal gold mineralization of the Circum-Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration, I, Jour. Geochem. Explor.* **35**, 387-411.
- SILLITOE, R.H., & LORSON, R.C. 1994. Epithermal gold-silver-mercury deposits at Paradise Peak, Nevada: Ore controls, porphyry gold association, detachment faulting, and supergene oxidation. *Econ. Geology*, **89**, 1228-1248.
- STOFFREGEN, R. 1987. Genesis of acid-sulfate alteration and Au-Cu-Ag mineralization of Summitville, Colorado. *Econ. Geology*, **82**, 1575-1591.
- TESCH, C. 1991. Geologische und petrographisch-geochemische Untersuchungen an tertiären Vulkaniten im südöstlichen Teil des Grabens von Petrotia/Maronia, Thrakien, Nordostgriechenland. *Unveroffentl. Diplomarbeit, Geolo.-Paleontol. Inst., Univ. Hamburg*, 123pp.
- VIKRE, P.G. 1989. Ledge formation at the Sandstorm and Kendall gold mines, Goldfield, Nevada. *Econ. Geology*, **84**, 2115-2138.
- VOUDOURIS, P. 1993. Mineralogical, geochemical and fluid inclusion studies on epithermal vein type gold-silver mineralizations at Kassiteres/Sapes, (NE- Greece). *Unpub. Ph.D. thesis, Univ. Hamburg*, 218pp. (in German).
- VOUDOURIS, P., & Φηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

Greece: Geological, mineralogical and fluid inclusion studies. *Bull. Geol. Soc. Greece*, (in press, in German with English abstract).

WHITE, N.C. & HEDENQUIST, J.W. 1990. Epithermal environments and styles of mineralization: variations and their causes and guidelines for exploration In Hedenquist, J.W., White, N.C., Siddeley, G., (eds), *Epithermal gold mineralization of the Circum-Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration, II, Jour. Geochem. Explor.* **36**, 445-474

WHITE, N.C. & HEDENQUIST, J.W. 1995. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration. *Soc. Econ. Geologists Newsletter*, **23**, 9-13.

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