

ΤΑ ΟΡΥΚΤΑ ΤΗΣ ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ – ΘΡΑΚΗΣ: ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΟΥΡΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ

Βουδούρης Π.¹

¹ Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Ε.Κ.Π.Α. 157 84 Αθήνα, voudouris@geol.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία περιγράφονται εμφανίσεις μεγακρυστάλλων ορυκτών του Βορειοελλαδικού χώρου και εντάσσονται σε ένα γενικότερο γεωλογικό πλαίσιο, που αναφέρεται και στις συνθήκες γένεσής τους. Διακρίθηκαν τρεις κυρίως κατηγορίες ορυκτών: (α) εκείνα που συνδέονται με διεργασίες καθολικής μεταμόρφωσης σε συνθήκες αμφιβολιτικής έως πρασινοσχιστολιθικής φάσης, (β) αλπινότυπα ορυκτά που συνδέονται με εφελκυστικές διακλάσεις και σχηματίστηκαν σε πλαστικο-θραυσίγενείς έως θραυσίγενείς συνθήκες κατά την διάρκεια της ανάδρομης, υστερο-ορογενετικής πορείας εκταφής των μεταμορφικών συμπλεγμάτων, και τέλος (γ) ορυκτά που συνδέονται με την μαγματική δραστηριότητα που αναπτύχθηκε στη Βόρεια Ελλάδα κατά την διάρκεια του Τριτογενούς. Η ανάδειξη των ορυκτολογικών και πετρογραφικών γεωτόπων στο Τρίκορφο της Θάσου, το Δασωτό Δράμας, τη Μαρώνια και τα Κιμμέρια αλλά και στις Κασσιτερές Σαππών σε συνδυασμό με την δημιουργία Μουσείων Ορυκτολογίας-Πετρολογίας θα συμβάλει τόσο στην προστασία των μοναδικών αυτών μνημείων της φύσης όσο και σε μιά φιλική προς το περιβάλλον ανάπτυξη των ακριτικών περιοχών της Βόρειας Ελλάδας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης γεωλογικές έρευνες που διεξήχθησαν στο παρελθόν οδήγησαν στον εντοπισμό πολυάριθμων εμφανίσεων ορυκτών μερικές από τις οποίες συνοψίζονται από Σαπουντζή & Χριστοφίδη (1982), Μέλφος (2002), Μάραντος & Κόσιαρης (2003), Τσιραμπίδης (2005). Πρόσφατα οι Voudouris & Katerinopoulos (2004) και Voudouris et al. (2004) περιέγραψαν εμφανίσεις μεγακρυστάλλων ορυκτών από τον βορειοελλαδικό χώρο, που μπορούν να χαρακτηρισθούν σαν μουσειακά. Περιέγραψαν κυρίως δύο κατηγορίες ορυκτών, εκείνων που συνδέονται με εφελκυστικές διακλάσεις (αλπινότυπα ορυκτά), και εκείνων που σχηματίστηκαν κατά την δράση των Τριτογενών μαγματικών κέντρων της Βόρειας Ελλάδας. Τα αλπινότυπα ορυκτά έχουν αποτελέσει πόλο έλξης ερευνητών και συλλεκτών και έχουν εντοπιστεί κυρίως στα μεταμορφικά συμπλέγματα των Άλπεων, των Ιμαλαΐων, των πολικών Ουραλίων, της Νορβηγίας και του Αρκάνσας (Stalder &

