

Πρακτικά	4ου Συνεδρίου	Μάιος 1988	
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XXIII/2	σελ. 313-326	Αθήνα 1989
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

Η ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ ΣΤΑ ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΤΡΙΠΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΕΠΑΡΧΙΑ ΚΥΝΟΥΡΙΑΣ (ΤΥΡΟΣ-ΛΕΩΝΙΔΙΟ-ΜΠΟΥΡΝΙΑ)

Π. ΗΛΙΑ, Μ. ΔΗΜΗΤΡΟΥΛΑ

ABSTRACT

At this study we deal with mineralization located at the Kinouria district (Arkadia) hosted within the lower horizons of the carbonates of the Tripolis Zone.

At this area we found two types of mineralization.

- (a) Primary sulfide mineralization at Bourrnias Cape, and
(b) Gossan mineralization at several localities in between Leonidio and Tyros.

Both mineralizations occur as veins, veinlets and fracture fillings. Both have a number of common features and have been formed epigenetically. The mineralizing solutions deposited the sulfide along tectonic discontinuities of NW-SE and NE-SW direction in dolomites and dolomitic limestones.

ΣΥΝΟΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετώνται οι μεταλλοφόρες εμφανίσεις, που εντοπίζονται στην επαρχία Κυνουρίας του Ν. Αρκαδίας και φιλοξενούνται στους κατώτερους ορίζοντες της ανθρακικής σειράς της ζώνης Τρίπολης.

Στην περιοχή έχουμε δυο τύπους μεταλλοφορίας:

- (α) Την πρωτογενή θειούχο μεταλλοφορία στο Ακρωτήριο Μπουρνιάς, και
(β) Την μεταλλοφορία σιδηρούχων καλυμμάτων (gossan) μεταξύ Λεωνιδίου-Τυρού.
Οι δυο τύποι μεταλλοφορίας εμφανίζονται σε ελέςες και σε πυκνό δίκτυο φλεβιδίων έχουν πολλές ομοιότητες και έχουν σχηματισθεί επιγενετικά. Τα μεταλλοφόρα διαλύματα εναπόθεσαν το μεταλλικό τους φορτίο σε ζώνες διαρρήξεων και ασυνεχειών ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης των δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολιθών.

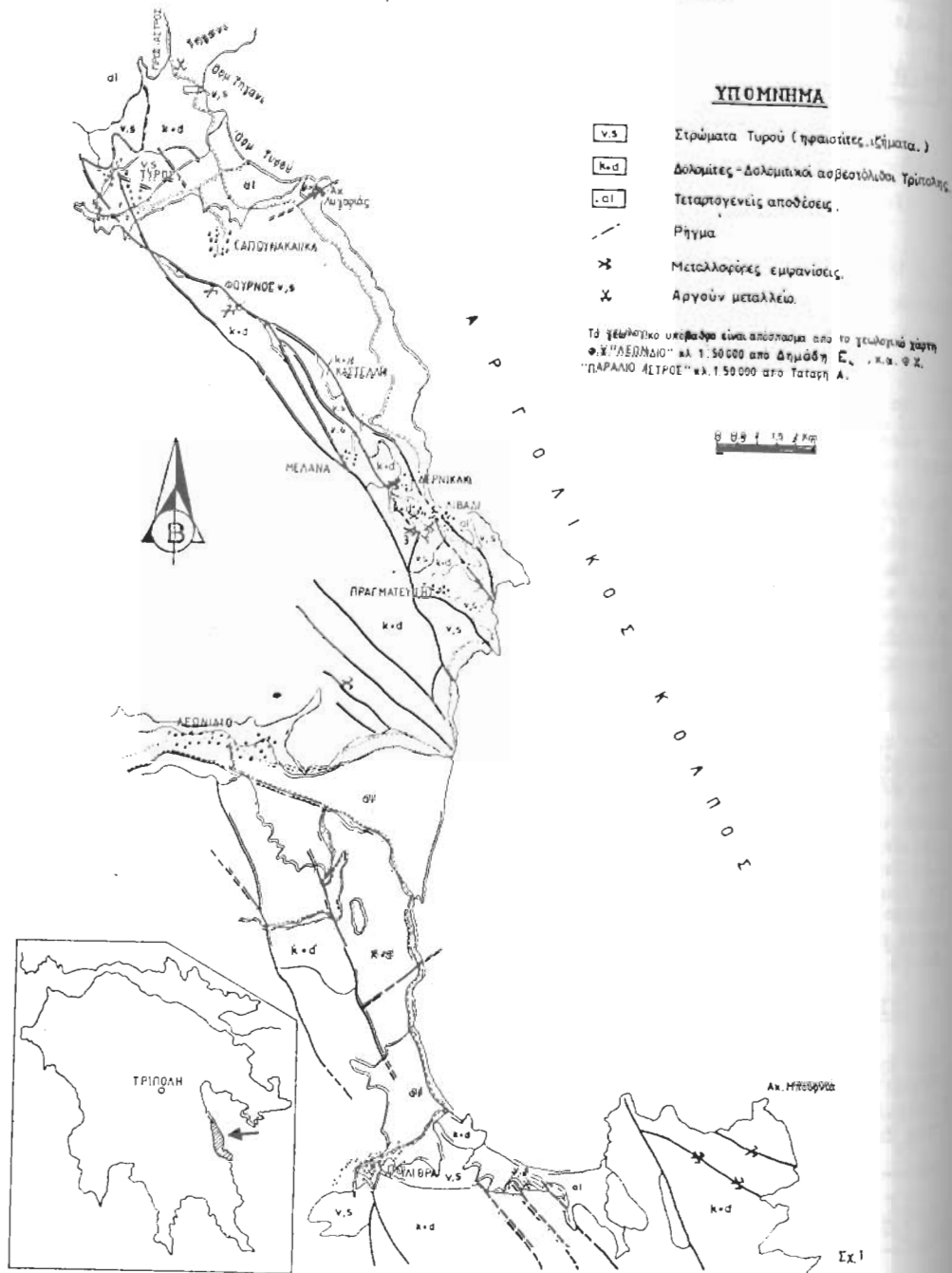
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τμήμα ενός εξελισσόμενου προγράμματος του ΙΓΜΕ που έχει σαν σκοπό τη Βασική Κοιτασματολογική Έρευνα της Ενότητας των "Στρωμάτων Τυρού" στην Πελοπόννησο. Στη φάση αυτή μελετάται η πρωτογενής και η οξειδωμένη μεταλλοφορία που φιλοξενείται στους κατώτερους ορίζοντες της ανθρακικής σειράς της ζώνης Τρίπολης από το χωριό Τυρός μέχρι το Ακρωτήριο Μπουρνιάς (Σχ. 1).

