

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΡΑΝΑΤΙΤΙΚΟΥ SKARN ΣΕ ΑΜΦΙΒΟΛΙΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΕΡΑΠΕΙΟΥ, ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

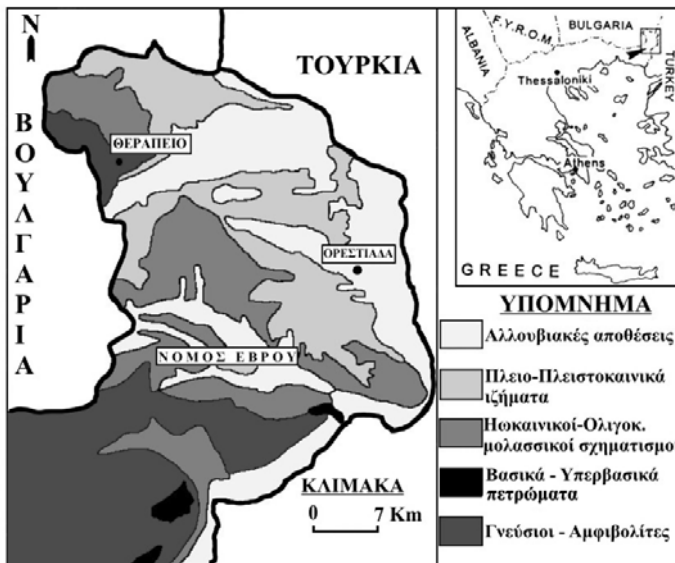
Κατερινόπουλος Α., Βουδούρης Π., Κανελλόπουλος Χ.

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Ορυκτολογίας, Πανεπιστημιούπολη, 15784 Αθήνα akaterin@geol.uoa.gr, voudouris@geol.uoa.gr, aetosgr@hotmail.com

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια νέα εμφάνιση skarn στην περιοχή Θεραπειού, του Νομού Έβρου. Το skarn αναπτύσσεται σε αμφιβολίτες, σε γειτονία με πηγματιτικές φλέβες. Αποτελείται από γρανάτη, μαγνητίτη και χαλαζία, με μικρότερα ποσοστά ακτινόλιθου και χλωρίτη, καθώς και θειούχα μεταλλικά ορυκτά, ορισμένα από τα οποία προσδιορίστηκαν και στα περιβάλλοντα πετρώματα. Η στενή σχέση του skarn με τους πηγματίτες στο χώρο, υποδεικνύει και την πιθανή γενετική τους σχέση. Παράλληλα η παρουσία κατακλαστικής δομής στους γρανάτες και στο μαγνητίτη καθώς και οι θραυσιγενείς δομές, υποδηλώνουν ύστερο-μεταμορφικές επιδράσεις.

### 1. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ



Σχήμα 1. Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής του Νομού Έβρου, (Α. Kassoli – Foygaraki et al. 1995, τροποποιημένος από Χ. Κανελλόπουλο 2004).

βολιτικής φάσης σχετίζεται με τη διείσδυση μοσχοβιτικών πηγματιτών και τη δημιουργία μιγματιτών στους γνευσίους. Τελευταίες έρευνες υποδεικνύουν ότι η αλπική μεταμόρφωση έφτασε σε πιέσεις άνω των 3,6 Gpa σε 800° C (παρουσία διαμαντιού και κοεσίτη σε γρανάτες, Mroskos & Kostopoulos 2001).

Στη περιοχή μελέτης επικρατούν οι αμφιβολίτες, στους οποίους διεισδύουν σμήνη πηγματιτών σε τυχαίες διευθύνσεις, καθώς και χαλαζιακές φλέβες, σε ανάπτυξη παράλληλη με τους πηγματίτες.

Η περιοχή του Θεραπειού (Σχ. 1), ανήκει στο ανώτερο γεωτεκτονικό σύμπλεγμα της Ανατολικής Ροδόπης και ειδικότερα στην γεωτεκτονική ενότητα της Κύμης, η οποία αποτελείται από υψηλής πίεσης – υψηλής θερμοκρασίας σειρές μιγματικών γνευσίων και ενδιαστρωμένα μάρμαρα (Krohe & Mroskos 2002). Επιπλέον περιλαμβάνει εκλογιτωμένους αμφιβολίτες και μεταπεριδοτίτες. Η παρουσία Ηωκαινικών κροκαλοπαγών επίκλησης υποδεικνύει ότι η ανάδυση της ενότητας της Κύμης έγινε πριν το Ηώκαινο (Mroskos 2001). Μετά από μία υπερυψηλής πίεσης μεταμόρφωση ακολούθησε μία ανάδρομη μεταμόρφωση υψηλής πίεσης λόγω ανόδου του συμπλέγματος. Στη συνέχεια, η μεταμόρφωση αμφι-

