

ΘΕΙΟΥΧΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ-ΧΡΩΜΙΤΙΤΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΤΡΕΙΑΣ

Ε. Δήμου*

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Στην παρούσα εργασία μελετώνται και συγκρίνονται οι θειούχες συγκεντρώσεις που βρίσκονται σε τρεις χρωμιτοφόρες θέσεις στην Ερέτρια (Μεταλλείο Μαύρο, Καστράκι 3 και χωριό Ερέτρια). Στο μεταλλείο Μαύρου παρουσιάζεται η πιο σημαντική θειούχος μεταλλοφορία, η οποία χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε χαλκό. Η μεταλλική παραγένεση περιλαμβάνει, χρωμίτη, σιδηροχρωμίτη, μαγνητίτη, μαγνητοπυρίτη, χαλκοπυρίτη, πεντλανδίτη, βαλλεριίτη, ιλβαίτη, σφαλερίτη, μακκίναβίτη, κουβανίτη, σιδηροπυρίτη, μίλλερίτη. Στις δύο άλλες θέσεις, η μεταλλοφορία είναι πιο περιορισμένη και με κύρια χαρακτηριστικά την απουσία του χαλκού και την παρουσία του αντιμονίου και αρσενικού. Στην μεταλλική παραγένεση συμμετέχουν, χρωμίτης, σιδηροχρωμίτης, μαγνητίτης, πεντλανδίτης, Νι-κοβαλίτης, μίλλερίτης, εζλεγουνδίτης, νικελίνης, βρείθοπτίτης, βαλλεριίτης, μαρκασίτης, ορσελίτης, χαλκοούνης. Συζητώνται οι διαφορές μεταξύ των δύο τύπων μεταλλοφοριών και η γενετική τους ερμηνεία.

A B S T R A C T

Sulphide occurrences located in three chromite bearing localities (Mavro Mine, Kastraki 3 and Eretria village) in the Eretria area, are described in this paper. The most significant sulphide mineralization appears to occur at Mavros Mine, where it is characterized by a high Cu content. Its ore mineral paragenesis consists of chromite, ferritchromite, magnetite, pyrrhotite, chalcopyrite, valleriite, pentlandite, ilvaite, sphalerite, mackinawite, cubanite, pyrite and millerite. At the other two localities, the mineralization is less developed and is characterized by the absence of Cu and the presence of Sb and As. The ore mineral paragenesis consists of chromite, ferritchromite, magnetite, pentlandite, Ni-cobaltite, millerite, heazlewoodite, niccolite, breithauptite, valleriite, marcasite and orcelite. The differences between the two types of mineralization and their suggested origin, are discussed.

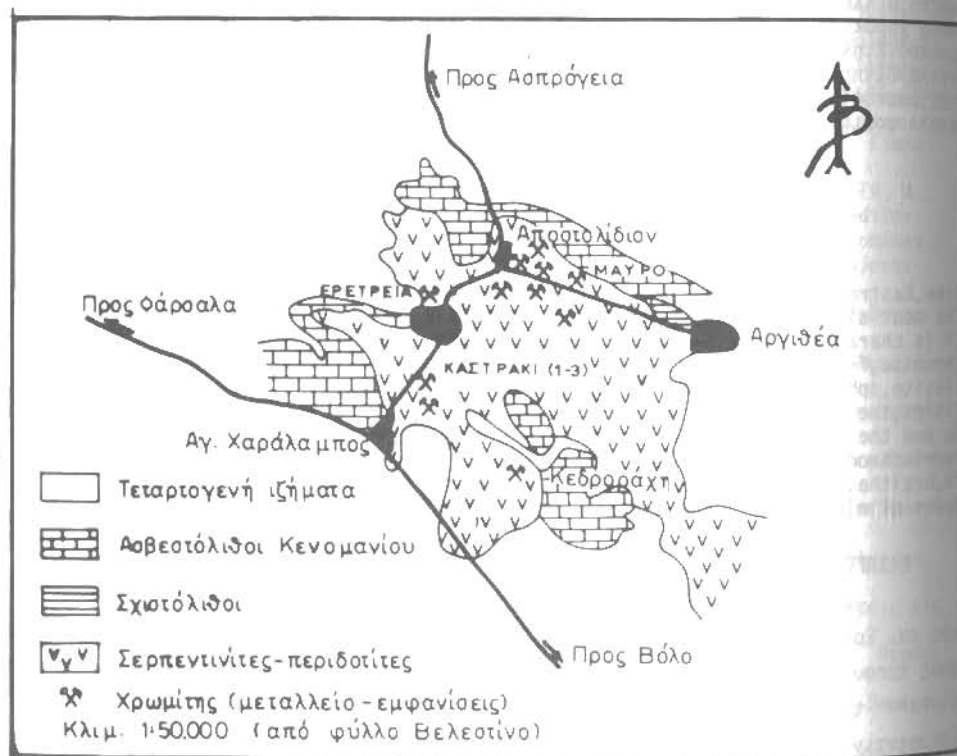
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην Όρθρυ, ως γνωστό, υπάρχουν δύο κύριες χρωμιτοφόρες περιοχές, Δομοκός και Ερέτρια (Τσαγκλί). Το χρωμιτικό μετάλλευμα και στις δύο θέσεις είναι συμπανούς τύπου και δημιουργεί σχετικά μικρά ακανόνιστα σώματα, ο δε χρωμίτης είναι πυρίμαχου τύπου, πλούσιος σε αργίλιο. Τα περιβάλλοντα πετρώματα είναι σερπεντινίτες (σερπεντινιωμένοι πελοδοτίτες-δουνίτες) με φαινόμενα έντονης τεκτονικής καταπόνησης.

Στην περιοχή της Ερέτριας η πρώτη σύγχρονη εκμετάλλευση για χρωμίτη, έγινε στη θέση Μαύρο ("Μεταλλείο Μαύρο" - 1^ο κοιτάσμα Τσαγκλί), όπου ανακαλύφθηκαν πάνω από 60 μικρά σώματα. Σε πολλά από αυτά τα μικρά σώματα υπάρχει μια μικρή αλλά πολύ ενδιαφέρουσα θειούχος μεταλλοφορία, ιδιαίτερα στα περιθώρια των χρωμιτικών σωμάτων. Σήμερα η εκμετάλλευση του χρωμίτη γίνεται στη θέση Καστράκι, ΝΔ από την θέση Μαύρο

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

και επεκτάθηκε απο το μεταλλείο "Καστράκι 1" στο "Καστράκι 3". Πρόσφατα, ερευνητικές γεωτρήσεις που έγιναν απο το ΙΓΜΕ μέσα στο χωριό Ερέτρια (ΒΔ Καστράκι), εντόπισαν επίσης χρωμικό συμπαγές σώμα, που είναι βέβαιο οτι αποτελεί την συνέχεια του κοιτάσματος Καστρακίου. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, εντοπίσθηκαν θειούχες συγκεντρώσεις μέσα στο χρωμικό σώμα και στον περιβάλλοντα σερπεντινίτη, οι οποίες όμως διαφέρουν σε πολλά σημεία απο αυτές στη θέση Μαύρο. Οι θειούχες συγκεντρώσεις στις τρεις παραπάνω θέσεις, αποτέλεσαν αντικείμενο της παρούσης έρευνας, αφενός γιατί παρουσιάζουν σπάνιες μεταλλικές παραγενέσεις, αφετέρου για να εξαχθούν τυχόν συμπεράσματα γύρω απο την σχέση των χρωμικών σωμάτων μεταξύ τους. Τα δείγματα που εξετάσθηκαν προέρχονται α) απο το παλιό μεταλλείο Μαύρου (δείγματα στοών και γεωτρήσεων β) απο το σημερινό "μεταλλείο Καστράκι 3" (δείγματα στοών, απο μέτωπα εκμετάλλευσης χρωμίτη γ) απο τις γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ στο χωριό Ερέτρια.