Ι.Γ.Μ.Ε., Μεσογείων 70, 115 27 ΑΘΗΝΑ
I.G.M.E., 70, Messoghion Str., 115 27 ATHENS

ELIAS PANAGIOTIS*-DIMITROULA MARINA ; MINERALIZATION WITHIN CARBONATES
OF TRIPOLIS ZONE AT KINOYRIA AREA.
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
(TYROS-LEONIDIO-BOURNIAS)

Σχ. 1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΕΣ ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΥΡΟΥ-ΛΕΩΝΙΔΙΟΥ-ΜΠΟΥΡΝΙΑ



ΥΠΟΜΗΧΗΜΑ

- v.s Στρώματα Τυρού (ηφαιστειογενή ιζημάτα.)
- k.d Δολομιτικές-Δολομιτικοί ασβεστόλιθοι Τρίπολης
- ai Τεταρτογενείς αποθέσεις.
- Ρήγμα
- x Μεταλλοφόρες εμφανίσεις.
- x Αργούνα μεταλλεία.

Το γεωλογικό υπόμνημα είναι αποσπάσμα από το γεωλογικό χάρτη Φ.Χ. "ΛΕΩΝΙΔΙΟ" κ.λ. 1:50.000 από Δημάδη Ε., κ.α. Φ.Χ. "ΠΑΡΑΛΙΟ ΑΣΤΡΟΣ" κ.λ. 1:50.000 από Ταταρή Α.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Km

Η ευρύτερη περιοχή Τυρού-Λεωνιδίου της επαρχίας Κυνουρίας του Π.Αρκαδίας είχε προκαλέσει κατά το παρελθόν το ενδιαφέρον διαφόρων μεταλλευτών και πριν το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο είχαν γίνει αρκετές μεταλλευτικές εργασίες μικρής κλίμακας με αντικείμενο την εκμετάλλευση των οξειδωμένων εμφανίσεων καθώς και του γαληνίτη, βαρύτη. Οι μεταλλευτικές εργασίες περιλαμβάνουν απλές εκσκαφές, μικρές στέσες, με σημαντικότερη όλων την ανάπτυξη μεταλλείου στο Τηγάνι (πρώτα ορυχεία ορυκτά) του χωριού Τυρός, όπου γινόταν εκμετάλλευση από την εταιρεία "Μεταλλεία Τυρού και Παλαιοχώρας" του Σγούρδα, σύμφωνα με πληροφορίες από ντόπιους. Στον πλησίον του παλιού μεταλλείου όρμου Τηγάνι διακρίνονται και σήμερα υπολείμματα από τη ράμπα φόρτωσης.

Από το ΓΓΜΕ έχουν γίνει στην περιοχή γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:50000 Φ.Χ. "ΠΑΡΑΛΙΟ ΑΣΤΡΟΣ" από τον ΤΑΤΑΡΗ (1970) και στο Φ.Χ. "ΛΕΩΝΙΔΙΟ" από τους ΔΗΜΑΔΗ και ΞΗΝΗΤΑΒΕΛΩΝΗ (1985). Ο ΤΑΤΑΡΗΣ (1970) αναφέρει τη μεταλλοφορία στη Τηγάνι Τυρού σαν "κοίτασμα λειμωνίτη" εντός ανολιγμένων (π.χ. κατά μήκος κ.τ.λ.) ΒΔ διεύθυνσης. Τέλος, η ύπαρξη γεωχημικών ανωμαλιών Pb, Zn & Cu στα ανθρακικά πετρώματα ΒΑ του Λεωνιδίου και στο Μπούρνια, από τα αποτελέσματα της μελέτης της γεωχημείας ιζημάτων ρεμάτων (ΗΛΙΑΣ, κ.α., 1985), προκάλεσε το ενδιαφέρον για την συστηματική μελέτη της οξειδωμένης και θειούχου μεταλλοφορίας.

Στην εργασία αυτή εξετάζονται τα χαρακτηριστικά των μεταλλοφόρων εμφανίσεων οξειδωμένων και μη και επιχειρείται εξήγηση του τρόπου γένεσης αυτών.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στη γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής Λεωνιδίου-Τυρού συμμετέχουν τα "Στρώματα Τυρού", τα ανθρακικά της Ζώνης Τρίπολης και τεταρτογενείς αποθέσεις (Σχ. 2).

Ο όρος "Στρώματα Τυρού" οφείλεται στον ΚΤΕΝΑ (1926) που τα μελέτησε στο χωριό Τυρός. Αυτά αποτελούνται από ηφαιστειακά πετρώματα, κλαστικά και ανθρακικά ιζημάτα.

Ο ΣΚΑΡΠΕΛΗΣ (1982), αναφέρει ότι τα "Στρώματα Τυρού" στη Ν.Α. Πελοπόννησο διακρίνονται σε μια κλαστική Νεοπαλαιοζωϊκή Σειρά που αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους, ψαμίτες, κροκαλοπαγή, γραφιτικούς σχιστόλιθους και ανθρακίτες ανθρακικών πετρωμάτων και μια Τριαδική ηφαιστειογενή Σειρά που αποτελείται από λάβες, πυροκλαστικά, τσφίτες, ιζημάτα που οφείλουν το σχηματισμό τους στην ηφαιστειότητα, κλαστικά και ανθρακικά ιζημάτα.

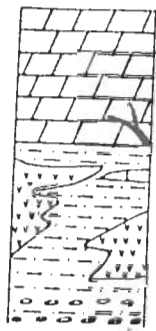
Οι ΔΗΜΑΔΗΣ και ΞΗΝΗΤΑΒΕΛΩΝΗΣ (1985), διακρίνουν τα "Στρώματα Τυρού" στην περιοχή μας σε δυο σειρές: (α) την ηφαιστειοιζηματογενή σειρά ηλικίας Πέρμιου-Κατ. Τριαδικό(;), που αποτελείται από ηφαιστειακά (λάβες, πυροκλαστικά) καθώς και διάφορα ιζημάτα (αργιλικό σχιστόλιθοι, πηλίτες κ.α.) και (β) μια κλαστική σειρά ασθενώς μεταμορφωμένη από αργιλικούς σχιστόλιθους, ψαμίτες σκοτεινότερους λεπτοκρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, δολομίτες και στρωματώδη μάρμαρα. Σε τεκτονική επαφή με τα "Στρώματα Τυρού" θεωρούνται ότι βρίσκονται τα ανθρακικά της Ζώνης Τρίπολης.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα των "Στρωμάτων Τυρού" στην περιοχή μεταξύ Τυρού και Λεωνιδίου με βάση το χημισμό τους έχουν ασβεσταλκαλικό χαρακτήρα και οι λάβες χαρακτηρίζονται σαν ανδρείτες ορογενετικού τύπου, σύμφωνα με τον ΣΚΑΡΠΕΛΗ (1982) και δικά μας δεδομένα.

Τα ανθρακικά της Τρίπολης αποτελούνται στη βάση τους από δολομιτικές και δολομιτικούς ασβεστόλιθους, ηλικίας Μέσου-Ανώτερου Τριαδικού, σύμφωνα με τους ΔΗΜΑΔΗ και ΞΗΝΗΤΑΒΕΛΩΝΗ (1985). Οι μεταλλοφόρες εμφανίσεις, που μελετούνται, φιλοξενούνται σ' αυτούς τους δολομιτικούς ασβεστόλιθους. Τα ανθρακικά αυτά πετρώματα είναι μεσοστρωματώδη με μικρές κλίσεις (20°-30°), κατά θέσεις άστρωτα (π.χ. Λιβάδι), έντονα καρστικοποιημένα και διαβρωμένα.