Οι πηγματιπικές φλέβες, προκάλεσαν έντονα φαινόμενα μετασωμάτωσης, που οδήγησαν σε τοπικές ανακρυσταλλώσεις των περιβαλλόντων πετρωμάτων. Ο σχηματισμός των ορυκτών φάσεων που προσδιορίστηκαν στους αμφιβολίτες αποδίδεται τόσο σε διαδικασίες μεταμόρφωσης αμφιβολιτικής έως πρασινοσχιστολιθικής φάσης (Kassoli-Fournaraki et al. 1995), όσο και σε φαινόμενα μετασωμάτωσης από την διείσδυση των πηγματιπών, παρόμοια με εκείνα που αναφέρουν οι Αρίκας κ.α. (1992).

## 2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

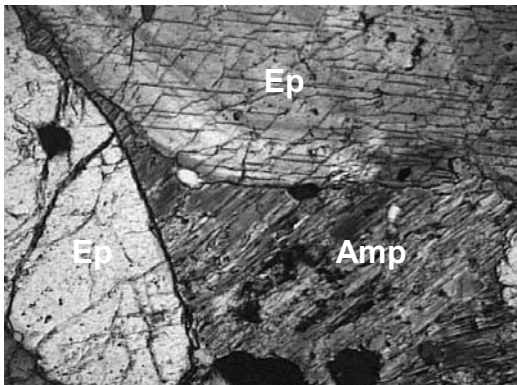
Οι μετρήσεις έγιναν στους Τομείς Ορυκτολογίας - Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας - Γεωχημείας του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών και στη Διεύθυνση Ορυκτολογίας του Ι.Γ.Μ.Ε. Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- α) για τα ακτινογραφήματα, συσκευή X-Rays Diffraction της Siemens D-500 σε λυχνία Cu και μονοχρωμάτορα γραφίτη, σε συνθήκες 40 kV, 40 mA, 1°/min., λογισμικό EVA.
- β) για τις μικροαναλύσεις συσκευή JEOL JSM 5600 (scanning) Microscope και Oxford ISIS 300 Microanal system και σε συνθήκες 20 kV, 0,5 nA, λογισμικό Oxford SEM-Quant.
- γ) για τη φωτογράφιση πολωτικό μικροσκόπιο Leica DM-LP με ενσωματωμένη φωτογραφική μηχανή Canon E05-33 σε μεγεθύνσεις x16, x50, x100 και x200 σε παράλληλα και κάθετα Nicols καθώς και μικροσκόπιο LEIKA με χρήση λογισμικού JCPDS της Siemens.

## 3 ΑΜΦΙΒΟΛΙΤΕΣ

Τα επικρατέστερα πετρώματα στη περιοχή του Θεραπειού είναι οι αμφιβολίτες. Από τις μικροαναλύσεις και την ακτινοσκοπική ανάλυση που έγιναν σε αντιπροσωπευτικά δείγματα, προσδιορίστηκαν οι ορυκτές φάσεις: χαλαζίας, αμφίβολοι, ορυκτά της ομάδας του επιδότου (ζωισίτης, κλινοζωισίτης, επίδοτο), τιτανίτης, άστριος (αλβίτης), αυγίτης, απατίτης, γαληνίτης, βαρύτης, γκαϊπίτης, σφαλερίτης και αιματίτης.

Σύμφωνα με τους Kassoli-Fournaraki et al. (1995), η κύρια ορυκτολογική παραγένεση: αμφίβολος + τιτανίτης + κλινοζωισίτης + ζωισίτης + επίδοτο, συνδέεται με μεταμόρφωση, σε συνθήκες πίεσης 7 Kbars, 540 – 660 °C, οι οποίες αντιστοιχούν σε βάθος 25 Km και χαμηλές τιμές μερικής πίεσης CO<sub>2</sub> των διαλυμάτων.



Σχήμα 2. Κεροσίλβη (εξαλλοίωση προς βιοτίτη). x80 κάθετα nicols, (Amp = αμφίβολος, Ep = Επίδοτο)

το φαινόμενο της διδυμίας, ενώ παρατηρήθηκαν εγκλείσματα χαλαζία και ορυκτών της ομάδας του επιδότου (Σχ. 3).