Σχ.1. Σκαρίφημα με τις θέσεις εμφάνισης των θειούχων συγκεντρώσεων (με κεφαλαία)
Fig.1. Sketch-map showing the sites of the sulphides occurrences (capital letters)

Στο σκαρίφημα (σχ.1, απο το φύλλο Βελεστίνου 1:50.000) εικονίζονται οι θέσεις στις οποίες αναφέρεται αυτή η μελέτη. Πρέπει να σημειωθεί όμως οτι πρόσφατες έρευνες του ΙΓΜΕ που βρίσκονται σε εξέλιξη (Γ.Μιγκίρος κ.α.1990) έδειξαν σημαντικές διαφορές στην γεωλογική δομή της περιοχής σε σχέση με τις επικρατούσες απόψεις και το γεωλογικό χάρτη. Διαπιστώθηκε μία ισχυρότατη συμπιεστική τεκτονική που είχε σαν συνέπεια την δημιουργία τριών υπερβασικών λεπίων: το κατώτερο-μεταλλοφόρο που περιλαμβάνει το Καστράκι-Κεδροράχι, το ενδιάμεσο-στειρό που περιλαμβάνει την Αργιθέα και το ανώτερο-μεταλλοφόρο που περιλαμβάνει το Μαύρο. Η μελέτη των θειούχων συγκεντρώσεων, ενίσχυσε την άποψη των γεωλόγων οτι υπάρχουν περισσότερα του ενός διαφορετικά σερπεντινικά τεμάχη.

Οι μικροαναλύσεις που αναφέρονται στο κείμενο πραγματοποιήθηκαν απο τους Γ.Οικονόμου (ΙΓΜΕ)* και Μ.С. Forette (École des Mines de Paris), για τους οποίους εκφράζονται ευχαριστίες.

Α) ΘΕΣΗ ΜΑΥΡΟ (1ο ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ ΜΑΥΡΟΥ)

Η θειούχος μεταλλοφορία στη θέση αυτή είχε επισημανθεί απο νωρίς και αναφέρεται απο τον Αθ. Πανάγο (1965, 1967) απο την Μ.Οικονόμου (1981, 1982) απο τους Μ.Οικονόμου-Α.Νaldrett (1984). Στην παρούσα εργασία προστίθενται μερικές επι πλέον παρατηρήσεις, κυρίως όσον αφορά την ορυκτολογία της μεταλλοφορίας και γίνονται συγκρίσεις με τις δύο άλλες θέσεις.

Παρόμοιου τύπου θειούχες μεταλλοφορίες που είναι σε άμεση σχέση με υπερβασιίτες-χρωμιτίτες, αναφέρονται σε δύο θέσεις στην Κύπρο: Πεύκος και Λαξιά του Μαύρου στο όρος Λεμεσού κυρίως απο τους Α.Παναγιώτου (1980), Μ. Foose et al. (1985), Ο. Thalhhammer et al. (1986). Ανάλογες όμως εμφανίσεις αναφέρονται και αλλού όπως στην Αμερική - Mackinaw mine και ΝΔ Oregon (Foose, 1985) και στο Μαρόκο-Βου Αzzer (Leblanc, 1981, Leblanc and Billaud, 1982). Στην Ελλάδα απο τους Σκουανάκη κ.α (1980) γίνεται αναφορά για μία θειούχο μεταλλική παραγένεση στα υπερβασιικά μέλη του σφιολιθικού συμπλέγματος του Σμόλικα.

Η θειούχος μεταλλοφορία στη θέση Μαύρο εμφανίζεται κυρίως στα περιθώρια των χρωμικών σωμάτων, με απότομη επαφή. Συχνά δημιουργείται ένας λατυποπαγής ιστός με πολλά θραύσματα χρωμίτη που επιπλέουν μέσα στην θειούχο μεταλλοφορία (εικ.2). Αυτό αποδεικνύει την υστερογενή δημιουργία της θειούχου μεταλλοφορίας, όταν ήδη ο χρωμίτης ήταν σε στερεά κατάσταση. Θειούχες ενώσεις, σε μικρότερη αναλογία, εντοπίζονται και μέσα στο κυρίως χρωμικό σώμα σε επιφάνειες ολίσθησης-τριβής, καθώς και μέσα στον περιβάλλοντα σερπεντινίτη. Ο σερπεντινίτης είναι και αυτός ισχυρά τεκτονισμένος και έχει υποστεί "μετασωματικά φαινόμενα" όπως φαίνεται απο τη δημιουργία των ορυκτών ιλβαίτη, βρουκίτη, γρανάτη-υδρογρανάτη, ακτινόλιθο. Τα τελευταία ορυκτά συνοδεύουν σχεδόν πάντα τα φλεβίδια με τη θειούχο μεταλλοφορία.

* Μικροαναλ. JFOL-733, Τάση 20KV, Ρεύμα 3ηΑ, διορθώσεις ΖΑΦ

Ο χρωμίτης γενικά παρουσιάζει υψηλή περιεκτικότητα σε Al_2O_3 (20-26%) και ανήκει στον πυρίμαχο τύπο. Στις θέσεις που είναι έντονα μωλνιτιωμένες και ιδιαίτερα στις θέσεις που έρχεται σε άμεση επαφή με τα θειούχα, παρουσιάζει μία σαφή περιθωριακή άλω από πορώδη σιδηροχρωμίτη ο οποίος φέρει άφθονα εγκλείσματα σιδήρου υλικού (εικ.3). Αυτός με την σειρά του περιβάλλεται, επίσης με σαφή όρια, από τυπικό μαγνητίτη (εικ.4). Ο μαγνητίτης δημιουργεί συχνά, μεγάλους ανεξάρτητους και ιδιόμορφους κρυστάλλους γενιάτους από εγκλείσματα θειούχων, γεγονός που καταδεικνύει την μεταξύ τους γενετική σχέση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Μικροαναλύσεις χρωμίτη-σιδηροχρωμίτη-μαγνητίτη
Microprobe analyses of chromite-ferritichromite-magnetite

	Χρωμίτης	Σιδηροχρωμίτης	Μαγνητίτης
Cr_2O_3	46,38	37,05	0,10
Al_2O_3	22,50	26,00	0,05
Fe_2O_3	3,17	8,10	68,82
FeO	11,30	14,11	30,07
MgO	15,24	14,32	0,05
MnO	0,32	0,31	0,14
NiO	0,20	0,10	-
TiO_2	0,20	0,15	0,10
SiO_2	0,12	0,15	0,40
	99,43	99,35	99,73

