

Πρακτικά	δου	Συνεδρίου	Μάιος	1992
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	XXVIII/2	σελ.	407-415
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.		pag.	
			Αθήνα	1993
			Athens	

**"FRAMBOIDAL" ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗΣ ΣΤΗ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ  
Fe-Cu-(Zn-Pb-Au) ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΞΥΛΑΓΑΝΗΣ ΤΟΥ  
ΝΟΜΟΥ ΡΟΔΟΠΗΣ (ΘΡΑΚΗ)**

**Β.ΜΕΛΦΟΥ\*, Μ.ΒΑΒΕΛΙΔΗ\*, Α.ΦΙΛΙΠΠΙΔΗ\*,  
Γ.ΧΡΙΣΤΟΦΙΔΗ\*, Ε.ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ\*\***

**Σ Υ Ν Ο Ψ Η**

Στην εργασία αυτή περιγράφεται για πρώτη φορά η παρουσία σιδηροπυρίτη με "framboidal" μορφή στη μεταλλοφορία Fe-Cu-(Zn-Pb-Au), που εντοπίζεται στη Μεταφαιστειοϊζηματογενή Σειρά της περιοχής Ξυλαγανής, η οποία ανήκει στην Περιοδοπική Ζώνη. Από τη μελέτη των μορφολογικών χαρακτηριστικών των "framboids" προκύπτει ότι αυτά έχουν κυρίως σφαιρική μορφή και το μέγεθός τους κυμαίνεται από 4 έως 38μμ. Βρίσκονται μέσα σε μικροκρυσταλλικό πυριτικό υλικό συνήθως μεμονωμένα, αλλά μπορεί να σχηματίζουν και σμήνη ή αποικίες. Τα περισσότερα από αυτά είναι συμπαγοποιημένα ή κατεστραμένα, ως αποτέλεσμα διαγενετικών κυρίως διεργασιών.

Οι αναγωγικές συνθήκες, το ουδέτερο έως αλκαλικό περιβάλλον καθώς και τα κολλοειδή σιδηροσουλφίδια έπαιξαν πιθανώς σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό αυτής της μορφής σιδηροπυρίτη, ενώ το μικροκρυσταλλικό πυριτικό υλικό ήταν καθοριστικός παράγοντας για τη διατήρησή του.

**A B S T R A C T**

Framboidal pyrite within the Fe-Cu-(Zn-Pb-Au) deposits in the Metavolcanosedimentary Series of the Xylagani area (Circum Rhodope Belt) is investigated for the first time. The morphological features of the framboids reveals a spherical form and a size from 4 to 38μm. The framboids are found within cryptocrystalline silica material and usually appear as individuals and to a lesser extent as colonies. The majority of the framboids are compacted or destroyed mainly due to diagenetic processes.

The reduction conditions, the neutral to alkaline environment and the colloidal iron sulfide played a key role in the formation of the framboids, whereas cryptocrystalline silica material was essential for their preservation.

\*Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης, Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, 540 06 Θεσ/νίκη.

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

\*\*Ι.Γ.Μ.Ε., Μπρωκούμη 30, 671 00 Ξάνθη.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σιδηροπυρίτης εμφανίζεται συχνά σε σύγχρονα ιζήματα καθώς και σε ιζηματογενή και μεταϊζηματογενή πετρώματα, με τη μορφή μικροσκοπικών σφαιρικών σχηματισμών που ονομάζονται "framboids". Ο όρος αυτός είναι ιστολογικός και χαρακτηρίζει τη σφαιρική συγκέντρωση ιδιόμορφων μικροκρυστάλλων σιδηροπυρίτη.

Ο RUST (1935) για να περιγράψει τη σφαιροειδή αυτή μορφή του σιδηροπυρίτη πρότεινε για πρώτη φορά την ονομασία "framboidal pyrite", εξαιτίας του σχήματος του που έμοιαζε με μούρο (=framboise), αν και η μορφή αυτή ήταν γνωστή από πολύ παλαιότερα (DOSS 1912, THIESSEN 1920, SCHNEIDERHOEHN 1923).