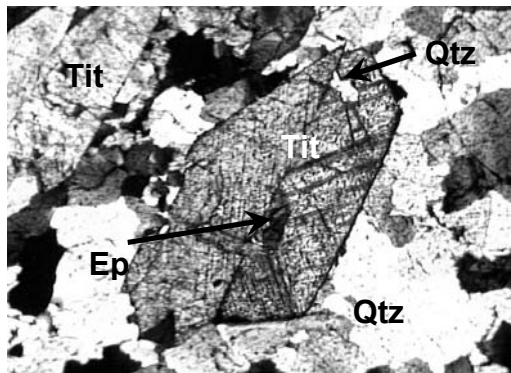
Από τις χημικές αναλύσεις και το διάγραμμα που κατασκευάστηκε (Σχ. 4) φαίνεται ότι οι τιτανίτες παρουσιάζουν μια μέση σύσταση SiO<sub>2</sub> ≈ 29,5%, TiO ≈ 39,5%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ≈ 2%, FeO ≈ 0,5% και CaO ≈ 28%, χωρίς ιδιαίτερες αποκλίσεις και μεγάλη διασπορά.

### 3.1 Αμφίβολοι

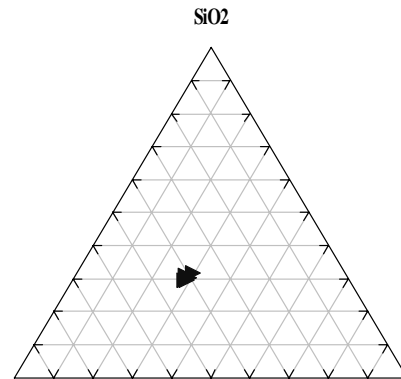
Αμφίβολοι εντοπίστηκαν τόσο κατά τη μικροσκοπική μελέτη (Σχ. 2), όσο και από την ακτινοσκοπική. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων προκύπτει ότι οι αμφίβολοι ανήκουν στην ομάδα των Fe– Mg– Mn– ούχων και χαρακτηρίζονται εδενίτης έως μαγνησιοκεροσίλβη.

### 3.2 Τιτανίτης

Συμμετέχει σε σχετικά μικρό ποσοστό. Οι κρύσταλλοι είναι ιδιόμορφοι, παρουσιάζουν χαρακτηριστικό σφηνοειδές σχήμα και καστανό, μελί χρώμα. Συχνά παρουσιάζουν



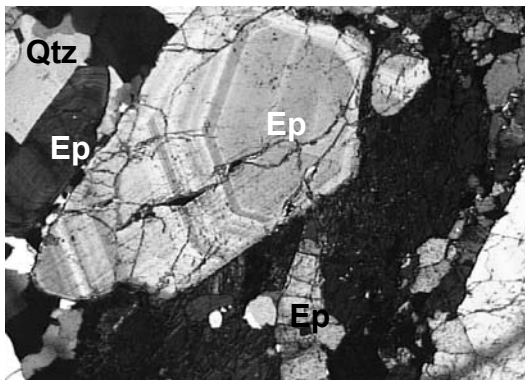
Σχήμα 3. Ζωνώδης κρύσταλλος τιτανίτη με εγκλείσματα χαλαζία και επιδότου x20 κάθετα nicols (Tit = Τιτανίτης, Qtz = Χαλαζίας, Ep = Επίδοτο)



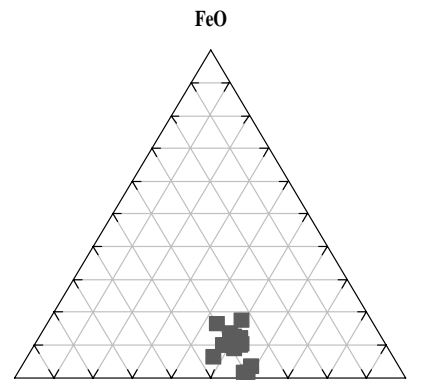
Σχήμα 4. Προβολή της σύστασης του τιτανίτη στο διάγραμμα  $SiO_2 - TiO_2 - CaO$ .

### 3.3 Ορυκτά της ομάδας του επιδότου

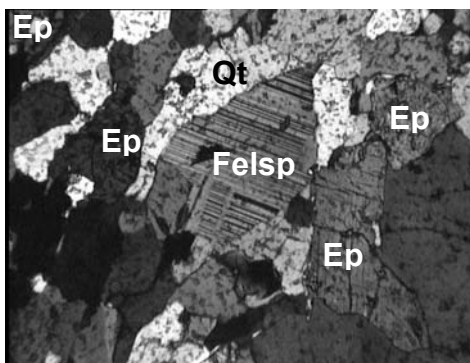
Διαπιστώθηκε η ύπαρξη επιδότου, ζωισίτη και κλινοζωισίτη. Οι κρύσταλλοι είναι συνήθως μακροπρισματικοί με τέλειο σχισμό (001). Συχνά παρουσιάζουν το φαινόμενο της ζώνωσης (Σχ. 5). Περιέχουν εγκλείσματα χαλαζία, τιτανίτη, αμφιβόλου και πλαγιοκλάστου. Παράλληλα παρατηρήθηκαν κρύσταλλοι των ορυκτών της ομάδας του επιδότου ως εγκλείσματα σε κρυστάλλους χαλαζία και σε αλβίτη. Από τις χημικές αναλύσεις και το διάγραμμα που κατασκευάστηκε (Σχ. 6) διαπιστώθηκε ότι τα ορυκτά της ομάδας του επιδότου παρουσιάζουν μέση σύσταση  $SiO_2 \approx 38\%$ ,  $FeO \approx 6\%$ ,  $Al_2O_3 \approx 30,5\%$ ,  $CaO \approx 23\%$ , χωρίς ιδιαίτερες αποκλίσεις και μεγάλη διασπορά.