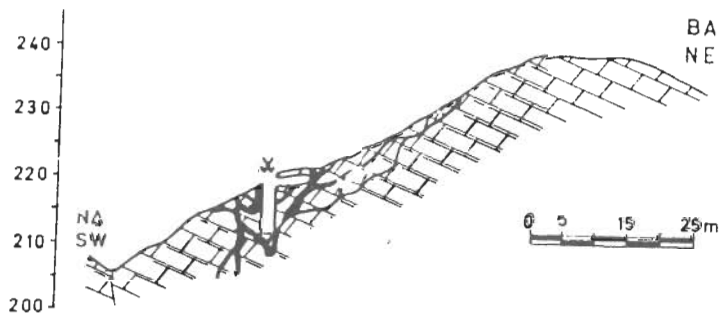
Τα ανθρακικά είναι τεφρού, σκοτεινότερου χρώματος και διασχίζονται από πυκνό δίκτυο φλεβών ασβεσίτη.

Οι τεταρτογενείς αποθέσεις είναι γενικά μικρού πάχους και εμφανίζονται στο Λεωνίδιο, στον Τυρό και σε μικρότερη έκταση στο Λιβάδι. Αποτελούνται από συγκεκλιμένα έως χαλαρά υλικά ποταμίων και θαλασσιών αναβαθμίδων καθώς και κορήματα.



Ανθρακική σειρά Τρίπολης
 Tripolis carbonate series
 Μεταλλοφορία (Mineralization)
 "Στρώματα Τυρού" (ηφαιστειακές, ιζηματογενή ή μη προέλευσης, ανθρακικά)
 "Tyros beds, (volcanics, sediments, carbonates)"

Σχ. 2. Σχηματική στήλη περιοχής Τυρού-Λεωνιδίου.
 Fig. 2. Schematic column of Tyros-Leonidio area.



Δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι
 Dolomites and dolomitic limestones
 Οξειδωμένο μετάλλευμα (σχηματικά)
 Oxidized ore (out of scale)
 Ρήγμα
 Fault
 Παλιό ερευνητικό
 Old exploration work

Σχ. 3 Γεωλογική Τομή στην εμφάνιση ΒΑ Λεωνιδίου.
 Fig. 3 Geological section of the NE Leonidio outcrop

Η περιοχή έρευνας έχει τρία βασικά χαρακτηριστικά της τεκτονικής της ζώνης Τρίπολης, που σύμφωνα με το ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ (1976) χαρακτηρίζεται σαν "δύοκαμπύτη έκταση" με πτυχές μεγάλης καμπυλότητας και με ρήγματα συνήθως μεγάλου μήκους. Τα ρήγματα είναι από Β-Ν μέχρι ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης, αλλά υπάρχουν και δευτερογενή ΒΑ-ΝΔ. Από απόψεως σχετικής ηλικίας τα ρήγματα στη ζώνη Τρίπολης είναι προθάλασικά και μεταφλουχικά καθώς και ρήγματα μετά την επώθηση (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ 1976, ΛΕΚΚΑΣ 1978).

3. ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ

Στην επαρχία Κυνουρίας από το χωριό Τυρός μέχρι το Ακ. Μπουρνιάς (Σχ.1) εντοπίζονται μεταλλοφόρες εμφανίσεις, που φιλοξενούνται στα ανθρακικά πετρώματα της ζώνης Τρίπολης και που μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο τύπους στην πρωτογενή θειούχο μεταλλοφορία και την οξειδωμένη.

3.1. Θειούχος μεταλλοφορία

3.1.1. Μορφή-ιστολογικά χαρακτηριστικά

Στην περιοχή του Ακρωτηρίου Μπουρνιάς (Σχ.1) εντοπίζονται σε τρεις θέσεις εμφανίσεις θειούχου μεταλλοφορίας, που επιφανειακά είναι οξειδωμένες. Σε υπάρχουν σταό μήκους 25 μέτρα περίπου μελετήθηκε η θειούχος μεταλλοφορία.

Η μεταλλοφορία φιλοξενείται μέσα σε ζώνες διάρρηξης ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης εντός των κατωτέρων οριζόντων των δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολιθών της ζώνης Τρίπολης. Η ηλικία των ανθρακικών αυτών είναι Μέσο-Ανωτ. Τριαδικό (ΔΗΜΑΔΗΣ & ΕΞΗΝΤΑΒΕΛΩΝΗΣ, 1985). Το μέταλλευμα παρουσιάζεται με φλέβες πολύ μικρού πάχους (μέχρι μερικά εκατοστά) και με λεπτά φλεβίδια που σχηματίζουν πυκνό δίκτυο. Το πάχος της ζώνης διάρρηξης που μεταλλοφορεί φθάνει μέχρι 0,7μ.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της μεταλλοφορίας δείχνουν ότι έχει σχηματισθεί αργότερα από το φιλοξενούγ πέτρωμα. Η μεταλλοφορία απαντά στα δυο ρήματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης με κλίση 60°-70° ΝΔ.

Οι ξενώτες δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι είναι μεσοστρωματώδεις με μικρές κλίσεις (20°-25°). Δεν παρατηρήθηκαν έντονα φαινόμενα επηρεασμού των ανθρακικών πετρωμάτων από τα μεταλλοφόρα διαλύματα.

3.1.2. Ορυκτολογική σύσταση

Από τις παρατηρήσεις υπαίθρου σε συνδυασμό με τις εργαστηριακές (μικροσκοπικές, ΧR-Diffρακτική και μικροαναλύσεις), προκύπτει ότι στη μεταλλοφορία του Μπουρνιά τα κύρια ορυκτά με σειρά ποσοστού συμμετοχής είναι σφαλερίτης, γαληνίτης, σιδηροπηρίτης και εναργίτης. Τα δευτερογενή ορυκτά που προσδιορίστηκαν είναι χαλκωσύνης, κοβελλίνης, κερουσίτης, σμιθονίτης, σφγλεσίτης, λειμωνίτης και αγκερίτης. Σύνορομα ορυκτά έχουμε δολομίτη, ασβεσίτη και χαλαζίτη σε λεπτά φλεβίδια.

Ο σφαλερίτης είναι το επικρατούν ορυκτό και απαντά με τη μορφή κόκκων μικρού έως μέσου μεγέθους και κατά θέσεις σχηματίζει μικρές συγκεντρώσεις. Πληρώνει μαζί με το γαληνίτη ρωγμές του πετρώματος και ο τρόπος σύμφυσης τους δηλώνει ότι η κρυστάλλωση του προηγήθηκε του γαληνίτη. Το χρώμα των εσωτερικών ανακλάσεων είναι συνήθως λευκοκίτρινο που δηλώνει σφαλερίτη πεσπώνως με χαμηλή περιεκτικότητα σε Fe, πράγμα που διαπιστώθηκε και από μικροανάλυση (Πίν.Ι). Σε έγκλεισμα μικρού μεγέθους στο σφαλερίτη παρατηρήθηκε εναργίτης σε συνάνπτυξη με αντιμονίτη.