Η μορφή αυτή του σιδηροπυρίτη έχει περιγραφεί και μελετηθεί κυρίως σε ιζηματογενείς σχηματισμούς ή σε ιζηματογενή κοιτάσματα (BAKER 1960, LOVE & AMSTUTZ 1966, AMSTUTZ et al. 1974, RAISWELL & PLANT 1980) και σε ορισμένες περιπτώσεις σε ηφαιστειοϊζηματογενή και σε ηφαιστειακά πετρώματα και σε υδροθερμικές φλέβες (LOVE & AMSTUTZ 1969, OSTWALD & ENGLAND 1977, ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ κ.ά. 1990).

Συγκεντρώσεις σιδηροπυρίτη με "framboidal" μορφή έχουν μελετηθεί και στον ελληνικό χώρο από τους PAPADAKIS & MICHAILIDIS (1977) και τους PAPADAKIS & AMSTUTZ (1980) στις μαύρες άμμους της παραλίας των Λουτρών Ελευθερών Καβάλας. Άλλες εμφανίσεις "framboidal" σιδηροπυρίτη έχουν περιγραφεί από τον VAVELIDIS (1984) στα συνιζηματογενή έως συνδιαγενετικά και καρστικά κοιτάσματα Pb-Zn της θάσου, από τον LYKOUSIS (1985) στα σύγχρονα πηλώδη ιζήματα του ΒΔ Αιγαίου, από τους ΜΙΧΑΗΛΙΔΗ κ.ά. (1990) σε βιτουμενιούχους πυριτικούς σχιστολίθους στην περιοχή Σκρα του Ν. Κιλκίς, από τους MICHAILIDIS et al. (1990) στα μολασσικά ιζήματα της περιοχής Εβρου στη Θράκη, από τους ΚΟΥΚΟΥΖΑ & ΣΚΟΥΝΑΚΗ (1991) στα κοιτάσματα λιγνίτη της περιοχής Πλακιά-Λευκογείων Κρήτης και από τους GEORGAKOPOULOS et al. (1991) στα πετρελαιοφόρα ιζήματα της λεκάνης Πρίνου Καβάλας.

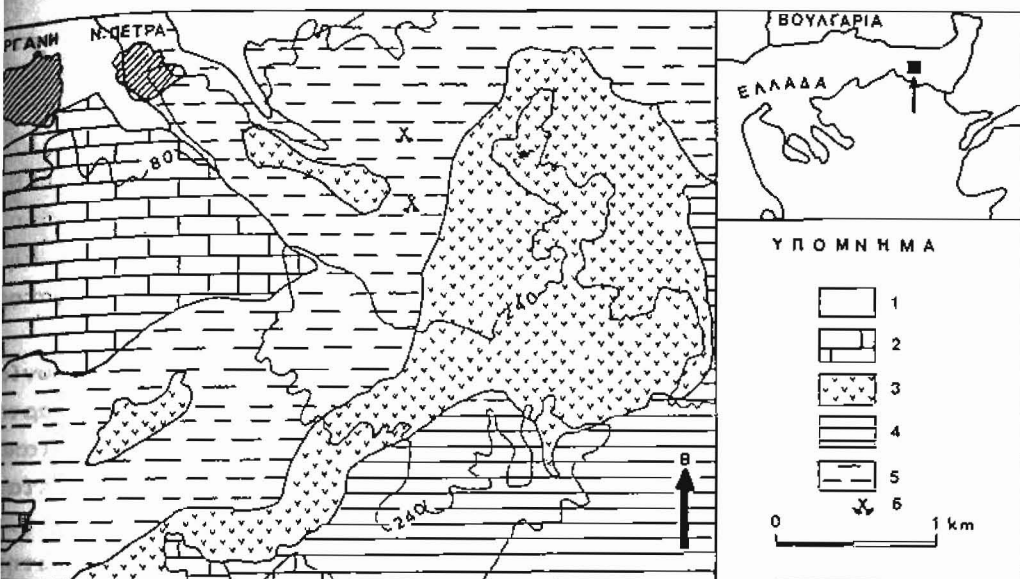
Ο "framboidal" σιδηροπυρίτης αποτέλεσε και αποτελεί αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών. Η συζήτηση, όσον αφορά τον τρόπο και τις συνθήκες σχηματισμού του, τη μορφή και διάταξη των μικροκρυστάλλων, τη συμβολή της οργανικής ύλης και των κολλοειδών διαλυμάτων καθώς επίσης και των ενδιάμεσων φάσεων για το σχηματισμό του σιδηροπυρίτη δεν έχει κλείσει οριστικά.