Γενικά η θειούχος μεταλλοφορία στην θέση Μαύρο χαρακτηρίζεται από μία υψηλή, για το είδος της, περιεκτικότητα σε χαλκό και δευτερευόντως σε Ni-Co. Από τα μεταλλικά ορυκτά τα πλέον άφθονα είναι ο μαγνητοπυρίτης και ο χαλκοπυρίτης. Ακολουθούν ο πεντανδιίτης ($\pm Co$), ο βαλλεριίτης, ο κοβελλίνης, ενώ σε μικρότερες σαφώς περιεκτικότητες είναι ο σφαλερίτης, ο ιλβαίτης, ο μακκινναβίτης, ο κουβανίτης, ο μιλλεριίτης. Πρέπει να επισημανθεί ότι εδώ δεν εντοπίστηκαν αρσενίδια και αντιμονιούχα ορυκτά, σε αντίθεση με τις θέσεις Καστράκι και χωριό Ερέτρια. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά τα μεταλλικά ορυκτά της συνηθέστερης αυτής μεταλλοφορίας:

Μαγνητοπυρίτης: Σχηματίζει αδρόκοκκες συγκεντρώσεις από κρυστάλλους με μωσαϊκό ιστό. Περιέχει άφθονα και μεγάλα εγκλείσματα πεντανδιίτη συχνά με φλογοειδή μορφή και σπάνια μικρά εγκλείσματα μαγνητίτη. Οι μικροαναλύσεις έδειξαν ότι στο Μαύρο υπάρχει κυρίως η εξαγωνική μορφή του μαγνητοπυρίτη, αφού ως γνωστό η εξαγωνική μορφή περιέχει 48-49 At. Fe και η μονοκλινή 46-47 At. Fe (Arnold, 1966, Desborough et al. 1965). Συχνά όμως οι μεγαλύτεροι κρύσταλλοι του μαγνητοπυρίτη παρουσιάζουν συμφύσεις εξαγωνικού-μονοκλινούς τύπου (ελασματικές απομίξεις). Υπάρχει σαφής οπτική

διαφορά μεταξύ των δύο τύπων, καθώς ο μονοκλινής παρουσιάζεται σε ανοικτότερα, σκληρότερα και λιγώτερο ανισότροπα ελάσματα (εικ.5). Κατά τον Arnold (1966) μπορεί να προσδιορισθεί η περιεκτικότητα σε εξαγωνικό και μονοκλινή μαγνητοπυρίτη από το διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X. Ο εξαγωνικός τύπος εμφανίζει την ανάκλαση της έδρας (102) σαν ένα απλό αλλά ισχυρό peak ενώ ο μονοκλινής τύπος αναλύει αυτήν σε δύο ισόμεθρη μικρότερης έντασης peaks (202-202 $\bar{2}$). Ο μαγνητοπυρίτης στη θέση Μαύρο έδειξε ότι αποτελείται από μίγμα εξαγωνικού-μονοκλινούς μαγνητοπυρίτη σε αναλογία περίπου 70:30%, ενώ σε ένα δείγμα έδειξε 60:40%. Κατά τους P. Ricot και J. Johan (1982) οι ελασματικές αυτές απομίξεις δημιουργούνται στις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ σ' άλλο σημείο προσδιορίζει ως ανώτερο όριο σχηματισμού του μονοκλινούς τύπου, τους 320°C.

Εκτός από την κοκκώδη αυτή μορφή του μαγνητοπυρίτη με τις ελασματικές απομίξεις, παρατηρήθηκε και μία άλλη μορφή μαγνητοπυρίτη, ιδιαίτερα συχνή στα θειούχα φλεβίδια που διασχίζουν τον σερπεντινίτη. Εντοπίζεται στα περιθώρια του κοκκώδους τύπου με σαφή διαχωριστική γραμμή από αυτόν και ιδιαίτερα στις παρυφές των φλεβιδίων. Είναι ανισότροπος πολύ πορώδης, ισχυρά παραμορφωμένος (εικ.6) και ο χημισμός του δείχνει μονοκλινή τύπο. Παρόμοιος τύπος μαγνητοπυρίτη έχει περιγραφεί σαν "finger-print structure" από τον Α. Παναγιώτου (1980) και τους O. Thalhammer et al. (1986) στην μεταλλοφορία του Δάσους Λεμεσού της Κύπρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Μικροαναλύσεις μαγνητοπυρίτη
Microprobe analyses of pyrrhotite

	Συμπαγής τύπος					Παραμορφωμένος-τριχοειδής	
Fe	63,42	63,46	63,52	63,26	63,32	61,95	61,88
S	36,42	36,45	36,37	36,32	36,38	37,53	37,56
Cu	0,1	0,08	0,10	-	0,19	0,30	0,44
	99,89	99,99	99,99	99,58	99,89	99,78	99,88

Χαλκοπυρίτης: Αποτελεί μαζί με τον μαγνητοπυρίτη, κύριο ορυκτό της μεταλλοφορίας. Δημιουργεί αυτόνομες συγκεντρώσεις και φλεβίδια, αλλά απαντάται και μαζί με τον μαγνητοπυρίτη, συνήθως εγκλωβίζοντας τον. Περιέχει, σχεδόν σταθερά, άφθονα εγκλείσματα- απομίξεις όπως: μακκινναβίτη σε σχετικά μεγάλα ραβδία με δαντελωτά-πριονωτά άκρα, κουβανίτη σε βελονοειδή συχνά προσανατολισμένα βελονίδια και σφαλερίτη συχνά με αστεροειδή μορφή. Η παρουσία όλων αυτών των εγκλεισμάτων-απομίξεων δείχνει μία υψηλή θερμοκρασία σχηματισμού για τον χαλκοπυρίτη. Ακόμη μεταξύ των κρυστάλλων χαλκοπυρίτη παρατηρείται μία μεμβρανοειδής ανάπτυξη μαγνητίτη (στεφάνη), ο οποίος προφανώς προέρχεται από αποβολή του πλεονάζοντος σιδήρου μέσα στον χαλκοπυρίτη.

Πεντανδιίτης: Απαντάται ως επί το πλείστον εγκλωβισμένος μέσα στον μαγνητοπυρίτη, όπου σχηματίζει ιδιόμορφους κρυστάλλους συχνά μεγάλου μεγέθους (εικ.7) ή φλογοειδείς απομίξεις κυρίως κατά μήκος και εκατέρωθεν μικρορωγμών του μαγνητοπυρίτη.

Σπανιότερα παρατηρείται και σε ανεξάρτητους κρυστάλλους στα διάκενα των κατακερματισμένων χρωμικών κόκκων. Οι μικροαναλύσεις έδειξαν ότι περιέχει μία σημαντική περιεκτικότητα σε Co, το δε ακτινογράφημα XRD τον χαρακτήρισε στις περισσότερες περιπτώσεις, σαν κοβαλιούχο πεντλανδίτη. Η περιεκτικότητά του σε Co δεν είναι σταθερή και κυμαίνεται από 2-3% στα μικρά εγκλείσματα μέσα στον μαγνητοπυρίτη έως 25% στους ανεξάρτητους κρυστάλλους (πιν.3). Σε παρόμοια μεταλλοφορία στην Κύπρο εντοπίστηκε επίσης πεντλανδίτη με υψηλά ποσοστά κοβαλτίου (27% στη Λάξια του Μαύρου και 2-3% στο Πεύκος).

Βαλλεριίτης: Ο βαλλεριίτης του Μαύρου, αποτελεί διδακτικό υλικό σε γεωλογικά ιδρύματα της αλλοδαπής (École de Mines de Paris), η δε παρουσία του αναφέρεται σε ξένα διδακτικά βιβλία (P. Ramdohr 1969). Εντοπίστηκε για πρώτη φορά από τον Β. Ανδρονόπουλο (1963) αλλά η εις βάθος μελέτη του ορυκτού έγινε από τον Αθ. Πανάγο (1967).