Ο γαληνίτης εμφανίζεται συνήθως με τη μορφή μικρών συμπαγών συσσωματωμάτων ξενόμορφων ή ιλιόμορφων κρυστάλλων και πληρώνει μικρές ρωγμές του πετρώματος. Αρκετά συχνά περιβάλλει το σφαλερίτη, εισδύει σε μικρορωγμές του ή σχηματίζει ψευδοεγκλείσματα μέσα σε αυτόν. Σε αρκετές θέσεις έχουμε εξαλλοίωση του σε κρυσταλλική και αντικατάσταση του από κοβελλίνη.

Ο σιδηροπηρίτης εμφανίζεται με τη μορφή μικρών ιδιόμορφων και ξενόμορφων κρυστάλλων. Σε πολλές θέσεις έχει μετατραπεί σε λειμωνίτη.

Ο εναργίτης παρατηρήθηκε σε μικρό ποσοστό είτε ελεύθερος είτε σαν έγκλεισμα μέσα στον σφαλερίτη. Ποσοτική μικροανάλυση του εναργίτη δίνεται στον Πίν. Ι.

Π Ι Η Α Κ Α Σ Ι
Μικροαναλύσεις Ορυκτών

Σφαλερίτης		Zn S (εμφάνιση Μπουρνιάς)	
%		αριθμός ατόμων	
Zn	66,80	Zn	0,999
Fe	0,20	Fe	0,003
S	<u>32,75</u>	S	0,998
	99,75		

Έναργίτης		Cu ₃ AsS ₄ (εμφάνιση Μπουρνιάς)	
%		αριθμός ατόμων	
Cu	48,15	Cu	3,018
Fe	0,10	Fe	0,007
As	19,06	As	1,013
S	31,57	S	3,921
Zn	<u>0,65</u>	Zn	0,039
	99,53		

Μοτtramίτης		Pb(Cu,Zn) VO ₄ (OH) (εμφάνιση ΒΑ Λεωνιδίου)	
%		αριθμός ατόμων για 4(O)	
PbO	55,23	Pb	0,904
ZnO	7,68	Zn	0,344
CuO	11,49	Cu	0,527
FeO	1,86	Fe	0,094
V ₂ O ₅	18,52	V	0,743
As ₂ O ₅	<u>3,42</u>	As	0,108
	98,25		

Ο κοβελλίνης και ο χαλκοσύνης συμμετέχουν σε μικρή αναλογία. Παρατηρούνται σε συνανάπτυξη ή μεμονωμένα σαν προϊόντα ανεικατάστασης του σφαλερίτη ή γαληνίτη.

Η ορυκτολογική σύσταση, ο τρόπος σύμψυξης, η σχέση μεταλλεύματος ξενιστή και η περιεκτικότητα του σφαλερίτη σε σίδηρο δηλώνουν ότι η μεταλλοφορία σχηματίστηκε πιθανώς κάτω από χαμηλές συνθήκες θερμοκρασίας.

3.2. Μεταλλοφορία σιδηρούχων καλυμμάτων

Οι οξειδωμένες μεταλλοφόρες εμφανίσεις της περιοχής μεταξύ Λεωνιδίου-Τυρού, με τα στοιχεία που αναφέρονται παρακάτω (τρόπος εμφάνισης, ορυκτολογία, γεωχημεία), έχουν τα χαρακτηριστικά των σιδηρούχων καλυμμάτων (=grossan) που αντιστοιχούν σε οξειδωμένα παράγωγα πρωτογενών θειούχων ορυκτών.

Ο όρος grossan είναι εμπειρικός και η ονομασία αυτή δόθηκε σε σιδηρούχα καλύμματα από μεταλλευτές στην Κορνουάλη της Αγγλίας. Σαν grossan χαρακτηρίζονται κίτρινες μέχρι κοκκινωπές συγκεντρώσεις από ένυδρα οξειδία του σιδήρου που παράγονται κοντά στην επιφάνεια από την οξειδωση και απόπλυση των θειούχων ορυκτών. Τα grossan αποτελούν ορατό οδηγό για αναζήτηση πιθανών θειούχων κοιτασμάτων στο βάθος και η σημασία τους στην κοιτασματολογική έρευνα είναι σημαντική.

Οι πολύπλοκες διαδικασίες που εμπλέκονται στο σχηματισμό τους και η επικάλυψη των αρχικών ορυκτολογικών και γεωχημικών χαρακτηριστικών των εμφανίσεων καθιστά δύσκολη τη διάκριση μεταξύ "αληθών" ή "ψευδο-grossans" που ανταποκρίνονται ή όχι σε πρωταγενή θειούχα σώματα στο βάθος αντίστοιχα.

Οι δυνατότες προσεγγίσεις του προβλήματος αυτού είναι η υπαίθρια παρατήρηση, η μελέτη ορυκτολογίας, ισοτόπης και των γεωχημικών χαρακτηριστικών των μεταλλοφόρων εμφανίσεων.

3.2.1. Μορφή-ιστολογικά χαρακτηριστικά

Οι εμφανίσεις οξειδωμένης μεταλλοφορίας εντοπίζονται στην περιοχή μεταξύ Τυρού και Λεωνιδίου, της επαρχίας Κυνουρίας του Ν. Αρκαδίας. Οι κυριότερες είναι στις θέσεις, Τηγάνι (πρώτα σκουπιδότοπος του χωριού Τυρός), ΒΑ Λεωνιδίου, Λιβάδι, Δερνικαίικα, ΝΝΔ Σαπουνακέικων ("Φούρνος") και Αυγαριά Τυρού (Σχ.1). Στις περισσότερες θέσεις των εμφανίσεων υπάρχουν παλιές μεταλλευτικές εργασίες (απλές εκσκαφές, πηγάδια, μικρές στοές), ενώ στο Τηγάνι λειτούργησε μεταλλείο κατά τα έτη 1900-1910.

Η μεταλλοφορία φιλοξενείται μέσα σε διαρρήξεις και ασυνέχειες (π.χ. διακλάσεις, καταμήσεις κ.τ.λ.) των δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολίθων της Ζώνης Τρίπολης (Σχ.3) που σύμφωνα με τους ΔΗΜΑΔΗ και ΞΗΝΤΑΒΕΛΩΝΗ (1985) είναι ηλικίας Μέσο-Ανώτερο Τριαδικό. Οι ασυνέχειες που φιλοξενούν την μεταλλοφορία έχουν επικρατούσα διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, που συμπίπτει με αυτή του συστήματος ρηγμάτων ΒΑ-ΝΔ, ενώ στο Τηγάνι η διεύθυνση των ασυνεχειών και διάκωνων είναι ΒΔ-ΝΑ. Η μεταλλοφορία σχηματίστηκε αργότερα από το ξενιστή πέτρωμα.

Οι ξενιστές δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστολίθοι είναι γενικά τεφρού χρώματος με φλεβίδια ασβεσίτη και κατά θέσεις χαλαζία. Είναι μεσοστρωματώδεις με μικρές κλίσεις (20°-25°) και κατά θέσεις παρουσιάζονται άστρωτοι (Λιβάδι).

Το μέταλλευμα παρουσιάζεται με φλεβοειδή μορφή και σε ορισμένες θέσεις παρατηρείται πυκνό δίκτυο λεπτών φλεβιδίων στο δολομίτη. Οι διαστάσεις των μεταλλοφόρων συγκεντρώσεων ως προς το πάχος συνήθως είναι μικρές (10,5 μέτρα), με εξαίρεση την περιοχή Τηγάνι Τυρού όπου φθάνουν μέχρι 5-6 μέτρα.