Σκοπός της εργασίας αυτής, που αποτελεί τμήμα της υπό εξέλιξη διδακτορικής διατριβής του πρώτου συγγραφέα, είναι η μελέτη των μορφολογικών χαρακτηριστικών του σιδηροπυρίτη με "framboidal" μορφή, που εντοπίστηκε για πρώτη φορά σε μεταλλοφόρα βασικών και

γενών μετάλλων στην περιοχή Ξυλαγανής. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά είναι ως γνωστό ενδεικτικά για τις διαδικασίες γένεσης των σχηματισμών.

### ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΞΥΛΑΓΑΝΗΣ

Η περιοχή της Ξυλαγανής βρίσκεται περίπου 20 km νότια της Κομοτηνής και ανήκει γεωτεκτονικά στην Περιροδοπική Ζώνη (Σχ. 1). Η Περιροδοπική Ζώνη στη Θράκη αποτελείται από την Ενότητα Μάκρης και την Ενότητα Δρυμού-Μελίας.



Σχ. 1. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Ξυλαγανής (κατά ΚΟΥΡΗΣ 1980): 1. Αλλουβιακές αποθέσεις. 2. Ασβεστόλιθοι Ηνωμένου. 3. Μεταδιαβάσης. 4. Ενότητα Δρυμού-Μελίας. 5. Ενότητα Μάκρης. 6. Μεταλλείο ανενεργό.

Fig. 1. Geological sketch map of the Xylagani area (after KOURIS 1980): 1. Alluvial deposits 2. Limestone (Eocene) 3. Metadiabase 4. Drymos-Melia Unit 5. Makri Unit 6. Inactive Mine.

Σύμφωνα με τους ΚΟΥΡΗΣ (1980) και ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟ (1982) η Ενότητα Μάκρης βρίσκεται σε ασυμφωνία με το κρυσταλλικό υπόβαθρο της Μάζας της Ροδόπης και διαιρείται στη Μεταϊζηματογενή και Μεταφαιστειογενή Σειρά. Η υποκείμενη Μεταϊζηματογενής Σειρά αποτελείται από μετακροκαλοπαγή, μεταγραουβάνες, μεταχαλαζίτες, ασβεστολίθους, ολιγομίτες, μάρμαρα, φυλλίτες και γραφιτικούς σχιστολίθους. Η υποκείμενη Μεταφαιστειογενής Σειρά ή Φασλινοχυστολιθική

Σειρά περιλαμβάνει, σύμφωνα με τους CHELIOTIS (1986) και ΜΑΓΚΑΝΑ (1988), χλωριτικούς-ακτινολιθικούς και μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους καθώς και χαλαζίτες, πετρώματα που αποτελούν μεταφαισιτίτες και μετατόφους που προέκυψαν από πολύ χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση, όπως δείχνει η παρουσία χαρακτηριστικών ορυκτών (πρενίτη, πουμπελλυίτη) στους σχηματισμούς αυτούς. Οι θερμοκρασίες μεταμόρφωσης που υπολογίστηκαν από το ΜΑΓΚΑΝΑ (1988) κυμαίνονται από 2200 έως 3500°C. Μέσα στα πετρώματα αυτά διακρίνονται πυριτιωμένα στρωματόμορφα μεταλλοφόρα σώματα με τη μορφή φακών. Η πυριτίωση συνδέεται με τα υδροθερμικά διαλύματα της ηφαιστειακής δραστηριότητας που έδωσε τα παραπάνω πετρώματα. Ο ΜΑΓΚΑΝΑΣ (1988) όμως δεν αποκλείει, για την ευρύτερη περιοχή, και συμμετοχή μετασωματικών διαδικασιών.

#### ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ Fe-Cu-(Zn-Pb-Au) ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΞΥΛΑΓΑΝΗΣ

Στην περιοχή Ξυλαγανής και πιο συγκεκριμένα κοντά στο χωριό Ν. Πέτρα, στην τοποθεσία Μυλόρεμα, εντοπίζονται 15 στοές και μεγάλοι σφροί εξορυγμένου υλικού. Σύμφωνα με μαρτυρίες των κατοίκων της περιοχής στις αρχές του αιώνα έγινε εξόρυξη μεταλλεύματος σιδηροπυρίτη και χαλκοπυρίτη από Γαλλο-Ιταλική εταιρεία.