Παρουσιάζεται αποκλειστικά στις κατακλάσεις του χρωμικού μεταλλεύματος, σε ζώνες ολίσθησης, σε φλεβίδια στον σερπεντινίτη και μέσα στις θειούχες συγκεντρώσεις σαν συγκολλητικό υλικό. Άλλοτε δημιουργεί μεγάλα εύκαμπτα λαμπυρίζοντα πετάλια και άλλοτε λεπτόκοκκα συσσωματώματα (εικ. 8-9). Τα μεγαλύτερα πετάλια δείχνουν ισχυρές κυματοειδείς κάμψεις, που προφανώς οφείλονται σε τεκτονική καταπόνηση. Μικροσκοπικά αναγνωρίστηκαν δύο είδη βαλλεριίτη να συνυπάρχουν, ο τυπικός με το χρυσαφί χρώμα πλούσιος σε χαλκό και ο σκοτεινότερος γκριζοκίτρινος χωρίς χαλκό. Ο χαλκούχος τύπος, σαφώς υπερτερεί και συχνά περιέχει εγκλωβισμένα υπόλοιπα χαλκοπυρίτη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Μικροαναλύσεις πεντλανδίτη και βαλλεριίτη
Microprobe analyses of pentlandite and valleriite

	Πεντλανδίτης		*Cu-Βαλλεοιίτης	*Fe-βαλλεριίτης
Cu	0,41	0,03	17,02	1,69
Fe	17,00	37,19	39,50	53,08
S	33,00	32,89	20,12	18,01
Co	25,52	2,97	-	-
Ni	25,10	26,97	-	-
Mg	-	-	4,27	4,21
Al	-	-	1,70	1,58
H ₂ O (υπολογιστικά)	-	-	11,00	12,24
	101,03	100,05	*ημιποσοτικές αναλύσεις	

Ιλβαίτης (=Λιεβρίτης): Η παρουσία του απέτελεσε έκπληξη, επειδή ως γνωστόν, είναι ένα ορυκτό που απαντάται κυρίως σε "Skarn" εμφανίσεις. Γίνεται λοιπόν φανερό ότι στην προυπάρχουσα χρωμική μεταλλοφορία, έδρασαν αργότερα συνθήκες μετασωματικής

αντικατάστασης από διαλύματα υψηλών θερμοκρασιών. Είναι η πρώτη φορά που εντοπίζεται ιλβαίτης μέσα σε υπερμαφική παραγένεση στον Ελλαδικό χώρο, η παρουσία του όμως είναι γνωστή αλλού, όπως στη θέση Πεύκος του δάσους Λεμεσού της Κύπρου (Thalhammer et al. 1986). Στο μεταλλείο Μαύρου στο Τσαγκλί ο ιλβαίτης απαντάται σε λίγες αλλά μακροσκοπικά ορατές συγκεντρώσεις από μικρούς και μεγάλους κρυστάλλους σε επαφή (μωσαϊκός ιστός). Βρίσκεται σταθερά μαζί με όλα τα άλλα θειούχα ορυκτά της παραγένεσης χαλκοπυρίτη, μαγνητοπυρίτη, πεντλανδίτη.

Σφαλερίτης: Παρατηρήθηκε σε λίγα μόνο δείγματα, αλλά σε μεγάλους σπειροειδείς κρυστάλλους. Εντοπίστηκε μέσα στην κυρίως θειούχα μεταλλοφορία, καθώς και στην κατακερματισμένη χρωμική περιοχή μαζί με χρωμίτη (εικ. 10). Περιέχει μεγάλα εγκλείσματα καθώς και άφθονες μικροσκοπικές απομίξεις από χαλκοπυρίτη. Επισημαίνεται ότι ο σφαλερίτης είναι σπάνιος σε τέτοιου είδους παραγένεση.

Μακκίναβίτης: Είναι άφθονος για το είδος του και απαντάται σχεδόν αποκλειστικά μέσα στον χαλκοπυρίτη υπο μορφή εγκλεισμάτων-απομίξεων. Το μέγεθος τους συχνά είναι μεγάλο και το σχήμα τους ποικίλει από φακοειδές-γλωσσοειδές έως επίμηκες (εικ. 11). Παρατηρήθηκαν "ραβδία με δαντελωτά περιθώρια" που καταλαμβάνουν σχεδόν όλο το μήκος του ξενιστή χαλκοπυρίτη, τοποθετημένα κυρίως παράλληλα στους σχισμούς του. Πολύ σπάνια, μακκίναβίτης παρατηρήθηκε και μέσα στον μαγνητοπυρίτη, πάντα σε μικρά γλωσσοειδή εγκλείσματα. Εξαλλοιώνεται πολύ εύκολα και δίνει "βρώμικες" επιφάνειες. Ποιοτική ανάλυση έδειξε, εκτός από την παρουσία σιδήρου-θείου και πολύ μικρές περιεκτικότητες χαλκού και νικελίου. Η παρουσία του σε συνδυασμό και με την ταυτόχρονη παρουσία "stars σφαλερίτης" μέσα στον χαλκοπυρίτη, δηλώνει μία υψηλότερη θερμοκρασία σχηματισμού της μεταλλοφορίας, από ότι η δημιουργία του βαλλεριίτη επιδέχεται.

Κουβανίτης: Παρουσιάζεται αποκλειστικά υπο μορφή απομίξεων που τοποθετούνται ως επί το πλείστον παράλληλα προς τα κρυσταλλογραφικά στοιχεία του χαλκοπυρίτη. Συχνά συνυπάρχει μαζί με τον μακκίναβίτη στον ίδιο κρύσταλλο χαλκοπυρίτη, συνηγοώντας έτσι στην εκτίμηση μιάς υψηλής θερμοκρασίας σχηματισμού.

Σε πολύ μικρές περιεκτικότητες απαντώνται επίσης μλλερίτης και σιδηροπυρίτης σε διάσπαρτους κόκκους στον σερπεντινίτη ή μέσα στις ρωγμές του χρωμικού σώματος, καθώς και κοβελλίνης που αποτελεί προϊόν μετατροπής του χαλκοπυρίτη. Πρέπει να επισημανθεί ότι στο μεταλλείο του Μαύρου η Μ. Οικονόμου (1981) αναγνώρισε και περιέγραψε δύο θειούχα ορυκτά του χαλκού τον greerite και sponkorite, τα οποία όμως δεν ανευρέθηκαν κατά την παρούσα έρευνα.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, το κύριο χαρακτηριστικό της μεταλλοφορίας στο μεταλλείο Μαύρου είναι η υψηλή περιεκτικότητα σε χαλκό (χαλκοπυρίτης, βαλλεριίτης). Ορυκτά του αρσενικού και του αντιμονίου, δεν παρατηρήθηκαν, σε αντίθεση με τις δύο επόμενες θέσεις.