Το μέταλλευμα είναι έντονα οξειδωμένο, τα δε οξειδία και υδροξειδία του σιδήρου αποτελούν τα κυρίαρχα ορυκτά. Το χρώμα του είναι καστανο-κίτρινο (ώχρας) μέχρι κοκκινωπό. Θειούχα ορυκτά δεν παρατηρούνται παρά μόνο ορισμένοι υπολειμματικοί κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη στο μικροσκόπιο. Στην εμφάνιση ΒΑ Λεωνιδίου διακρίνονται σε μεγάλο ποσοστό δευτερογενή χαλκούχα ορυκτά κυρίως μολαχίτης.

Στην επαφή μεταλλεύματος και ανθρακικών καθώς και εντός αυτού παρατηρείται δευτερογενής ασβεσίτης με καλά σχηματισμένους κρυστάλλους σε πληρώσεις κοιλοτήτων.

Περιοχή	Cu %	Pb %	Zn %	Fe %	As %	Mn %	Ba %	Cd %	Sb ppm	Ag ppm	Au ppm
Λεωνίδιο	1.43	0.25	1.50	45	1	0.02	0	0.1	35	7.16	<0.5
"	1.20	0.90	1.66	52	1.25	0.01	0	0.1	58	4.2	<0.5
"	0.55	0.43	1.52	55.5	0.35	0.02	0	0	20	1.8	0.0
"	0.56	0.44	2.0	50.4	0.48	-	0.01	0.01	-	4.8	0.0
"	0.97	0.34	1.6	56.1	0.84	-	0	0.02	-	3.7	0.0
"	4.70	0.30	1.27	44	0.87	0.02	0.02	0.2	310	8.6	0.0
Λιβάδι	0.16	0.70	0.60	33	0.15	0.05	0.04	0	20	2.5	0.0
"	0.25	0.12	0.15	55	1.15	0.01	0.02	0	0	10	0.7
"	0.09	0.08	0.44	37.0	0.15	0.02	0.02	0	10	1.9	0.0
"	0.19	4.2	0.61	52	0.55	0.02	0.02	0	59	61.0	0.0
Δερνικακι	0.49	0.68	0.36	55	0.25	0.02	0	0	7	2.1	<0.5
"	0.45	0.60	0.74	55	0.38	0.01	0	0	0	1.3	0.0
Φούνος	0.20	0.37	0.40	54	0.70	0.01	0	0	0	2.9	0.0
Τηγάνι (Τυρός)	0.04	0.21	1.35	-	-	-	0.02	0	-	2.4	-
"	0.02	0.02	0.86	44	0	0.02	0.02	0	0	2.5	<0.5
"	0.01	0.03	0.94	44	0	0.01	0.01	0	0	2.5	0.5
Λυγαριά	0.01	0	0.03	50.5	0	0.01	0.01	-	-	-	-

Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων δειγμάτων από τις εμφανίσεις gossan

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι Γ

3.2.2. Ορυκτολογική σύσταση

Η μελέτη του ιστού, τα υπολείμματα σουλφιδίων και τα δευτερογενή ορυκτά μπορούν σε συνδυασμό με τη χημική σύσταση του μεταλλεύματος να μας βοηθήσουν στην εξήγηση του σχηματισμού της αρχικής μεταλλοφορίας. Τα ορυκτά που προσδιορίστηκαν είναι υδροξείδια και οξείδια του σιδήρου (γκαιτίτης, λεπιδοκροκίτης και αιματίτης), ανθρακικά και ένα ορυκτό Pb-V.

Το κύριο μεταλλικό ορυκτό είναι ο γκαιτίτης που εμφανίζεται σε ευμεγέθη συσσωματώματα. Ψευδομορφώσεις γκαιτίτη κατά σιδηροπυρίτη είναι συνήθεις. Ο λεπιδοκροκίτης απαντά σε μικρότερο ποσοστό. Ο αιματίτης συμμετέχει σε μικρή αναλογία, είτε σε μικρούς κόκκους και συσσωματώματα, είτε με τη μορφή μικρών βελονοειδών κρυστάλλων.

Τα οξείδια του σιδήρου έχουν γενικά πορώδη αλλά εμφανίζουν και συμπαγή υφή. Οι κολλοειδείς ιστοί είναι αρκετά συχνοί και παρατηρείται απόθεση μεταλλεύματος σε ομόκεντρες επιφλοιώσεις. Σε ορισμένες θέσεις (π.χ. Λιβάδι) παρατηρούνται χαρακτηριστικά πλήρωσης κοιλοτήτων με καλά σχηματισμένους κρυστάλλους ασβεστίτη. Τέλος σημειώνεται ότι κατά θέσεις το μέταλλευμα έχει μικρολατυποπαγοειδή υφή.

Τα ανθρακικά ορυκτά που προσδιορίστηκαν είναι μαλαχίτης, αγκερίτης και σε μικρό ποσοστό κερουσίτης. Ο μαλαχίτης βρίσκεται με τη μορφή επιφλοιώσεων, επιχρισμάτων καθώς και σε πλήρωσεις ρωγμών του μεταλλεύματος. Κερουσίτης προσδιορίστηκε σε λίγα δείγματα με XR-Diffraction.

Το ορυκτό Pb-V είναι μιστραμίτης (Pb(Cu, Zn)VO₄.OH), όπως διαπιστώθηκε από οπτική και ακτινογραφική εξέταση καθώς και από μικροανάλυση που δίδεται στον πίνακα I.

Θειούχα ορυκτά δεν προσδιορίστηκαν εκτός από υπολείμματα σιδηροπυρίτη. Ο σιδηροπυρίτης μεταβάλλεται στα οξείδια του σιδήρου που συχνά ψευδομορφώνονται κατ'αυτόν. Σε αρκετές θέσεις παρατηρείται και η αρχική του ζωώδης ανάπτυξη. Επίσης εμφανίζεται και με μικρούς μεμονωμένους και ιδιόμορφους κρυστάλλους μέσα σε χαλαζία.

Σύνδρομα ορυκτά είναι ασβεστίτης, δολομίτης και χαλαζίας.

3.2.3. Γεωχημεία

Οι κυριότεροι γεωχημικοί παράγοντες που ελέγχουν την περιεκτικότητα των οξειδωμένων εμφανίσεων σε βασικά μέταλλα είναι, η σύσταση του αρχικού μεταλλεύματος, οι φυσικοχημικές συνθήκες (Ph, Eh, κ.α.), η σταθερότητα των ορυκτών, η κινητικότητα των μετάλλων καθώς και η ενεργότητα προσρόφησης των μετάλλων από τα οξείδια του σιδήρου. (HAWKES et al. 1979).

Έτσι για τη μελέτη της γεωχημείας των μεταλλοφόρων οξειδωμένων εμφανίσεων της περιοχής έρευνας, έγινε συστηματική δειγματοληψία με τη μέθοδο chipping, στις μεταλλοφόρες θέσεις. Στα δείγματα έγιναν αναλύσεις για τα στοιχεία Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Ba, Cd, Ag, Sb, As & Au. Οι ποσοτικοί προσδιορισμοί έγιναν με την μέθοδο της ατομικής απορρόφησης. Στον πίνακα II δίνονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων.