Σχήμα 5. Ζωνώδεις κρύσταλλοι επιδότου x20, κάθετα nicols (Qtz = Χαλαζίας, Ep = Επίδοτο)



Σχήμα 6. Προβολή ορυκτών της ομάδας του επιδότου σε διάγραμμα  $FeO - CaO - Al_2O_3$ .



Σχήμα 7. Αστριοί x12,8, κάθετα nicols. (Qtz = Χαλαζίας, Ep = Επίδοτο, Felsp = Αλβίτης)

### 3.4 Άστριοι

Άστριοι εντοπίστηκαν μικροσκοπικά σε όλα τα δείγματα (Σχ. 7). Από την ακτινοσκοπική και χημική μελέτη προκύπτει ότι πρόκειται για αλβίτη.

### 3.5 Μη πυριτικά ορυκτά

Εκτός των πετρογενετικών ορυκτών, έγινε ορυκτοχημική μελέτη υδροξειδίων, θεικών, θειούχων και φωσφορικών ορυκτών. Αντιπροσωπευτικές αναλύσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Χημικές αναλύσεις μη πυριτικών ορυκτών.

	Βαρύτης ΤΗ4-10Α	Γκαιίτης ΤΗ4-11	Γαληνίτης ΤΗ4-5	Σφαλερίτης ΤΗ8-11	Απατίτης ΤΗ8-3
FeO	-	77,04	0,06	7,54	0,16
MgO	-	0,23	-	0,47	0,2
MnO	-	0,97	0,30	-	0,31
CaO	-	-	-	-	55,87
Na <sub>2</sub> O	-	-	-	-	0,34
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	-	-	43,12
K <sub>2</sub> O	-	-	-	-	0,7
BaO	70,3	-	-	-	-
PbO	-	-	79,70	-	-
ZnO	-	-	-	65,58	-
SO <sub>3</sub>	28,1	-	19,38	26,42	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0,55	-	-

Μεταλλικά ορυκτά και βαρύτης προσδιορίστηκαν τόσο στον αμφιβολίτη όσο και στο γρανατιτικό skarn και αποτελούν προϊόντα της δράσης υδροθερμικών διαλυμάτων.

## 4 ΠΗΓΜΑΤΙΤΕΣ

Τα πηγματιπικά σώματα εμφανίζονται με μορφή ασυμφώνων φλεβών, οι οποίες διαπερνούν τα μεταμορφωμένα πετρώματα. Η διείδυσή τους έλαβε χώρα κατά πάσα πιθανότητα παράλληλα με τις διαδικασίες μιας αμφιβολιτικής – πρασινοσχιστολιθικής φάσης μεταμόρφωσης (Μπόσκος κ. α. 1994) και συνοδεύτηκε από μετασωματικά φαινόμενα, που οδήγησαν σε τοπική ανακρυστάλλωση των περιβαλλόντων αμφιβολιτικών πετρωμάτων. Οι πηγματίτες αυτοί τροντχεμιτικής σύστασης καθώς και οι μετασωματίτες της Α – ΝΑ Ροδόπης αποδίδονται σε διαδικασίες ανάπτυξης των αμφιβολιτών (Αρίκας κ. α. 1992).