Touray 1970, Mullis 1975, Niedermayer 1993). Στη Βόρεια Ελλάδα εντοπίστηκαν εντός μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Ροδοπικής μάζας, και συνδέονται με εφελκυστικές διακλάσεις που σχηματίστηκαν κατά την διάρκεια της ανάδρομης, υστερο-ορογενετικής πορείας εκταφής των μεταμορφικών συμπλεγμάτων. Τα ορυκτά που αφορούν τα Τριτογενή μαγματικά κέντρα της Βόρειας Ελλάδας χαρακτηρίζουν ορυκτογενέσεις που έλαβαν χώρα τόσο εντός γρανιτοειδών σωμάτων και των ζωνών μεταμόρφωσης επαφής τους, όσο και σε περιφερειακά ηφαιστειακά περιβάλλοντα. Η παρούσα εργασία συμπληρώνει με νέες εμφανίσεις τις προγενέστερες έρευνες στα προαναφερθέντα περιβάλλοντα και παρουσιάζει επιπλέον εμφανίσεις μεγακρυστάλλων ορυκτών σε μεταμορφωμένα πετρώματα της Ροδοπικής μάζας. Όλα τα περιγραφέντα ορυκτά εντάσσονται σε ένα γενικότερο γεωλογικό πλαίσιο που αναφέρεται και στις συνθήκες γένεσής τους. Οι εμφανίσεις μεγακρυστάλλων ορυκτών παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.

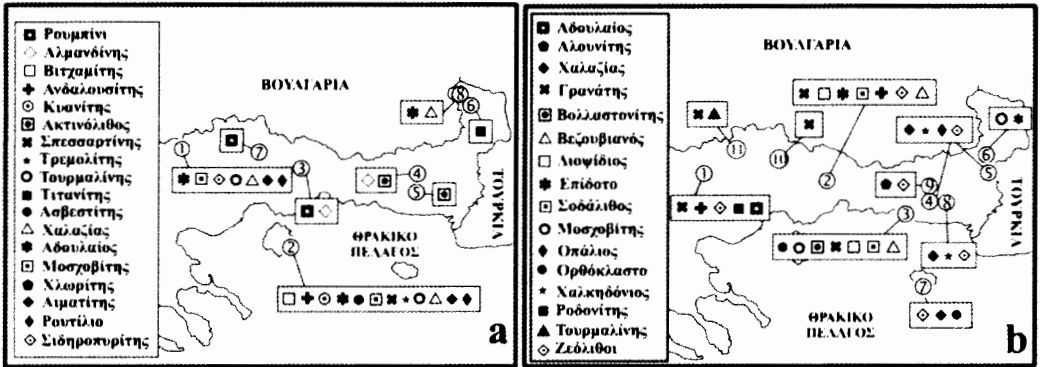
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Η μεταμορφική επαρχία της Ροδόπης περιλαμβάνει τις μάζες της Σερβομακεδονικής και της Ροδόπης και την Περιοδοποική ζώνη (Paranikolaou & Panagoulou 1981, Παπαδόπουλος 1982, Mroskos & Krohe 2001, Magganas 2002). Η Ροδοποική επαρχία αποτελεί ένα σύμπλεγμα από Αλπικά συνμεταμορφικά καλύμματα νότιο-νοτιοδυτικής συσσώρευσης, που χαρακτηρίζονται από σύγχρονο και ακόλουθο εφελκυσμό σε ένα ενεργό ηπειρωτικό περιθώριο (Paranikolaou 1984, Barr et al. 1999, Paranikolaou et al. 2004). Τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Ροδόπης αποτελούνται από Παλαιοζωικούς και Μεσοζωικούς πρωτόλιθους, οι οποίοι έχουν υποστεί Αλπική παραμόρφωση και μεταμόρφωση σε καθεσώς ζώνης υποβύθισης. Τα επικαλυπτόμενα τεκτονικά μεταμορφικά συμπλέγματα διαχωρίζονται μεταξύ τους από εφελκυστικά ρήγματα αποκόλλησης που σχηματίστηκαν σε διαφορετικά τεκτονικά γεγονότα (Wawrzenitz & Krohe 1998, Mroskos & Krohe 2001, Krohe & Mroskos 2002). Οι ανωτέρω συγγραφείς υποδιαίρεσαν την Ροδοποική επαρχία στις ακόλουθες ενότητες: Η ανώτερη τεκτονική ενότητα με την παλαιότερη ηλικία εκταφής (65-48Ma) είναι η ενότητα Κύμης, ακολουθούμενη από τις ενότητες Σιδηρόνερο (κεντρική Ροδόπη) και Κέχρου (ανατολική Ροδόπη) (42-30Ma) και στη συνέχεια από την ενότητα Παγγαίου/θάσου (26-8Ma) που αποτελεί και τον μεταμορφικό πυρήνα της Ροδόπης. Το τεκτονικό σύμπλεγμα της Κύμης στην ανατολική Ροδόπη αποτελείται από υψηλής πίεσης-υψηλής θερμοκρασίας σειρές μιγματικών γνευσίων, μάρμαρα, εκλογιτιωμένους αμφιβολίτες και μεταπεριδοίτες. Τα συμπλέγματα του Σιδηρόνερο και Κέχρου υπόκεινται του συμπλέγματος Κύμης και αποτελούνται από παραγνεύσιους, μιγματικούς ορθογνεύσιους, μάρμαρα, αμφιβολίτες, εκλογίτες και υπερβασικά διαφόρων βαθμών μεταμόρφωσης. Οι κατώτερες τεκτονικές ενότητες ανήκουν στο μεταμορφικό σύμπλεγμα της θάσου/Παγγαίου: αποτελούνται από χαμηλού έως μέσου βαθμού ορθογνεύσιους, μεταπηλίτες, μάρμαρα και βασικά πετρώματα και περιλαμβά-