Β) ΘΕΣΗ ΚΑΣΤΡΑΚΙ (ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ ΚΑΣΤΡΑΚΙ Νο 3)

Η θειούχος μεταλλοφορία στη θέση αυτή είναι πολύ πλιό περιορισμένη απο αυ-
τήν στη θέση Μαύρο και παρουσιάζει διαφορετική ορυκτολογική σύσταση. Πλιό συγκεκριμέ-
να, χαρακτηρίζεται απο τη μικρή περιεκτικότητα σε χαλκό και θείο, καθώς και απο την
παρουσία ορυκτών με αντιμόνιο και αρσενικό. Η μεταλλοφορία στην θέση αυτή μελετάται
για πρώτη φορά και γι' αυτό είχε παλαιότερα αποκλειστεί απο τους Foose et al. (1985)
η παρουσία ορυκτών του Sb-As απο την περιοχή της Ερέτριας.

Οι θειούχες συγκεντρώσεις εντοπίζονται μέσα στο χρωμιτικό σώμα σε ζώνες
ολίσθησης-μιλωνιτώσης και στην επαφή του χρωμιτικού μεταλλεύματος με το φιλόξε-
νούν πέτρωμα. Το χρωμιτικό σώμα είναι ένας χρωμιτίτης συμπαγούς τύπου, ισχυρά κατα-
κερματισμένος, μέσα σε σερπεντινίτη που δείχνει τα ίδια έντονα φαινόμενα τεκτονι-
κής καταπόνησης. Στο μικροσκόπιο οι κόκκοι του χρωμίτη παρουσιάζουν σαφή και παχειά
περιφερειακή άλω απο πορώδη σιδηροχρωμίτη, που συχνά καταλαμβάνει σχεδόν όλη την ε-
πιφάνεια τους. Η συμμετοχή του μαγνητίτη είναι μικρότερη απο αυτήν στη θέση Μαύρο.

Η θειούχος μεταλλοφορία περιλαμβάνει τις παρακάτω μεταλλικές φάσεις κα-
τά σειρά ποσοστού συμμετοχής τους.

Πεντανδίτης: Απαντάται σε μικρούς ελεύθερους κρυστάλλους ή εγκλωβισμένους μέσα
στον βαλλεριίτη. Συχνά σχηματίζει επίσης μικτούς με τον μιλλεριίτη κόκκους, και πα-
ρουσιάζει στα περιθώρια των κρυστάλλων του, εξαλλοίωση σε βιολαρίτη.

Μιλλεριίτης: Γενικά απαντάται σε ρωγμές του χρωμίτη ή διακρυσταλλικά κενά. Δημιουργεί
μικρούς ανεξάρτητους κρυστάλλους ή μικτούς με άλλα ορυκτά του Ni, όπως πενταν-
δίτη, βρείθοπιτίτη, καταλαμβάνοντας συνήθως την κεντρική περιοχή των μικτών αυτών κρυ-
στάλλων

Νικελίνης: Σχηματίζει μικρούς κρυστάλλους χωρίς σχήμα που βρίσκονται πάντα μέσα
στις ρωγμές του χρωμίτη (υστερογενής). Συχνά δημιουργεί μία στεφάνη γύρω απο κόκκους
μιλλεριίτη. Οι μικροαναλύσεις έδειξαν ότι πρόκειται για τυπικό νικελίνη. Σε μία άλως
περίπτωση, ο νικελίνης έδειξε μία υψηλή περιεκτικότητα 7,7% σε Pb, η οποία θα πρέπει
να αποδοθεί είτε σε λεπτομερή σύμφυση δύο φάσεων νικελίνη-βρείθοπιτίτη ("Arite"),
είτε σε μόλυψη απο τον γειτονικό βρείθοπιτίτη (πιν. 4).

Βρείθοπιτίτης: Η συμμετοχή του, όπως και των δύο άλλων νικελλιούχων ορυκτών είναι πολύ
μικρή. Ως επι το πλείστον πληροί μικρορωγμές που διατρέχουν τον χρωμίτη (σαφώς υστε-
ρογενής). Δημιουργεί αμινείς κρυστάλλους ή συμφύσεις με τον μιλλεριίτη και σπανιώ-
τερα με τον νικελίνη (εικ. 12, πιν. 4).

Βαλλεριίτης: Η συμμετοχή του είναι σαφώς μικρότερη απο αυτήν στο μεταλλείο Μαύρο.
Πάντως, όπως και εκεί, απαντάται αποκλειστικά στις επιφάνειες ολίσθησης, σε ρωγμές και
σε κοιλότητες του χρωμιτικού μεταλλεύματος. Δημιουργεί λεπτοκρυσταλλικά συσσωματώμα-

τα αλλά και μεγάλα φυλλάρια που συμπλέκονται με βελόνες χλωρίτη. Συχνά περικλείει
μικρά κοκκία πεντανδίτη και μαρκασίτη. Η πιθανή προέλευση του βαλλεριίτη απο την
εξαλλοίωση του πεντανδίτη, προσκρούει μόνο στο γεγονός ότι ο βαλλεριίτης αυτός εί-
ναι χαλκούχος. Το σχετικό υψηλό ποσοστό χαλκού στον βαλλεριίτη, που ανιχνεύθηκε ποιο-
τικά με τον μικροαναλυτή, θα πρέπει να αποδοθεί επομένως σε άλλο πρωτογενές ορυκτό.

Μαρκασίτης: Παρουσιάζεται στις επιφάνειες ολίσθησης του χρωμιτικού μεταλλεύματος
μαζί με βαλλεριίτη και δημιουργεί λεπτόκοκα συσσωματώματα. Επισημαίνουμε ότι μαρ-
κασίτης δεν εντοπίσθηκε στη θέση Μαύρο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Μικροαναλύσεις μιλλεριίτη-νικελίνη-βρείθοπιτίτη
Microprobe analyses of Millerite-Niccolite-Breithauptite

	Μιλλεριίτης NiS	Νικελίνης (NiFeCo) As	Βρείθοπιτίτης NiSb	Αρίτης;			
Fe	0,15	0,30	0,39	0,42	0,56	0,45	0,62
S	34,78	34,55	0,80	0,76	0,06	-	0,48
Cu	0,15	0,09	0,08	0,08	0,13	0,10	-
As	0,14	0,68	45,49	45,58	0,71	0,65	45,04
Ni	64,05	63,60	50,73	50,66	31,21	31,45	44,75
Sb	0,22	-	1,18	1,15	67,47	67,40	7,70
Co	0,42	0,65	0,11	0,10	0,06	0,10	-
Ag	-	-	0,11	0,08	-	-	-
	99,91	99,87	98,89	98,83	100,20	100,15	98,59

Γ) ΧΩΡΙΟ ΕΡΕΤΡΕΙΑ

Οι πρόσφατες γεωτρήσεις που εκτέλεσε το ΙΓΜΕ μέσα στο χωριό Ερέτρια,
εντόπισαν ένα χρωμιτικό σώμα απο συμπαγή χρωμίτη. Ο σερπεντινίτης που φιλοξενεί την
μεταλλοφορία δείχνει έντονα φαινόμενα καταπόνησης-συμπίεσης-ταϊβής και στις περω-
σότερες θέσεις έχει χάσει κάθε ίχνος αρχικού ισοτού. Ακτινολιθος, χλωρίτης βρουκίτης,
μαγνησίτης, συμμετέχουν στην ίδια, ίσως και μεγαλύτερη αναλογία, απο τον ίδιο τον
σερπεντινή. Οποσδήποτε όμως απο τις λίγες εικόνες κυψελώδους ισοτού και βασίτη που
διατηρούνται, φαίνεται ότι αρχικά επρόκειτο για πυροξενικό περιδοτίτη.