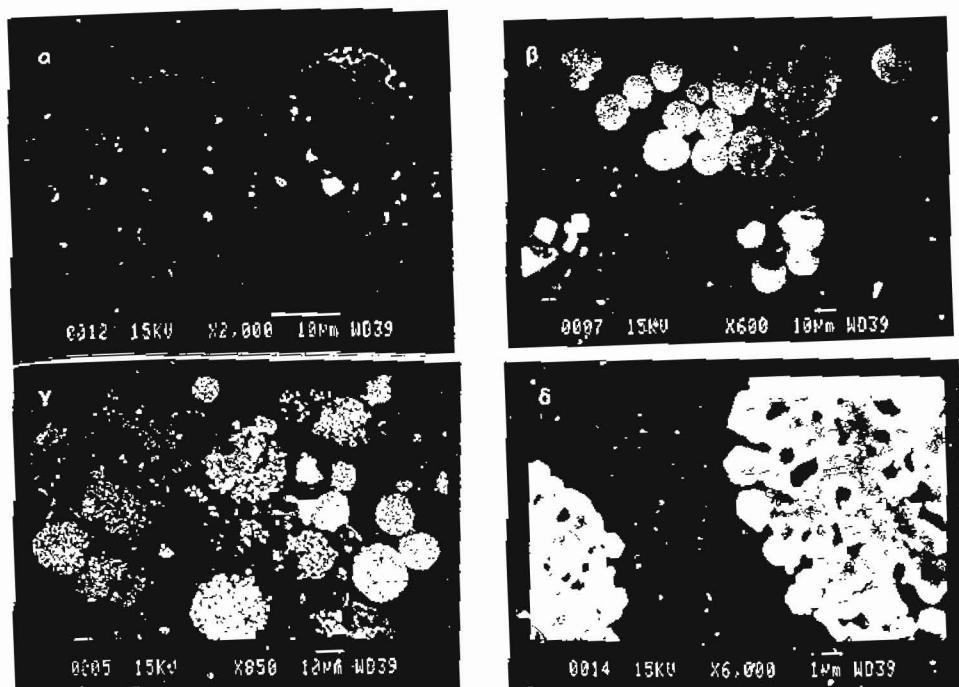
Στην περιοχή μελέτης εντοπίζονται μεταλλοφόροι φακοί σε συμφωνία με το πέτρωμα Ξενιστής. Η μεταλλοφορία αυτή εμφανίζεται διάσπαρτη και/ή υπό μορφή στρωμάτων και συνδέεται με τα μεταφαιστειακά πετρώματα της περιοχής. Μικρότερης σημασίας μεταλλοφορία εντοπίζεται σε χαλαζιακές φλέβες.

Η ορυκτολογική σύσταση της στρωματόμορφης και διάσπαρτης μεταλλοφορίας αποτελείται σύμφωνα με τις μικροσκοπικές παρατηρήσεις μας από σιδηροπυρίτη, χαλκοπυρίτη, σφαλερίτη, γαληνίτη, μαγνητοπυρίτη, τετραεδρίτη και χρυσό καθώς επίσης και δευτερογενή ορυκτά του χαλκού και του σιδήρου. Στη μεταλλοφορία αυτή εντοπίστηκε σιδηροπυρίτης με μορφή "framboidal", κυρίως μέσα στο πυριτιωμένο υλικό.

Οκτώ χημικές αναλύσεις μεταλλεύματος, με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης, από τους διαφόρους τύπους μεταλλοφορίας έδωσαν μέχρι 50,19% Fe, 2,45% Cu, 0,56% Zn, 0,1% Pb, 340g/t Co, 2,5g/t Au.

#### ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ "FRAMBOIDS"

Η μικροσκοπική μελέτη των "framboids" που εντοπίστηκαν στην περιοχή της Ξυλαγανής, έδειξε ότι αυτά έχουν κυρίως σφαιρική (Σχ. 2α) και σπανιότερα ελλειψοειδή ή περίπου σφαιρική μορφή. Το μέγεθος τους κυμαίνεται από 1 έως 5 μm, και μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις



Σχ. 2. Μικροφωτογραφίες από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως που δείχνουν το "framboidal" σιδηροπυρίτη που εντοπίζεται μέσα σε μικροκρυσταλλικό πυριτικό υλικό στην περιοχή Ξυλαγανής. α: Συμπαγοποιημένα, σφαιρικά "framboids" β: Αποικία από "framboids" γ: Κατεστραμμένα και συμπαγοποιημένα "framboids" δ: Συμπαγοποιημένα "framboids". Η συμπαγοποίηση αρχίζει από το κέντρο προς την περιφέρεια.

Fig. 2. SEM microphotographs showing framboidal pyrite within cryptocrystalline silica in Xylagani area. a: Compacted spherical framboids b: Colonie of framboids c: Destroyed and compacted framboids d: Compacted framboids. The compaction is observed at the core and extends towards the periphery.

φτάνει τα 70µm. Από τα "framboids" που μελετήθηκαν (πλέον των 350) το μεγαλύτερο ποσοστό έχει διάμετρο 10-19µm, ενώ διάμετρο πάνω από 30µm εμφανίζουν πολύ λίγα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

<u>Διάμετρος σε µm</u>	<u>Ποσοστό %</u>
4-9	14
10-19	64
20-29	20
30-38	2

Οι μικροκρύσταλλοι από τους οποίους αποτελούνται τα "framboids" έχουν μέγεθος που φτάνει μέχρι και 2µm και σε αρκετές περιπτώσεις έχουν κυβικό ή πενταγωνικό σχήμα.

Τα περιγράφηκε στο "Επιθεώρησις" της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, 1970, μέσα στο

πυριτικό υλικό. Έχουν παρατηρηθεί επίσης και ομάδες από δύο μέχρι τριάντα "framboids" που σχηματίζουν σμήνη ή αποικίες (Σχ. 2β). Σε μερικές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν "framboidal clusters" που έχουν μέγεθος μέχρι 60 μμ, ενώ σε άλλες περιπτώσεις εντοπίστηκαν κατεστραμένα "framboids" και σπανιότερα νεφελώματα (Σχ. 2γ). Παρόμοιες συγκεντρώσεις έχουν αναφερθεί αρχικά από τον PAPUNEN (1968) και το LOVE (1971).

Τα "framboids" της περιοχής έρευνας είναι σχεδόν εξολοκλήρου συμπαγοποιημένα. Η συμπαγοποίηση αρχίζει συνήθως από το κέντρο προς την περιφέρεια (Σχ. 2δ) και παρατηρείται σε πάνω από 70% των "framboids". Η συμπαγοποίηση αυτή των "framboids" έχει εξαλείψει σε πολλές περιπτώσεις σχεδόν εξολοκλήρου την εσωτερική διάταξη των μικροκρυστάλλων σιδηροπυρίτη και μόνο ορισμένες φορές διακρίνεται μια συγκεντρική διάταξη.

#### ΓΕΝΕΣΗ ΤΗΣ "FRAMBOIDAL" ΜΟΡΦΗΣ ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗ

Όσον αφορά το σχηματισμό της σφαιρικής διάταξης των μικροκρυστάλλων του σιδηροπυρίτη στα "framboids" έχουν διατυπωθεί μέχρι τώρα πολλές θεωρίες. Οι πιο σημαντικές είναι τρεις:

- α) Ο SCHNEIDERHOEHN (1923) υπέθεσε ότι αυτή η μορφή οφείλεται σε απευθείας αντικατάσταση βακτήριδιών από σιδηροπυρίτη και ότι τα "framboids" αντιπροσωπεύουν το υπόλειμμα των μικροοργανισμών.
- β) Ο RICKARD (1970) δέχεται ως πιθανή αιτία σχηματισμού αυτής της μορφής, την πλήρωση με σιδηροπυρίτη οργανικών σφαιριδίων που βρίσκονται σε ιζήματα ή σφαιρικών θαλάμων που σχηματίζονται από παγιδευμένα αέρια σε ιζήματα, λάβες και φλέβες.
- γ) Οι DOSS (1912), RUST (1935), LOVE & AMSTUTZ (1966), FARRAND (1970) και MASSAAD (1974) κ.ά. απέδωσαν το σφαιρικό σχήμα στη δράση κολλοειδούς υλικού σιδηροσουλφιδίου κατά το σχηματισμό του σιδηροπυρίτη.