νουν τρεις αλληπάληλες σειρές με αύξηση του μεταμορφικού βαθμού προς τα κάτω, όπου η ανώτερη σειρά κυριαρχείται από μη μυλωνιτωμένους γνευσίους, οι ενδιάμεση και κατώτερη ενότητα αποτελούν το μεταμορφικό πυρήνα και αποτελούνται κυρίως από μυλωνιτωμένους γνευσίους. Σε ότι αφορά τα μεταμορφικά συμβάντα (P-T) οι πρόδρομες θερμοκρασίες μεταμόρφωσης των τεκτονικά κατώτερων ενότητων (Παγγαίο, Κάτω Σιδηρόνερο - Σειρά αλιβιτικών γνευσίων, και Κέχρου) ήταν μικρότερες από 550°C, ενώ των υπερκείμενων ενότητων (Ανω Σιδηρόνερο, Κύμη) ανώτερες των 550°C. Οι μέγιστες πιέσεις κυμαίνονται από 12kbar για το Παγγαίο, 14kbar για τον Κέχρο, 16kbar για την Κύμη και 19kbar για το Σιδηρόνερο. Τελευταίες έρευνες υποδεικνύουν ότι η αλπική μεταμόρφωση έφτασε σε πιέσεις άνω των 36kbar σε 800°C (Mroskos & Kostopoulos 2001). Η παρουσία μεταξύ των πετρωμάτων του υποβάθρου ασβεσταλκαλικών γρανιτοειδών Ανω-Λιθανθρακοφόρου ηλικίας όπως οι ορθογνεύσιοι της θάσου (Wawrzenitz & Krohe 1998) υποδεικνύει την ύπαρξη διαδικασιών υποβύθισης (της Παλαιοθηθός) και πλουτωνισμού στο βόρειο περιθώριο της Γκοντβάνας. Ο Τριτογενής μαγματισμός που αναπτύχθηκε κατά την διάρκεια του Ολιγοκαίνου έως Κάτω Μειόκαινου στον βορειοελλαδικό χώρο είναι προϊόν διαδικασιών μεταορογενετικής κατάρρευσης των Ελληνίδων κάτω από ένα εφελκυστικό καθεσώς (Sideris 1973, Innocenti et al. 1984, Piper et al. 1998). Ο μαγματισμός αυτός χαρακτηρίζεται από βασικής έως ενδιάμεσης σύστασης ασβεσταλκαλικά, υψηλού Καλίου ασβεσταλκαλικά, σωσονιτικά έως υπερκαλιούχα μάγματα μανδυακής προέλευσης (Christofides et al. 1998). Τα ενδιάμεσης σύστασης μάγματα συνοδεύονται από διεισδύσεις όξινης σύστασης που θεωρούνται προϊόντα ανατηκτικών διεργασιών (Christofides et al. 2004).