Σύμφωνα με τον πίνακα II η περιεκτικότητα των μεταλλοφόρων εμφανίσεων είναι σε βασικά μέταλλα, Cu (0,01-4,7%), Zn(0,03-2%), Pb(0-1%), As(0-1,25%), Fe(33-56,1%)

Οι τιμές του Cu κατά θέσεις στην εμφάνιση στο Λεωνίδιο είναι αρκετά υψηλές, όπου και έχουμε μεγάλες συγκεντρώσεις μαλαχίτη. Στο Λιβάδι παρατηρήθηκε η υψηλότερη τιμή του Pb (4,2%) με 59 ppm Sb & 61 ppm Ag. Οι τιμές του Cu & Pb είναι χαμηλότερες στις εμφανίσεις στο Τηγάνι και Λυγαριά. Στις εμφανίσεις στο Λιβάδι και Λεωνίδιο έχουμε τις υψηλότερες περιεκτικότητες σε Sb (0-310 ppm), Cd (0-0,2%) & Ag (1,8-61 ppm). Οι τιμές του Mn & Ba σε όλες τις θέσεις είναι χαμηλές.

Το As προσδιορίστηκε σε περιεκτικότητες μέχρι 1,25% εκτός αυτών της περιοχής Λυγαριάς και Τηγάνι που είναι κάτω από το όριο ανιχνευσιμότητας της μεθόδου.

Η παρουσία του As σε συνδυασμό με τη συνήθη παρουσία Au σε σιδηρούχα καλύμματα επιβάλλει την ανάλυση αυτών για Au. Σε δυο δείγματα βρέθηκαν 0,7ppm (Λιβάδι) και 0,5ppm (Τηγάνι). Τα άλλα έχουν τιμές κάτω από το όριο ανιχνευσι-

μότητας της αναλυτικής μεθόδου (Q,5ppm). Οι περιεκτικότητες Pb, Zn, Cu πιστεύουμε ότι μπορούν να αποτελέσουν διαγνωστικά γεωχημικά χαρακτηριστικά των οξειδωμένων σιδηρούχων καλυμμάτων στην περιοχή μας.

Συμπερασματικά από την ορυκτολογική σύσταση σε συνδυασμό με τη γεωχημεία τους οι οξειδωμένες εμφανίσεις χαρακτηρίζονται σαν σιδηρούχα καλύμματα Pb-Zn-Cu-Fe που προέρχονται από την οξείδωση αρχικού μεταλλεύματος με θειούχα με πιθανή παραγένεση σιδηροπυρίτη, χαλκοπυρίτη, γαληνίτη και σφαλερίτη.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην επαρχία Κυνουρίας, όπως ήδη έχει αναφερθεί, έχουμε εμφανίσεις θειούχου μεταλλοφορίας (Ακρ. Μπουρνιάς) και σιδηρούχων καλυμμάτων σε θέσεις μεταξύ Λεωνιδίου και Τυρού. Οι μεταλλοφόρες εμφανίσεις αυτές έχουν πολλές ομοιότητες και ορισμένες διαφορές, που είναι:

α) εμφανίζονται στο ίδιο γεωλογικό περιβάλλον και έχουν ξενιστή δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστολίθους των κατωτέρων οριζόντων της Ζώνης Τρίπολης.

β) παρουσιάζουν όμοια χαρακτηριστικά και έχουν σχηματισθεί αργότερα από το φιλοξενοούν πέτρωμα.

γ) υπόκεινται σε τεκτονικό κεντρικό. Το μετάλλευμα εναποτέθηκε σε ασυνέχειες (π.χ. διακλάσεις, κατατμήσεις) και ζώνες διάρρηξης κυρίως ΒΔ-ΝΑ, αλλά και ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.

δ) τα κύρια ορυκτά στις εμφανίσεις στο Μπουρνιά είναι σφαλερίτης, γαληνίτης και σιδηροπυρίτης. Τα σιδηρούχα καλύμματα προέκυψαν από αρχικά μικτά θειούχα μεταλλεύματα με χαλκό.

ε) η επίδραση της αποσάθρωσης είναι σε μικρό βαθμό στις εμφανίσεις στο Ακρ. Μπουρνιά και πολύ έντονη στις εμφανίσεις μεταξύ Λεωνιδίου και Τυρού όπου δεν διακρίνονται πρωτογενή ορυκτά.

Τα παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η μεταλλοφορία στην περιοχή του Μπουρνιά και στο Λεωνίδιο-Τυρό έχει όμοιες συνθήκες γένεσης.

Για να προσεγγίσουμε τον τρόπο γένεσης των μεταλλοφοριών που μελετήσαμε πρέπει να απαντήσουμε σε δυο ερωτήματα.

Το πρώτο ερώτημα που μπαίνει είναι: "Ποιά είναι η ηλικία των ρηγμάτων και των ασυνεχειών των δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολίθων που μεταλλοφορούν;"

Όπως αναφέραμε στη αρχή στα ανθρακικά πετρώματα της Ζώνης Τρίπολης στη Πελοπόννησο έχουμε ρηγματογόνο τεκτονισμό προφλυσικό και μεταφλυσικό. Συνεπώς θεωρούμε ότι η σχετική ηλικία των διαρρήξεων και ασυνεχειών που μεταλλοφορούν είναι ανάλογος.

Το δεύτερο ερώτημα είναι: "Ποιά ήταν η προέλευση των μεταλλοφόρων διαλυμάτων;"

Κατ' αρχάς, όπως προκύπτει από την μέχρι σήμερα γνώση της γεωλογίας της Πελοποννήσου, πρέπει να αποκλειστεί σύνδεση των μεταλλοφόρων διαλυμάτων με κάποιο πλουτωνίτη. Έτσι η πιθανή πηγή αυτών πρέπει να αναζητηθεί σε υποκείμενους σχηματισμούς. (π.χ. "Στρώματα Τυρού", Φυλλιτική-χαλαζιτική σειρά κ.τ.λ).

Για να διερευνηθεί αυτή η πηγή έγιναν αναλύσεις ισοτόπων Pb σε δείγματα από μεταλλικές εμφανίσεις αυτών των σχηματισμών και της μελετούμενης μεταλλοφορίας. Στον πίνακα III δίδονται τα αποτελέσματα των σχέσεων των ισοτόπων του μολύβδου των μεταλλοφοριών των διαφόρων περιοχών (σχ.4).