Ακόμη η παρουσία, σε ελάχιστες περιπτώσεις, "framboidal" σιδηροπυρίτη σε μαγματικά πετρώματα (STEINIKE 1963, LOVE & AMSTUTZ 1969, OSTWALD & ENGLAND 1977) που συνδέονται με υδροθερμική δραστηριότητα δείχνει ότι ο ιστός αυτός είναι σίγουρα δείκτης χαμηλών θερμοκρασιών. Όπως αναφέρει ο RICKARD (1969) η χαμηλή θερμοκρασία και το ουδέτερο έως αλκαλικό περιβάλλον είναι παράγοντες που ελαττώνουν τη διαλυτότητα του σιδηροπυρίτη και γι' αυτό θεωρούνται ως προϋπόθεση για το σχηματισμό των "framboids". Η εργαστηριακή σύνθεση "framboidal" σιδηροπυρίτη (BERNER 1969, FARRAND 1970, SWEENEY & KAPLAN 1979) επιβεβαιώνει ότι για το σχηματισμό του δεν είναι αναγκαία

η ύπαρξη κάποιας βακτηριακής δράσης. Η συμμετοχή της οργανικής ύλης είναι απαραίτητη για την προσφορά S και H<sub>2</sub>S και τη δημιουργία έτσι αναγωγικού περιβάλλοντος, συνθηκών απαραίτητων για το σχηματισμό του σιδηροπυρίτη.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για το σχηματισμό του "framboidal" σιδηροπυρίτη στην περιοχή μελέτης, μπορούμε να δεχτούμε τα εξής:

Τα "framboids" εντοπίζονται μέσα σε μετατοφινικά πετρώματα που δείχνουν παλαιότερη ηφαιστειακή δραστηριότητα. Η δραστηριότητα αυτή τροφοδότησε πιθανώς το σύστημα με S και Fe, συστατικά απαραίτητα για το σχηματισμό του σιδηροπυρίτη. Προέλευση του θείου από βιογενή δράση δε θεωρείται πολύ πιθανή επειδή δεν εντοπίστηκε οργανική ύλη ούτε στο πέτρωμα ξενιστής αλλά ούτε και στη μεταλλοφορία.

Τα "framboids", από τα πρώτα μεταλλικά ορυκτά της στρωματομορφής μεταλλοφορίας, σχηματίστηκαν κατά την ιζηματοπόθεση, όπως αυτό προκύπτει και από ιστολογικές παρατηρήσεις στο μετάλλευμα, και κατά τα πρώτα στάδια της διαγένεσης. Σημαντικό ρόλο στη διατήρηση των "framboids" έπαιξε το μικροκρυσταλλικό πυριτικό υλικό μέσα στο οποίο εντοπίζονται αποκλειστικά αυτά. Σύμφωνα με το MASSAAD (1974) το πυριτικό υλικό απομονώνει τα "framboids", σταματάει την ανάπτυξή τους και τα προστατεύει από την καταστροφή λόγω των διαλυμάτων, την ανακρυστάλλωση και την παραμόρφωσή τους που μπορεί να υποστούν λόγω γεωστατικής πίεσης του ιζήματος.

Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις παρατηρήθηκε μέσα σε αδρόκοκκο χαλαζία σιδηροπυρίτης που πολύ πιθανό να προήλθε από ανακρυστάλλωση προϋπάρχοντος σιδηροπυρίτη με μορφή "framboid".

Σε ότι αφορά τη συμπαγοποίηση που παρατηρήθηκε στο μεγαλύτερο ποσοστό των "framboids", οι LOVE & AMSTUTZ (1966), δίνουν για παρόμοιες περιπτώσεις, δύο πιθανές ερμηνείες: α) προσθήκη νέου σιδηροπυρίτη και β) ανακρυστάλλωση και συγκόλληση των μικροκρυστάλλων σιδηροπυρίτη, κατά τη διάρκεια της διαγένεσης, χωρίς την προσθήκη νέου υλικού. Η δεύτερη άποψη θεωρείται σαν η πιο πιθανή, χωρίς όμως να αποκλείεται και η πρώτη.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα "framboids" που εντοπίστηκαν και μελετήθηκαν στη μεταλλοφορία Fe-Cu-(Zn-Pb-Au) της περιοχής Ξυλαγανής έχουν μεγάλη ποικιλία μορφών. Τα περισσότερα από αυτά είναι συμπαγοποιημένα, ανακρυσταλλωμένα και ορισμένα κατεστραμένα, ως αποτέλεσμα κυρίως διαγενετικών διεργασιών.