Οι διάσπαστοι κρύσταλλοι του χρωμίτη παρουσιάζουν μία παχειά πορώδη ζώ-
νη απο σιδηροχρωμίτη που με την σειρά της περιβάλλεται απο μαγνητίτη. Ο μαγνητίτης
ο οποίος είναι άφθονος, δημιουργεί μικρές ταινιωτές δέσμες και ενώνει γραμμικά τους
διάφορους κόκκους χρωμίτη. Αυτό έχει σαν συνέπεια την εικόνα μιάς σαφούς γράμμωσης
στο δείγμα, που δεν είναι όμως αρχική. Ο χρωμίτης, όπως φαίνεται απο την μικροανάλυ-
ση που ακολουθεί, είναι πτωχός σε Cr₂O₃ και πλούσιος σε Al₂O₃ όπως και στο μεταλλείο
Μαύρο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Μικροαναλύσεις Χρωμίτη
Microprobe analyses of Chromite

SiO ₂	0,09	0,08	0,08	0,07
Al ₂ O ₃	23,53	23,66	23,15	23,06
MgO	12,68	12,72	13,05	13,12
FeO	18,43	18,32	18,02	17,90
TiO ₂	0,09	0,09	0,10	0,09
MnO	0,24	0,22	0,20	0,21
Cr ₂ O ₃	44,08	44,22	44,44	44,55
NiO	0,07	0,07	0,06	0,06
	99,21	99,38	99,10	99,06

Η θειούχος μεταλλοφορία, πολύ περιορισμένη, εντοπίζεται στον σερπεντινίτη (κυρίως) και στον χρωμίτη. Είναι η ίδια με αυτήν που παρατηρήθηκε στο μεταλλείο Καστράκι 3 και χαρακτηρίζεται από την παρουσία ορυκτών με As-Sb και από την σχεδόν ανύπαρκτη περιεκτικότητα σε χαλκό. Παρατηρήθηκαν και αναλύθηκαν οι παρακάτω μεταλλικές φάσεις, κατά σειρά συμμετοχής τους:

Πεντλανδίτης: Βρίσκεται διάσπαρτος σε μικρούς, αλλά μακροσκοπικά ορατούς κρυστάλλους μέσα στην σερπεντινική μάζα. Επίσης εντοπίζεται και σαν έγκλεισμα μέσα στο χρωμίτη και μαγνητίτη. Είναι γενικά κοβαλτιούχος, με ένα ποσοστό κοβαλτίου που κυμαίνεται από 1 έως 2,5% στους ελεύθερους κόκκους και έως 5,5% στους εγκλειόμενους κόκκους (πιν.6). Οπωσδήποτε όμως δεν φθάνει τις υψηλές τιμές κοβαλτίου του πεντλανδίτη του Μαύρου (πιν.3). Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι αυτός ο πεντλανδίτης περιβάλλεται σχεδόν σταθερά από μία λευκή στεφάνη με υψηλό ποσοστό κοβαλτίου που ανταποκρίνεται περίπου σε σύσταση νικελιούχου κοβαλτίτη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

Μικροαναλύσεις πεντλανδίτη και Ni-κοβαλίτη
Microprobe analyses of pentlandite and Ni-cobaltite

	ελεύθεροι κόκκοι (χωρίς στεφάνη)			ελεύθεροι κόκκοι (με στεφάνη)		έγκλεισμα (σε χρωμίτη)	Ni-κοβαλίτης (στεφάνη)	
Fe	28,75	31,42	28,49	31,78	31,44	24,02	2,46	2,05
S	33,20	35,62	33,05	31,82	31,60	33,18	17,39	18,86
Cu	0,10	0,03	0,23	-	0,01	0,09	-	0,01
As	0,10	0,19	0,16	0,13	0,39	0,38	42,7	43,08
Ni	34,62	30,94	34,65	33,16	33,64	35,02	17,97	16,15
Co	2,47	0,20	1,95	1,14	1,31	5,51	15,57	16,48
Au	-	-	-	-	-	0,41	-	-
	99,24	98,40	98,53	99,03	98,39	98,61	96,28	96,75

Εξλεγουδίτης: Σε ορισμένα δείγματα ξεπερνά σε περιεκτικότητα τον πεντλανδίτη. Είναι κυρίως διάσπαρτος στην σερπεντινική μάζα, αλλά βρίσκεται και σαν έγκλεισμα μέσα στον μαγνητίτη. Σαν διάσπαρτος σχηματίζει μεγάλες, για το είδος του, βελόνες, μακροσκοπικά ορατές και περιέχει συχνά εγκλείσματα ορσελίτη (εικ. 13 πιν.7).

Βρείθοπιτίτης: Η συμμετοχή του είναι μικρότερη από αυτήν στη θέση Καστράκι. Απαντάται σε σπάνιους μικρούς ελασματικούς κρυστάλλους που συχνά συμφύονται με μιλλερίτη. Η μικροανάλυση έδειξε ότι έχει την ίδια περίπου σύσταση με τον βρείθοπιτίτη του Καστρακίου. Το As που περιέχει (2,8% πιν.7) ίσως και πάλι να οφείλεται σε εγκλειόμενο ορσελίτη.

Ορσελίτης: Βρίσκεται σε πολύ μικρή αναλογία και σε πολύ μικρούς κρυστάλλους, αιμαίς ή μικτούς με τον εξλεγουδίτη. Παρουσία ορσελίτη αναφέρεται και στην Πίνδο από τους J. Logand et al. το 1984. Το ποσοστό το αρσενικού που περιέχει ο ορσελίτης της Ορθους είναι υψηλότερο από αυτό του ορσελίτη της Πίνδου (πιν.8).

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Μικροαναλύσεις εξλεγουδίτη και βρείθοπιτίτη
Microprobe analyses of Heazlewoodite and Breithauptite

	Εξλεγουδίτης-βελονοειδ.	Εξλεγουδίτης-κοκκώδης		Βρείθοπιτίτης
Fe	1,48	0,26	0,14	0,39
S	25,36	23,10	26,10	0,01
Cu	0,02	0,13	-	0,07
As	0,26	3,72*	0,32	2,80
Ni	71,92	70,29	70,11	32,89
Au	0,15	0,10	0,14	0,34
Co	0,03	0,35	-	0,09
	99,34	98,11	96,85	100,09

*Το As μάλλον οφείλεται σε μικρά εγκλείσματα ορσελίτη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

Μικροαναλύσεις ορσελίτη και Χ;θειούχο
Microprobe analyses of Orselite and χ; mineral

	Ορσελίτης		Χ; θειούχο
Fe	0,24	0,84	0,42
S	0,16	1,45	17,92
Cu	0,40	0,25	71,49
As	30,70	29,56	0,94
Ni	64,25	61,01	8,32
Sb	0,98	1,30*	0,21
Co	0,22	1,69	0,10
Zn	-	-	0,10
	96,95	96,10	99,50

* Το Sb ίσως οφείλεται σε γενιτίαση με τον βρείθοπιτίτη.

Άγνωστο χαλκούχο ορυκτό. Σε σήμαντη αναλογία και σε πολύ μικρούς κρυστάλλους, εντοπίστηκε ένα μεταλλικό ορυκτό με όψη χαλκούνη, κυρίως σαν λεπτή στεφάνη γύρω από τον ορσελίτη. Ενδέχεται λοιπόν το υψηλό ποσοστό Ni που περιέχει, να οφείλεται στον γειτονικό ορσελίτη.