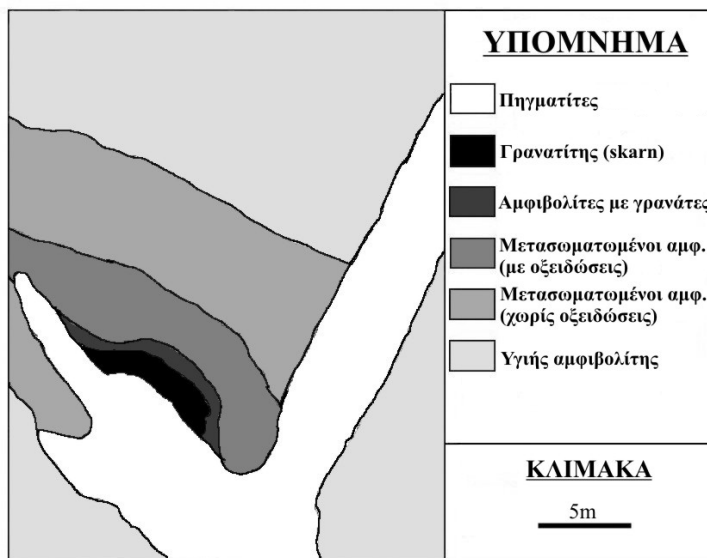
Οι κύριες ορυκτές φάσεις που προσδιορίστηκαν στους πηγματίτες είναι χαλαζίας, αστρίοι (αλβίτης και ορθόκλαστο) και μοσχοβίτης, ενώ οι επουσιώδεις ζωισίτης (με υψηλό ποσοστό Al) και τιτανίτης (Στεργίου & Νομικού 2003).

## 5 ΤΟ SKARN

### 5.1 Γενικά

Σε όλη την έκταση του αμφιβολίτη, στην περιοχή που μελετήθηκε, παρατηρούμε τη σταθερή ορυκτολογική σύσταση: αμφίβολος, χαλαζίας, επίδοτο, άστριος, τιτανίτης. Εξαιρέση αποτελούν οι θέσεις που εμφανίζεται το skarn, όπου παρατηρείται πλήρης απουσία των προαναφερθέντων ορυκτών πλην του χαλαζία.

Το γρανατιτικό skarn, εντοπίστηκε με μορφή φακών ή στρωμάτων, μεγέθους μερικών δεκάδων εκατοστών, μεταξύ πηγματιτών και αμφιβολιτών (Σχ. 8, 9). Κύριο ορυκτό συστατικό είναι ο γρανάτης, με μέγεθος κόκκων που μπορεί να ξεπερνά τα 0,2 cm. Κατά θέσεις εμφανίζονται συμπαγή σχεδόν μονο-ορυκτολογικά αδροκοκκώδη συσσωματώματα. Ο χαλαζίας γεμίζει τα κενά μεταξύ των



Σχήμα 8. Γεωλογικό σκαρίφημα του skarn στο Θεραπειό.



Σχήμα. 9. Εμφάνιση του skarn στο Θεραπειό.

κρυστάλλων των γρανατών, ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν ακτινόλιθος, χλωρίτης, βιοτίτης και βελόνες ρουτιλίου. Εκτός από τα πυριτικά προσδιορίστηκαν και μεταλλικά ορυκτά όπως γκαϊτίτης, μαγνητίτης, σιδηροπυρίτης, χαλκοπυρίτης και μαλαχίτης. Από αυτά μόνον ο γκαϊτίτης απαντά στα περιβάλλοντα πετρώματα, συνοδευόμενος από γαληνίτη, σφαλερίτη και απατίτη.

Ο γρανάτης και ο μαγνητίτης αποτελούν τα πρόδρομα ορυκτά του skarn. Ακολούθησε μια περίοδος έντονης τεκτονικής καταπόνησης, στην οποία οφείλεται και ο κατακλαστικός ιστός των γρανατών, οι οποίοι

διαπερνούνται συχνά από φλεβίδια χαλαζία, σιδηροπυρίτη και χαλκοπυρίτη. Τέλος παρατηρείται, μαρτυρία της μαγνητίτης προς αιματίτη. Σημειώνεται η ύπαρξη μιας μεταβατικής ζώνης από τον γρανατίτη προς τον υγιή αμφιβολίτη, Πρόκειται για ανα-κρυσταλλωμένο αμφιβολίτη, εμπλουτισμένο σε ανδραδίτη και μαγνητίτη.

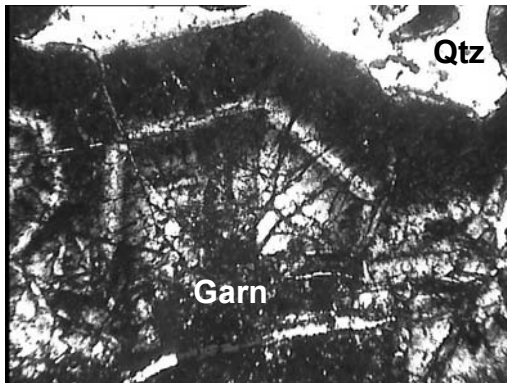
## 5.2 Γρανάτης

Κατά την μικροσκοπική μελέτη οι κρύσταλλοι του γρανάτη εμφανίζονται ιδιόμορφοι, με έντονη ζώνωση και ανισοτροπία (Σχ.10). Από την ακτινοσκοπική και τη χημική μελέτη διαπιστώθηκε ότι πρόκειται για το Fe-ούχο μέλος, ανδραδίτη (67%). Η ορυκτή αυτή φάση, εμφανίζεται συχνά ως αποτέλεσμα μετασφωμάτωσης που συνδέεται με θερμική μεταμόρφωση μαγματικών πετρωμάτων (Deer et al. 1996).