Είναι γνωστό ότι τα γεωχημικά χαρακτηριστικά των ισοτόπων Pb μπορούν να μας δώσουν στοιχεία για την προέλευση του Pb με βάση το μοντέλο των "Plumbotectonics" των DOE and ZARTMAN (1979). Η προβολή των τιμών των λόγων των ισοτόπων του Pb που περιλαμβάνονται στον πίνακα III πάνω στο διάγραμμα του σχ. 5 δείχνει ότι ο Pb των εμφανίσεων Λεωνιδίου, Μπουρνιά, Βλησιδιά φαίνεται να προέρχεται από την ανώτερη ασθενόσφαιρα. Αντιθέτως ο Pb από τις μεταλλοφορίες των "Στρωμάτων Τυρού" σε Τυρό και Μολάους προβάλλονται στο μέσο μεταξύ ασθενόσφαιρας και της καμπύλης ορογένεσης.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ III

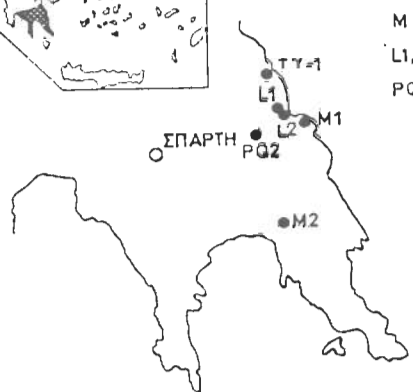
Σχέσεις ισοτόπων Pb από μεταλλοφόρες εμφανίσεις στη Ν.Α. Πελοπόννησο

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑΣ	ΞΕΝΙΣΤΗΣ	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
L1	Λεωνίδιο	gossan	Δολομίτες-Δολομιτωμένοι ασβεστολίθοι Τρίπολης	39.131	15.727	19.125
L2	"	"	"	39.185	15.734	19.113
M1	Μπουρνιάς	πρωτογ. Pb-Zn	"	39.017	15.711	18.911
M2	Μολάου	Zn-Ag-Pb	ηφαιστίτες "Στρωμ. Τυρού"	38.470	15.658	18.383
TY1	Τυρός	Ba-Pb	ορίζοντας μαρμάρου στα "Στρώματα Τυρού"	38.520	15.676	18.382
PQ2	Βλησιδιά (15 χλμ. ΝΑ του Λεωνιδίου)	Pb-Zn	Φυλλιτική-χαλαζιτική σειρά	39.132	15.724	19.123

Οι ισοτοπικές αναλύσεις έγιναν στα εργαστήρια του Παν/μίου του OXFORD, Dpt. of Earth Sciences, Καθ. Dr. N. Gale.

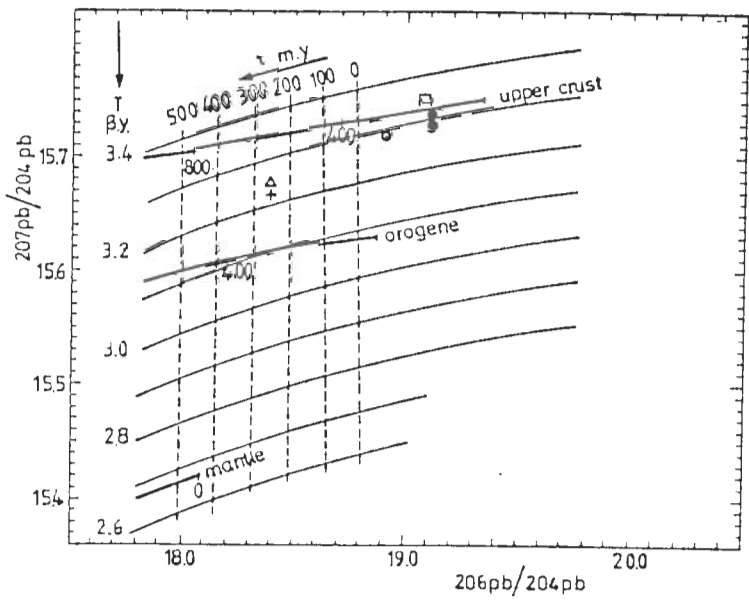


- TY-1 : Τυρός
- M2 : Μαλάσι
- M1 : Μπουρνιάς
- L1, L2 : Λεωνίδιο
- PQ2 : Βλησιδιά



Σχ. 4. : Μεταλλοφόρες εμφανίσεις στη Ν.Α Πελοπόννησο με αναλύσεις ισotόπων Pb.

Fig.4. : Mineralized occurrences in SE Peloponnese with Pb isotope analyses.



- Λεωνίδιο
- Μπουρνιάς
- Βλησιδιά
- △ Άνω Τυρός
- + Μαλάσι

Σχ. 5. : Τιμές λόγων $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ και $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ για τον καθορισμό του χαρακτήρα του Pb (κατά DOE, B.R. & ZARTMAN, R.E., 1979), και διάγραμμα εξέλιξης Pb (AMOV, B.G., 1983).

Fig.5. : $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diagram with growth curves calculated according to the dynamic model (AMOV, B.G., 1983) and the growth curves of the "Plumbotectonics" model (DOE, B.R., and ZARTMAN, R.E. 1979).

Στο διάγραμμα (Σχ. 5) σύμφωνα με τον AMOV (1983), ο μολύβδος στις εμφανίσεις Λεωνιδίου, Μπουρνιάς και Βλησιδιά είναι ανώμαλος, πρόκειται δηλαδή για "high-stage anomalous lead". Η ηλικία του μολύβδου από τη μεταλλοφορία των "Στρωμάτων Τυρού" από τις σχέσεις των ισotόπων του σύμφωνα με το μοντέλο (AMOV, 1983) είναι 240 Ma για τον Ουρανιογενή Pb και 260 Ma για τον Θυριογενή Pb.

Με βάση λοιπόν τις σχέσεις των ισotόπων του Pb φαίνεται ότι τα μεταλλοφόρα διαλύματα που εναποθέσαν τη μελετούμενη μεταλλοφορία δεν έχουν σχέση με αυτά της θειούχου μεταλλοφορίας των "Στρωμάτων Τυρού". Επίσης παρά το γεγονός ότι τα γενωχημένα χαρακτηριστικά των εσotόπων Pb της εμφάνισης Βλησιδιά και των εμφανίσεων της μελετούμενης μεταλλοφορίας Μπουρνιάς, Λεωνιδίου είναι ταυτόσημα, δεν είναι δυνατόν να τα υπάρχοντα γεωλογικά δεδομένα να τεκμηριωθεί ή αποψη ότι τα μεταλλικά διαλύματα προέρχονται από τη Φυλλετική - Χαλαζιτική σειρά. Πέρα πέρα έρευνα και προς άλλες κατευθύνσεις, ίσως βοηθήσει στην επίλυση του προβλήματος.