Οι αναγωγικές συνθήκες, το ουδέτερο έως αλκαλικό περιβάλλον

καθώς και τα κολλοειδή σιδηροσουλφίδια έπαιξαν πιθανώς σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό αυτής της μορφής σιδηροπυρίτη, ενώ το πυριτικό οξείδιο ήταν καθοριστικός παράγοντας για τη διατήρησή της. Τέλος μπορεί να υποτεθεί ότι τα "framboids" σχηματίστηκαν μέσα σε ένα ηφαιστειακό ιζηματογενές περιβάλλον, κατά τη διάρκεια της ιζηματοπόθεσης έως τα πρώτα στάδια της διαγένεσης κάτω από συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ: Ευχαριστούμε τους κκ. Σ. Σκλαβούνο και Β. Κυριακόπουλο για τη βοήθεια που μας παρείχαν στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο JSM-840A του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AMSTUTZ, G.C., ZIMMERMANN, R.A. & LOVE, L.G. (1974). Copper deposit at Cornwall, Missouri: Observations on the petrology, the sedimentary features and the sulfides (especially the framboidal pyrite). N.Jb. Miner. Mh., 289-307.
- BAKER, G. (1960). Some Australian occurrences of micro-spherular pyrite. N. Jb. Miner. Abh., 94, 564-583.
- BERNER, R.A. (1969). The synthesis of framboidal pyrite. Econ. Geol., 64, 383-384.
- CHELIOTIS, I. (1986). Geology, mineralization and rock geochemistry of a volcanic-sedimentary formation in the Xylagani Maronia area, NE Greece. M.Sc., University of Leicester, U.K., 90p.
- DOSS, B. (1912). Melnikovit, ein neues Eisenbisulfid, und seine Bedeutung für die Genesis der Kieslagerstätten. Z. prakt. Geologie, 20, 453-483.
- FARRAND, M. (1970). Framboidal sulfides precipitated synthetically. Mineral. Deposita, 5, 237-247.
- GEORGAKOPOULOS, A., VAVELIDIS, M., SKLAVOUNOS, S. & PAPACONSTANTINOU, C.M. (1991). Apparition de pyrite framboidale dans les sediments riches en matiere organique du gisement petrolier de Prinos (Nord de la Mer Egee-Grece). In: Source, transport and deposition of metals. Eds: Pagel & Leroy, Balkema, Rotterdam, 523-526.
- KOYKOYZAS, N.K. & SKOYNAKHS, S.B. (1991). Framboids σιδηροπυρίτη στο κοίτασμα λιγνίτη της περιοχής Πλακιά-Λευκογαείων Ρεθύμνου Κρήτης. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., XXV/2, 193-201.
- KOYRHS, X. (1980). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Μέση-Ευλαγανή, κλίμακα 1:50.000. ΙΓΜΕ, Αθήνα
- LOVE, L.G. (1971). Early diagenetic polyframboidal pyrite, primary and repositied, from the Wenlockian Denbigh Grit Group, Conway, North Wales, U.K., Journ. Sed. Pet., 41, 1035-1044.
- LOVE, L.G. & AMSTUTZ, G.C. (1966). Review of microscopic pyrite from the Devonian Chattanooga Shale and Rammelsberg Banderz. Forstchr. Min., 43, 273-309.
- LOVE, L.G. & AMSTUTZ, G.C. (1969). Framboidal pyrite in two andesites. N. Jb. Min. Mh., 3, 97-108.
- LYKOUSIS, V. (1985). Occurrence and formation of iron pyrite (FeS<sub>2</sub>) in the fine-grained sediments of the N.W. Aegean sea. Mineral Wealth, 39, 43-50.