Δ) ΜΕΤΑΛΛΟΓΕΝΕΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Απο όλες τις προηγούμενες παρατηρήσεις, (ορυκτολογικές-ιστολογικές) φαίνεται καθαρά ότι έχουμε δύο ξεχωριστούς τύπους θειούχων μεταλλοφοριών.

Στις θέσεις Καστράκι και Ερέτρια η μεταλλοφορία είναι παρόμοια, περιορισμένων διαστάσεων και χαρακτηρίζεται α) από έλλειψη ορυκτών του χαλκού. Το ποσοστό του χαλκού που εντοπίστηκε στον βαλλερίτη είναι σήμαντο και δεν αλλάζει την παραπάνω διαπίστωση β) από την απουσία του μαγνητοπυρίτη, που αποτελεί ως γνωστόν, κύριο μεταλλικό ορυκτό της μεταλλοφορίας του Μαύρου γ) από το σχετικά υψηλό ποσοστό Ni που κατανέμεται σε διάφορα μεταλλικά ορυκτά δ) από την παρουσία αντιμονιούχων ορυκτών-αρσενιδίων και κατ'επέκταση από τη μικρή περιεκτικότητα σε θείο.

Στη θέση Μαύρο η θειούχος μεταλλοφορία είναι πιά σημαντική και χαρακτηρίζεται α) από την έντονη παρουσία του Cu, σε αντιδιαστολή μ'αυτήν του Ni. β) από έναν υψηλό λόγο Co/Ni. γ) από την παρουσία του Zn και την παντελή απουσία των στοιχείων Sb-As. Άλλη σημαντική παρατήρηση είναι ότι η τεκτονική καταπόνηση στη θέση Μαύρο υπήρξε ισχυρότερη από αυτήν που έπληξε τις δύο θέσεις Καστράκι-Ερέτρια. Αυτό διαπιστώνεται από τον κατακερματισμό-μιλωνιτίωση του χρωμιτίτη στα περιθώρια του, από τις παραμορφώσεις και μεταλλάξεις ορυκτών (τεκτονικές-παραμορφώσεις-finger-print ιστός στον μαγνητοπυρίτη) και από την παρουσία ορυκτών όπως ο βαλλερίτης, που ως επί το πλείστον βρίσκονται στις ζώνες ολίσησης. Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο Μαύρο είναι έκδηλα και τα μετασωματικά φαινόμενα (ιλβαίτης, υδρογρανάτες...).

Στην πρώτη περίπτωση (Καστράκι-Ερέτρια) οι θειούχες συγκεντρώσεις από τον τρόπο που παρουσιάζονται (ρωγμές φλεβίδια) αλλά και από τον χημισμό τους, φαίνονται να συνδέονται σχεδόν αποκλειστικά με την σερπεντινίωση. Βέβαια υπάρχουν και κάποια μεταλλικά ορυκτά που μπορούν να θεωρηθούν του μαγματικού σταδίου, όπως το αρσενίδιο νικελίνης (800^o-900^oC), που όμως δεν αποτελούν την κύρια μεταλλοφορία. Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι το άλλο αρσενίδιο που απαντάται, ο ορσελίτης, είναι δευτερογενές και προέρχεται από την μετατροπή του νικελίνης κατά την σερπεντινίωση κάτω από 400-450^oC. (Lorand et al 1984). Γενικά ο χημισμός της μεταλλοφορίας αυτής φαίνεται απόλυτα συμβατός με αυτόν του υπερβασικού ξενιστή. Η αυξημένη ένταση της μεταλλοφορίας μπορεί να αποδοθεί αφ'ενός στην σχεδόν καθολική σερπεντινίωση που επικρατεί στην περιοχή, αφ'ετέρου στην ισχυρή τεκτονική καταπόνηση που διευκόλυνε αυτήν. Οι ομοιότητες των μεταλλικών παραγενέσεων στις θέσεις Καστράκι και Ερέτρια, ενισχύουν την άποψη των γεωλ. Γ. Νικκίρο και Ι. Βακόνδιο (προφορική ενημέρωση) ότι πρόκειται για επέκταση του ίδιου χρωμιτοφόρου σώματος.

Στη θέση Μαύρο η σύσταση της θειούχου μεταλλοφορίας δεν είναι απόλυτα συμβατή με τον χημισμό του πλούσιου σε Ni, ξενιστή της. Οι M. Economou and A. Naldrett (1984) προσδιόρισαν τιμές Cu/(Cu+Ni) μεταξύ 0,5-0,96, προφανώς πολύ υψηλότερες απ'αυτές που αναμένονται για μαγματικές μεταλλοφορίες στα υπερβασικά πετρώματα. Αλλά και ο τρόπος με τον οποίο η μεταλλοφορία αυτή παρουσιάζεται (στα περιθώρια του χρωμιτικού σώματος, στις κατακερματισμένες ζώνες σαν συγκολλητικό υλικό, και με φλεβίδια), δείχνει ότι πρόκειται για μεταμαγματική υδροθερμική μεταλλοφορία. Όπως αναφέρεται και για άλλες παρόμοιου τύπου μεταλλοφορίες (Βου Αζερ-Μαρόκο, Leblanc et al 1982), τα υδροθερμικά διαλύματα προφανώς διευκολύνθηκαν στην άνοδο τους από διαύλους (τεκτονικές επαφές) που δημιουργήθηκαν κατά την τεκτονική τοποθέτηση των οφιολιθών. Μία εκδοχή είναι, τα υπεύθυνα για την μεταλλοφορία διαλύματα, να είναι τα ίδια της σερπεντινίωσης, αναμεμιγμένα με θαλάσσιο νερό. (Ας σημειωθεί ότι οι γεωτρήσεις στην Ερέτρια συνάντησαν στον σερπεντινίτη παρεμβολή ηφαιστειακών πετρωμάτων σπιλιτικής σύστασης αναμεμιγμένων με αμεταμόρφωτα ιζήματα Αν. Κρητιδικής ηλικίας, που προφανώς αποτελούν τα ανώτερα και ανεστραμμένα μέλη οφιολιθικής ακολουθίας). Μία άλλη εκδοχή είναι ότι, η έντονη υδροθερμική δράση ενισχύθηκε και από κάποια μαγματική δραστηριότητα (διείσδυση φεμικών φλεβών, ή πλουτωνιτών) μέσα στον ήδη σερπεντινωμένο περιδοσίτη. Η παρουσία του αφαερίτη και του ιλβαίτη στην μεταλλοφορία του Μαύρου έρχεται σε συμφωνία με την παραπάνω υπόθεση. Μία τέτοια εξήγηση έδωσαν και οι Thalhhammer et al. (1986), δηλαδή συνδιασμό τεκτονικής και μαγματικής μετα-σερπεντινικής δραστηριότητας για την μεταλλοφορία στο Δάσος Λεμεσού της Κύπρου. Για την ώρα πάντως, δεν μπορεί να υιοθετηθεί καμία ερμηνεία, αν πρώτα δεν ολοκληρωθεί η γεωλογική έρευνα του ΙΓΜΕ και δεν γίνουν ορισμένα εργαστηριακά, όπως π.χ. ρευστά εγκλείσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β. (1963). Θειούχος μεταλλοφορία Νικελίου εντός των υπερβασικών πετρωμάτων της Ελλάδος. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Ετα. 6, τόμος V, τεύχος 2, σελ. 59-72
- ARNOLD. (1966). Mixtures of hexagonal and monoclinic pyrrhotite by X-ray diffraction. *Am. Min.* V. 51 p. 1221-1227.
- DESBOROUGH, G. - CARPENTER, R. (1965). Phase relations of pyrrhotite. *Econ. Geol.* Vol. 60 p. p. 1431-1450.
- ECONOMOU, M. (1981). A second occurrence of the copper sulfides geerite and spionkopite in Eretria area, Central Greece. *N. Jb. Miner. Mh. Jg.* H. 11 p. p. 489-494 Stuttgart.
- ECONOMOU, M. (1982). An Unusual Association of Fe-Ni-Co-Cu sulfides with Chromite and Magnetite in Eretria (Tsangli) Area, Greece. *Chem. Erde* 41 p. p. 325-336
- ECONOMOU, M. - NALDRETT, A. (1984). Sulfides Associated with Podiform Bodies of Chromite at Tsangli Eretria, Greece. *Min. Deposita* 19 p. p. 289-297.
- FOOSE, M. P. (1985). The setting of a magmatic sulfide occurrence in a dismembered ophiolite, southwest Oregon U.S. *Geol. Surv. Bull.* 1626A.
- FOOSE, M. - ECONOMOU, M. - PANAYIOTOU, A. (1985). Compositional and mineralogic constraints on the genesis of ophiolite hosted nickel mineralization in the Peykos Area, Limassol Forest, Cyprus. *Min. Deposita* 20, p. p. 234-240
- LEBLANC, M. - BILLAUD, P. (1982). Cobalt Arsenide Orebodies related to an Upper Proterozoic Ophiolite Bou Azzer (Morocco). *Econ. Geol.* Vol. 77 p. p. 162-175.
- ΜΙΓΚΙΡΟΣ, Γ. - ΒΑΚΟΝΔΙΟΣ, Ι. - ΔΗΜΟΥ, Ε. (1990). Γεωλογικές-Κοιτασματολογικές Έρευνες στην Περιοχή Ερέτρια-Μαρόκο. Εσ. Έκθ. ΙΓΜΕ.