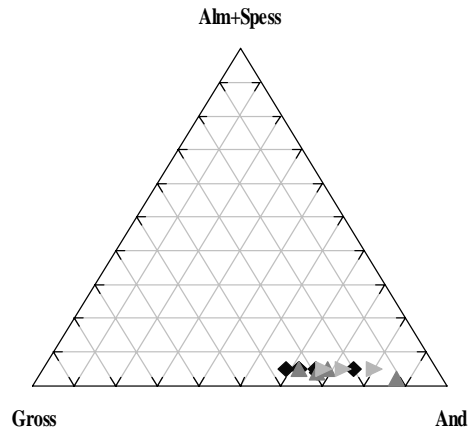
Η ανισοτροπία στους γρανάτες θα πρέπει να οφείλεται στην τεκτονική τους καταπόνηση.

Μεταβολές στο χημισμό του ρευστού, από το οποίο σχηματίστηκαν οι γρανάτες, υποδεικνύεται και από τη ζωνώδη δομή, η οποία δεν παρουσιάζει κανονικότητα (ανάστροφη ζώνωση).

Από τις χημικές αναλύσεις και το σχετικό διάγραμμα (Πιν. 2, Σχ. 11), φαίνεται ότι οι γρανάτες παρουσιάζουν αποκλίσεις στη σύσταση με συμμετοχή ανδραδίτη (57-85%), γροσσουλάριου (9-35%), σπεσσαρτίνη (3-5%) και αλμανδίνη (2-3%), αποτέλεσμα της κανονικής και ανάστροφης ζώνωσής τους.



Σχήμα 10. Ιδιόμορφοι ζωνώδεις κρύσταλλοι γρανάτη, τα κενά πληρώνονται από μικροκρυσταλλικό χαλαζία. x80, κάθετα nicols, (Qtz = Χαλαζίας, Garn = Γρανάτης).



Σχήμα 11. Προβολή των γρανάτων του skarn στο διάγραμμα Alm+Spess – Gross – And

Πίνακας 2. Χημικές αναλύσεις γρανάτων από το skarn του Θεραπειού.\*

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	Total	Alm	And	Gross	Spes s
G2-core	35,40	8,77	0,90	18,99	2,49	30,77	99,27	2,18	60,25	32,68	4,90
G2-A	35,60	7,92	0,95	19,94	2,76	30,41	99,40	2,28	64,52	28,30	4,89
G2-B	35,93	9,02	0,95	19,94	2,55	30,36	99,94	2,28	60,25	32,58	4,89
G2-C	36,60	9,14	0,90	18,99	2,27	30,92	100,08	2,18	57,40	35,53	4,90
G2-D	35,45	6,32	1,13	23,74	2,24	30,21	99,90	2,71	73,14	19,29	4,87
G2-rim	34,91	8,47	0,95	19,94	2,13	31,96	99,47	2,21	64,84	28,20	4,75
G3-core	35,55	8,03	0,90	18,99	2,74	30,78	99,22	2,18	60,25	32,68	4,90
G3-B	35,24	8,01	0,99	20,89	2,38	31,16	100,07	2,32	64,96	27,98	4,74
G3-C	35,82	7,13	1,04	21,84	2,24	30,91	100,08	2,49	67,64	24,99	4,88
G3-rim	34,81	3,91	1,26	26,59	1,77	29,87	99,59	3,20	84,98	9,26	2,57
G4-core	35,77	7,32	1,04	21,84	2,58	29,67	99,11	2,57	66,58	25,81	5,04
G4-B	34,76	5,86	1,17	24,69	2,05	30,77	100,42	2,81	79,07	13,25	4,87
G4-rim	36,61	6,98	1,08	22,79	2,09	29,91	100,63	2,68	70,80	21,48	5,03

\*περιέχουν επίσης TiO<sub>2</sub> 0,00-0,73%, Na<sub>2</sub>O 0,16-0,45%, MgO 0,00 – 0,26  
A,B,C,D=ζώνες από το κέντρο προς την περιφέρεια

### 5.3 Μεταλλικά ορυκτά

Όσον αφορά τα μεταλλικά ορυκτά, προσδιορίστηκαν σιδηροπυρίτης, χαλκοπυρίτης, μαγνητίτης (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), ο οποίος αντικαθίσταται κατά την μαρτιπίωση από αιματίτη (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) με φυλλώδη μορφή, γαληνίτης, σφαλερίτης, καθώς και γκαϊπίτης και μαλαχίτης, που αποτελούν υπεργενετικά ορυκτά.