- ΜΑΓΚΑΝΑΣ, Α. (1988). Μελέτη της ορυκτολογίας, πετρολογίας, γεωχημείας και των φαινομένων μεταμορφώσεως βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων της Περιροδοπικής Ζώνης στην περιοχή της Θράκης. Διδ. Διατρ., Πανεπ. Αθηνών, 332σ.
- MASSAAD, M. (1974). Framboidal pyrite in concretions. *Mineral. Deposita*, 9, 87-89.
- ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ, Κ., ΒΑΒΕΛΙΔΗΣ, Μ. & ΤΣΑΜΑΝΤΟΥΡΙΑΔΗΣ, Π. (1990). "Framboidal" μορφή σιδηροπυρίτη σε βιτουμενιούχους πυριτικούς σχιστολίθους της ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς στην περιοχή Σκρα του Νομού Κιλκίς (Β.Ελλάδα). Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., XXII, 159-170.
- MICHAELIDIS, K., TRONTSIOS, G. & SKLAVOUNOS, S. (1990). The occurrence of framboidal pyrite in the onshore molassic sediments of the Evros area, Thrace county, N.E. Greece. *Geol. Rhodop.*, 2, 446-458.
- OSTWALD, J. & ENGLAND, B.M. (1977). Notes on framboidal pyrite form Allandale, New South Wales, Australia. *Mineral. Deposita*, 12, 111-116.
- PAPADAKIS, A. & MICHAELIDIS, K. (1977). Polyframboidal pyrite formations in Greek Beaches. *Sci. Annals Fac. Phys. and Mathem. Univ. Thessaloniki*, 17, 353-365.
- PAPADAKIS, A. & AMSTUTZ, G.C. (1980). Rogenpyrite in recent beach sands of Loutra Eleftheron, Greece. *N. Jb. Miner. Mh.*, 4, 175-180.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Π. (1982). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Μαρώνεια, κλίμακα 1:50.000. ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- PAPUNEN, H. (1968). On the sulfides in the sediments of the Bothnian Sea. *Bull. Geol. Soc. Finland*, 40, 51-57.
- RAISWELL, R. & PLANT, J. (1980). The incorporation of trace elements into pyrite during diagenesis of black shales, Yorkshire, England. *Econ. Geol.*, 75, 684-699.
- RICKARD, D.T. (1969). The chemistry of iron sulfide formation at low temperature. *Stockholm Contr. Geology*, 2, 67-95.
- RICKARD, D.T. (1970). The origin of framboids. *Lithos*, 3, 269-293.
- RUST, G.W. (1935). Colloidal primary copper ores at Cornwall Mines, Southeastern Missouri. *J. Geol.*, 43, 398-426.
- SCHNEIDERHOEHN, H. (1923). Chalkographische Untersushung des Mansfelder Kupferschiefers. *N. Jb. Miner. Geol. Palaont.*, 47, 1-38.
- STEINIKE, K. (1963). A further remark on biogenic sulfides: Inorganic pyrite spheres. *Econ. Geol.*, 58, 998-1000.
- SWEENEY, R.E. & KAPLAN, I.R. (1973). Pyrite framboidal formation: Laboratory synthesis and marine sediments. *Econ. Geol.*, 68, 618-634.
- THIESSEN, R. (1920). Occurrence and origin of finely disseminated sulphur compounds in coal. *Trans. Am. Inst. Miner. and Metal. Eng.*, 863, 913-931.
- VAVELIDIS, M. (1984). Neue Beobachtungen zur Genese der schichtgebundenen Pb-Zn-(Fe-Ba-As-Ag-Cu) und der Au-Vorkommen auf Thasos (Nordgriechenland) mit einem Beitrag zur Geologie, Petrographie und zum Metamorphosegrad des Gesteinskompleses der Insel. *Diss. Univ. Heidelberg*, 355p.
- ΧΕΛΙΩΤΗΣ, Ι. (1977). Έκθεση για τη γεωλογική-κοιτασματολογική αναγνώριση και τη γεωχημική έρευνα της περιοχής Ξυλαγανής. ΙΓΜΕ, Παράρτημα Ξάνθης, Ξάνθη, 17σ.
- ΧΕΛΙΩΤΗΣ, Ι. (1979). Έκθεση πρόσδου των εργασιών στην περιοχή Ξυλαγανής κατά το 1978. ΙΓΜΕ, Παράρτημα Ξάνθης, Ξάνθη, 6σ.