- LORAND J.P.-PINEN,M.(1984).L'orcelite des peridotites de Beni Bousera(Maroc),Ronda (Espagne),Table Mountain et Blow-me-Down Mountain(Terre-Neuve)et du Pinde Septentrional(Greece).*Canadian Mineralogist* Vol.22, p.p.553-560
- PANAYIOTOU,A.(1980).Cu-Ni-Fe sulfide mineralization,Limassol Forest, Cyprus.*Intern. Ophiolite Symposium Cyprus 1979* p.p. 101-116.
- PANAGOS,A.(1965). Πνευματολυτική και υδροθερμική δράση εντός του κοιτάσματος χρωμίτη της Ερέτριας(Τσαγκλίου),Πρακτικά Ακαδ.Αθηνών.Τόμος 40ος σελ.122-131.
- PANAGOS,A.(1965). Κρυσταλλοχημεία και χημική σύνθεσις των χρωμιτών Όρθρουσ. Πρακτ. Ακαδ.Αθηνών. Τόμος 40 σελ. 339-350.
- PANAGOS,A.(1967). Επι του βαλλεριίτη Ερέτριας(Τσαγκλίου).Πρακτικά Ακαδ.Αθηνών.Τόμος 42ος σελ. 382-395.
- PICOT,P.-JOHAN,Z.(1982). Atlas des mineraux metalliques BRGM.
- PAPUNEN,H.(1971). Sulfide mineralogy of the Kotalahti and Hitura Nickel-Copper Ores, Finland *Ann.Acad Scient.Fennicae Serie A III Geol-Geogr.N.109 Helsinki.*
- RAMDOHR,P.(1969). The ore minerals and their intergrowths.*Pergamon Press Oxford.*
- SCOUNAKIS,S.-ECONOMOU,M.-SIDERIS,D.(1980). The ophiolite complex of Smolicas and the associated Cu-Sulfide deposits.*IGCP.proj. No 169 UNESCO* p.p. 361-374
- THALHAMMER,O.-STUMPFL,E.-PANAYIOTOU,A.(1986). Postmagmatic hydrothermal origin of sulfide and arsenide mineralizations at Limassol Forest,Cyprus.*Mineral Deposita*, 21,p.p. 95-105.

ΕΙΚΟΝΕΣ-FIGURES

- Εικ.2. Θραύσματα χρωμίτη συγκολλημένα απο πυρροθίτη.
Fig.2. Chromite fragments cemented by pyrrhotite.Refl.Light,Nicols //,X100
- Εικ.3. Κρύσταλλος χρωμίτη,περιβαλλόμενος απο άλω πορώδους σιδηροχρωμίτη.
Fig.3. Grain of chromite,with a corona of porous ferrochromite.Refl.light,Nicola // X200
- Εικ.4. Ανάπτυξη πυρροθίτη(λευκό)πάνω σε κρύσταλλο χρωμίτη, με παρεμβολή σιδηροχρωμίτη.
Fig.4. A growth of pyrrhotite (white)on a crystal of chromite, with ferrochromite between.Refl.light, Nicols //,X200
- Εικ.5. Εξαγωνικός πυρροθίτης,με έλάσματα μονοκλινούς.
Fig.5. Exagonal pyrrhotite including lamelles of monoclinic pyrrhotite.Refl.light Nicols ,X200.
- Εικ.6. Ισχυρά παραμορφωμένος πορώδης πυρροθίτης στα περιθώρια του κοκκώδους
Fig.6. Intensely deformed porous pyrrhotite in the border of granular pyrrhotite Refl.light,Nicols // X200
- Εικ.7. Κρύσταλλοι Co-πεντλανδίτη μέσα σε πυρροθίτη
Fig.7. Co-pentlandite crystals in pyrrhotite.Refl.light, Nicols //,X200
- Εικ.8. Μεγάλα εύκαμπτα φυλλάρια βαλλεριίτη
Fig.8. Large,flexible crystals of valleriite,light, Nicols //, X200
- Εικ.9. Συσσωματώματα λεπτόκοκκου βαλλεριίτη σε ρωγή
Fig.9. Aggregates of fine grained valleriite in a fissure.Refl.light,Nicols //,X200
- Εικ.10. Σφαλερίτης με εγκλείσματα-απομίξεις χαλκοπυρίτη.Διακρίνεται κόκκος χρωμίτη με περιφερειακή άλω σιδηροχρωμίτη.
Fig.10. Sphalerite with inclusions of chalcopyrite. A chromite crystal bordered by ferrochromite, is present. Refl.light, Nicols //,X200
- Εικ.11. Μεγάλοι κρύσταλλοι μακκιναβίτη μέσα σε χαλκοπυρίτη (λευκό)
Fig.11. Larg crystals of mackinawite in chalcopyrite.Refl.light,Nicols X200
- Εικ.12. Βρείθοπτίτης (λευκό) μέσα στις ρωγμές του χρωμιτικού μεταλλεύματος
Fig.12. Breithauptite(white)in fractures,of chromite ore.Refl.light Nicols //,X200
- Εικ.13. Μεγάλες βελόνες εζλεγουδίτη και δύο κόκκοι χρωμίτη
Fig.13. Big needles of heazlewoodite and two chromite crystals.Refl.light,Nicols // X200.