## 6 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το skarn στο Θεραπειό του Νομού Έβρου δεν συνδέεται, τουλάχιστον με άμεσο τρόπο, με γρανιτοειδείς διεισδύσεις, όπως και άλλα skarns της Ελληνικής Ροδόπης, π.χ. στο Τρίκορφο Νομού Έβρου και την Κομοτηνή (Μιχαήλ κ. α. 1984).

Η αφθονία όμως ανδραδίτη και μαγνητίτη στο skarn του Θεραπειού, υποδεικνύει τυπικό οξειδωτικό Fe-ούχο skarn, όπως η πλειονότητα ανδραδιτικών skarn, τα οποία σχετίζονται με μαγματικές διεισδύσεις (Meinert 2000, Ciobanu & Cook 2004, Marshall et al. 1997, Laouar et al. 2002).

Το γραναίτικο skarn σχηματίστηκε σε δύο στάδια: Στο αρχικό στάδιο δημιουργίας έχουμε απόθεση γρανάτη και μαγνητίτη. Ακολουθεί μία υδροθερμική λατυπτοποίηση και στην συνέχεια, ένα ανάδρομο στάδιο με απόθεση, ακτινολίθου, χλωρίτη, μεταλλικών θειούχων ορυκτών και οξειδίων (γαληνίτης, σφαλερίτης, αιματίτης) και χαλαζία, είτε με μορφή φλεβιδίων είτε ως συνδετικό υλικό του λατυπτοποιημένου γραναίτη.

Ως πιθανοί τρόποι σχηματισμού αντίστοιχων skarn έχουν προταθεί οι εξής δύο:

A. Το skarn μπορεί να έχει προέλθει από μετασωματικές διαδικασίες κατά την διάρκεια της ανάδρομης μεταμόρφωσης των αμφιβολιτών, υπόθεση που συμβαδίζει με τις απόψεις για την ευρύτερη εξέλιξη της περιοχής και τη δημιουργία ασβεστοπηριτικών πετρωμάτων πλούσιων σε τιτανίτη (Kassoli-Fournaraki et al. 1995). Αυτή η υπόθεση ενισχύεται από το γεγονός ότι το skarn εμφανίζεται με μορφή φακών μέσα στους αμφιβολίτες. Η γένεση μεταμορφικών skarn πλούσιων σε ανδραδίτη, είναι εξαιρετικά σπάνια σε παγκόσμια κλίμακα. Μία παρόμοια περίπτωση έχει περιγραφεί στην περιοχή Willyama Supergroup, της Νότιας Αυστραλίας (Kent et. al. 2000).

B. Το skarn έχει προέλθει από μετασωματικές διαδικασίες κατά τη διείσδυση των πηγματικών φλεβών. Σε αυτή την υπόθεση συνηγορούν η στενή σχέση στο χώρο μεταξύ του γραναίτικού skarn και των πηγματικών φλεβών, αλλά και το γεγονός της ύπαρξης μιας μεταβατικής ζώνης από τον γραναίτη προς τον υγιή αμφιβολίτη. Στη ζώνη αυτή παρατηρείται ουσιαστικά μια ανακρυστάλλωση του αμφιβολίτη, με έντονη την παρουσία ανδραδίτη και μαγνητίτη.

Η παρουσία μετασωματικών φαινομένων εντός των αμφιβολιτών της ευρύτερης περιοχής λόγω της διείσδυσης, των τροντχεμιτικών σύστασης πηγματιτών έχει περιγραφεί από τους Αρίκα κ. α. (1992). Η γένεση αυτών των τροντχεμιτικών σωμάτων, συνδέεται γενετικά με τα ανατηκτικά φαινόμενα, ηλικίας 73 – 65 Ma, σε θερμοκρασίες περί τους 650 °C και σε πιέσεις 1,1 Gpa, που έλαβαν χώρα κατά την διάρκεια της ανάδρομης μεταμόρφωσης, στην πορεία ανάδυσης της ενότητας Κύμης (Mroskos 2001).

Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις στο ύπαιθρο και τα αποτελέσματα της εργαστηριακής μελέτης το skarn του Θεραπειού θα πρέπει να σχηματίστηκε από μετασώματωση κατά τη διείσδυση πηγματιτών εντός των πρωτολίθων - αμφιβολιτών.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αρίκας, Κ., Romstedt, J., Ζάχος Σ., 1992. Πηγματίτες και μετασωματίτες στη μεταβατική σειρά της Α – ΝΑ Ροδόπης: Ορυκτολογία – Πετρολογία – Γεωχημεία. Δελτίο Ε.Γ.Ε. τ. XXXVIII/ σ. 661-673.
- Μιχαήλ, Κ., Δημητριάδης, Α., Μαστρογιαννίδου, Κ., Αγγελόπουλος, Α., (1984). Κοιτασματολογική έρευνα στην περιοχή "Βυρίνη-Πεσσάνη" Λευκίμης Νομού Έβρου. Εσωτερική έκθεση ΙΓΜΕ 64 σ.
- Μπόσκος, Ε., Ηλιάδης, Α., Περδικάσης, Β. 1994. Πετρολογία των μεταμορφωμένων υπερβατικών πετρωμάτων της ανώτερης τεκτονικής ενότητας της Ανατολικής Ροδόπης: Συμβολή στη μεταμορφική εξέλιξη της ζώνης της Ροδόπης. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρίας, XXXI, σ. 241-254.
- Στεργίου, Ε. & Νομικού, Δ., 2002. Ορυκτολογική μελέτη πηγματιτών της Θράκης. Η παραγένεση αστρίων – επιδότη – μοσχοβίτη. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών σ. 94.
- Ciobanu, C. L., Cook, N. J., 2004. Skarn textures and a case study the Ocna de Fier – Dognecea orefield, Banat, Romania. Ore Geology Reviews 24 pp. 315 – 370.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., 1996. Rock forming Minerals. Longman, 696 p.
- Kent, A.J.R., Ashley, P.M., Fanning, C.M., 2000. Metasomatic alteration associated with regional metamorphism: an example from the Willyama Supergroup, South Australia. Lithos, 54, pp 33-62
- Kassoli-Fournaraki, A., Michailidis, K., Zannas, I., Zachos, S., 1995. Titanite-rich carbonates from the Therapio area in Thrace, Northern Greece: constraints of the mineral assemblage formation. (Schw. Min. und Pet. Mit., v 75/3 pp 387-398.

- Krohe, A. & Mposkos, E. 2002. Multiple generations of extensional detachments in the Rhodope Mountains (northern Greece): evidence of episodic exhumation of High-pressure rocks. The Timing and Location of Major Ore Deposits in an Evolving Orogen. Geol. Soc. London, sp. Publ. 204, pp 151-178.
- Laouar, R., Boyce A.J., Ahmed-Said Y., Ouabadi A., Fallick A.E., Toubal A., 2002. Stable isotope study of the igneous, metamorphic and mineralized rocks of the Edough complex, Annaba, Northeast Algeria. *Journal of African Earth Sciences* 35 pp. 271–283.
- Marsall, D., Kirschner, D., Bussy, F., 1997. A Variscan pressure-temperature-time path for the N-E Mont Blanc massif. *Contrib Mineral Petrol* 126, pp 416-428.
- Meinert, L., 2003. <http://www.wsu.edu:8080/~meinert/skarnHP.html>.
- Mposkos, E., (2001). Petrology of the Ultra-High pressure metamorphic Kimi complex in Rhodope (N.E. Greece): A new insight into the Alpine geodynamic evolution of the Rhodope. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, Vol. XXXIV/6, pp. 2169-2188.
- Mposkos, E. D. & Kostopoulos D. K., 2001. Diamond, former coesite and supersilicic garnet in metasedimentary rocks from the Greek Rhodope: a new Ultrahigh-Pressure metamorphic province established. *Earth and Planetary Science Letters* 192 pp. 497-506.

## ABSTRACT

### **GRANATITIC SKARN DEVELOPMENT, IN AMPHIBOLITES, NEAR THE THERAPIO VILLAGE, EVROS PREFECTURE**

Katerinopoulos A., Voudouris P., Kanellopoulos C.

*National and Kapodistrian University of Athens, Faculty of Geology, Department of Mineralogy, Panepistimioupolis, 15784 Athens. akaterin@geol.uoa.gr, voudouris@geol.uoa.gr, aetosgr@hotmail.com*

A new skarn, near Therapio village, in the Evros prefecture, is described in terms of mineralogy and petrogenesis. The skarn is developed in amphibolites in close relation with pegmatite veins. It is constituted of garnet, magnetite and quartz, while retrograde minerals are actinolite, and chlorite, along with sulfides and hematite, some of them also found in the host rock.

The mode of skarn growth and its close relation with the pegmatite veins indicate the genetic relation between them. At the same time, the cataclastic structure of the garnets and the magnetite as well as the brittle structures, imply later tectonism.

According to the field observations and the results of the laboratory study, the Therapio skarn is a result of the metasomatism due to the intrusion of the pegmatite veins into the protolite amphibolite.