Ανακεφαλιώνοντας η μεταλλοφορία που μελετήθηκε σχηματίστηκε μετά την δημιουργία των ρηγμάτων και των ασυνεχειών των ανθρακικών πετρωμάτων. Τα μεταλλοφόρα διαλύματα διείσδυσαν και απέθεσαν το μεταλλικό τους φορτίο εντός των ζωνών διαρρήξεων και των ασυνεχειών των κατωτέρων οριζώντων των δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολίθων της ζώνης Τρίπολης. Οι μεταλλικές συγκεντρώσεις εν συνεχεία έχουν υποστεί την επίδραση της αποσάθρωσης και οξειδώνονται είτε έντονα (Τυρός-Λεωνίδιο), είτε σε μικρότερο βαθμό (Μπουρνιάς) στη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου μέχρι και σήμερα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- 1) Στην επαρχία Κυνουρίας εντοπίζονται δυο τύποι μεταλλοφόρων εμφανίσεων, που φιλοξενούνται στους κατώτερους οριζόντες των δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολίθων της ζώνης Τρίπολης:
 - θειούχος μεταλλοφορία στο Ακρ. Μπουρνιάς
 - μεταλλοφορία σιδηρούχων καλυμμάτων σε θέσεις μεταξύ Λεωνιδίου και Τυρού.
- 2) Η μεταλλοφορία υπόκειται σε τεκτονικό κεντρύλ. Το μεταλλευμα εναποτέθηκε σε διαρρήξεις και ασυνέχειες (διακλάσεις, καταμήσεις) κυρίως ΒΑ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης σχηματίζοντας φλέβες και πυκνό δίκτυο φλεβιδίων.
- 3) Τα κύρια ορυκτά της θειούχου μεταλλοφορίας είναι σφαιερίτης, γαληνίτης και σιδηροπυρίτης. Η μεταλλοφορία σχηματίστηκε πιθανώς κάτω από χαμηλές συνθήκες θερμοκρασίας.
- 4) Θειούχα ορυκτά στα σιδηρούχα καλύμματα δεν εντοπίστηκαν παρά μόνο υπολείματα σιδηροπυρίτη. Τα δευτερογενή ορυκτά που προσδιορίστηκαν είναι, γκαϊτίτης, λεπιδοκροκίτης, αιματίτης, μαλαχίτης, κερουσίτης και μωστραμίτης.
- 5) Η περιεκτικότητα των διαφόρων μετάλλων στις εμφανίσεις των σιδηρούχων καλυμμάτων κυμαίνεται για Pb (0,1% με μια τιμή 4,2%), για Zn (0,09-2%), Cu (0,01-4,7%), As (0-1,25%), Sb(0-310ppm), Cd(0-0,2%), Ag(1,8-61ppm) & Fe(33-56,1%).
- 6) Οι μεταλλοφόρες εμφανίσεις της θειούχου μεταλλοφορίας και των σιδηρούχων καλυμμάτων έχουν όμοιες συνθήκες γένεσης.
- 7) Τα μεταλλοφόρα διαλύματα διείσδυσαν και απέθεσαν το μεταλλικό τους φορτίο μετά την δημιουργία των ρηγμάτων και ασυνεχειών (διακλάσεων, καταμήσεων).
- 8) Από τα ισotόπα του Pb προκύπτει ότι τα μεταλλοφόρα διαλύματα της μελετούμενης μεταλλοφορίας δεν έχουν σχέση με τη θειούχο μεταλλοφορία των Στρωμάτων Τυρού. Η προέλευση του Pb της μεταλλοφορίας Λεωνιδίου, Μπουρνιάς είναι κοινή με αυτή της Φυλλετικής - Χαλαζιτικής σειράς.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρούμε υποχρέωσή μας να ευχαριστήσουμε το γεωλόγο Β.Γαλανόπουλο για τις εσotοχες παρατηρήσεις επί του αρχικού κειμένου και την όλη συμβολή του στην εργασία αυτή καθώς και τον Dr. N. Gale, Καθηγητή του Πανεπιστημίου του OXFORD Dept. of Earth Sciences, για τις αναλύσεις ισotόπων του Pb. Επι πλέον ευχαριστούμε την κ. Τ. Μάντισου του ΙΓΜΕ, Παρ/μα Κοζάνης, για τις χημικές αναλύσεις. Τέλος ευχαριστούμε τον Δρ. Ν. Σκαρπέλη για τις παρατηρήσεις του επί του τελικού κειμένου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΜΟΝ, Β.Γ., 1983 : Evolution of uranogenic and thorogenic lead, 1. A dynamic model of continuous isotopic evolution, *Earth Planet. Sci. Lett.* 65, 61-74.
- ΑΜΟΝ, Β.Γ., 1983 : Evolution of uranogenic and thorogenic lead, 2. Some differences in the variations of the $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios, *Earth Planet. Sci. Lett.* 65, 311-321.
- BLAIN, C.F. & ANDREW, R.L., 1977: Sulphide weathering and the evaluation of gossan in mineral exploration. *Min. Sc. Eng.*, Vol. 9, no 3, 119-150
- GARRELS, R.M. & CHRIST, C.L., 1965 : Solutions, Minerals and Equilibria. Freeman, cooper and company. San Francisco, 450 p.
- ΔΗΜΑΔΗΣ, Ε. & ΕΞΙΝΤΑΒΕΛΑΡΝΗΣ, Η. 1985: Γεωλογικός χάρτης Φ.Χ. "ΑΕΡΝΙΔΙΟ" κλίμ. 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε.
- DOE, B.R. & ZARTMAN, R.E., 1979: Plumbotectonics, I. The Phanerozoic, in: *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, H.L. Barnes, ed., 2nd ed., John Wiley and Sons, New York.
- HAWKES, E.H., ROSE, W.A. & WEBB, S.J., 1979: *Geochemistry in Mineral Exploration*, Sec. Edition, Academic Press, London, 657 p.
- ΗΑΙΑΣ, Π. ΠΑΥΤΑΣ, Μ. & ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ, Κ., 1986 : Γεωχημική έρευνα τμημάτων ρεσμμάτων Ν.Α. Πελοποννήσου (Φ.Χ. "ΜΟΛΑΟΣ", "ΠΑΠΑΔΑΙΑΝΙΚΑ", "ΓΥΘΕΙΟ", "ΑΕΡΝΙΔΙΟ", "ΝΑΡ.ΑΣΤΡΟΣ"). Ερωτ. Έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΗΑΙΑΣ, Π., 1987 : Η μεταλλοφορία σιδηρούχων καλυμμάτων (gossan) στα ανθρακικά πετρώματα της ζώνης Τρίπολης της περιφέρειας Λευκωδίου-Τυρού Ν.Α. Αρκαδίας. Ερωτ. Έκθ. Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΚΤΕΝΑΣ, Κ.Α., 1926: Η ανάπτυξις του κρωτογενούς εις την κεντρική Πελοπόννησον. *Πρακτ. Ακαδ. Αθηνών* 1, 53-59.
- ΛΕΚΚΑΣ, Π.Σ. 1978: Συμβολή εις την γεωλογικήν δομήν της περιφέρειας νοτιοανατολικής της Τριπόλεως (Κεντρ. Πελοπόννησος). Διδάκτ. Διατριβή, 192 σ., Παν. Αθηνών.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., 1976: Σκέψεις και απόψεις επί ωρισμένων προβλημάτων της γεωλογικής και τεκτονικής δομής της Πελοποννήσου. *Ann. Geol. d. P. Hell.*, XXVII, 215-313, Αθήνα.
- ΜΕΛΑΡΕΛΗΣ, Η. 1982. Μεταλλογένεση συμπηγών υειούχων μεταλλευμάτων και πετρώματα για της εξωτερικής μεταμορφικής τεκτονικής ζώνης των Ελληνίδων Ν.Α. Πελοπόννησος). Διδάκτ. Διατριβή, 149 σ., Παν. Αθηνών.
- SMIRNOW, S.S., 1954. Die Oxydationszone Sulfidischer Lagerstätten. Akademie-Verl. Berlin, 312 p.
- ΤΑΤΑΡΗΣ, Α., 1970. Γεωλογικός χάρτης Φ.Χ. "ΠΑΡΑΛΙΟ ΑΣΤΡΟΣ" κλίμ. 1: 50.000, ΙΓΜΕ.