3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δείγματα ορυκτών συλλέχθηκαν κατά τις υπαίθριες έρευνες από 1998 έως 2006. Κατασκευάστηκαν συνολικά 85 λεπτές τομές και 23



Σχήμα 1. Εμφανίσεις μεγакρυστάλλων ορυκτών (α) σε μεταμορφωμένα πετρώματα της Ροδοπικής μάζας: 1. Δασωτό, 2. Τρίκορφο, 3. Γοργόνα, 4. Νέδα-Στροφή, 5. Συκοράχη, 6. Θεραπειό, 7. Παρανέστι, 8. Πεντάλοφος (b) σε Γρανιτοειδή, ζώνες μεταμόρφωσης επαφής και ηφαιστειακά Τριτογενούς ηλικίας: 1. Κραίστη, 2. Κιμμέρια, 3. Μαρώνεια, 4. Κασσιτερές-Σάππες, 5. Σουφλί, 6. Σιδηρώ-Μαυροκλήσι, 7. Σαμοθράκη, 8. Κίρκη, 9. Κίζαρι-Ν. Σάντα, 10. Παρανέστι, 11. Ποταμοί.

λεπτές/στιλπνές τομές. Οι ορυκτολογικοί-ορυκτοχημικοί προσδιορισμοί έγιναν (α) με πολωτικό μικροσκόπιο τύπου Leica στο εργαστήριο του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας του Τμήματος Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αθηνών, (β) με μικροαναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με συσκευή Cameca SX-100 WDS στο Ινστιτούτο Ορυκτολογίας-Πετρογραφίας του Πανεπιστημίου Αμβούργου/Γερμανίας, (γ) με τη μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ (XRD) στα εργαστήρια του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας του Τμήματος & Γεωπεριβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αθηνών, με συσκευή X-Rays Diffraction της Siemens D-500 σε λυχνία Cu και μονοχρωμάτορα γραφίτη.

4. ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

4.1. ΟΡΥΚΤΟΓΕΝΕΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΘΟΛΙΚΗΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Η Ροδοπική μάζα περιλαμβάνει σημαντικές εμφανίσεις μεγакρυστάλλων "μεταμορφικών" ορυκτών. Η πλέον γνωστές εμφανίσεις είναι εκείνες του ερυθρού κορουνδίου στην Γοργόνα και το Σπήριγμα Ξάνθης (Ανδρονόπουλος και Τσουτρέλης 1965, Liati 1988, Ζάννας 1995), καθώς και στο Μεσοχώρι και Παρανέστι Δράμας (Μέλλος 2002). Η περιοχή του Τρίκορφου στη Θάσο έχει περιγραφεί για την εμφάνιση κυανίτη (Ζάχος 1982, Πλουμής &

Ζάχος 1990, Dimitriadis 1989). Από έρευνες που έγιναν στα πλαίσια της παρούσης μελέτης διαπιστώθηκε ότι πρόκειται για μια περιοχή παγκόσμιας εμβέλειας σε ότι αφορά τον ορυκτολογικό της πλούτο. Επιλεγμένες μικροαναλύσεις από ορυκτά του Τρίκορφου δίνονται στον Πίνακα 1. Παρακάτω περιγράφονται μεγакρυστάλλοι ορυκτών που σχηματίσθηκαν σε συνθήκες καθολικής μεταμόρφωσης της Ροδοπικής μάζας.

Κορούνδιο Το κορούνδιο της Ξάνθης απαντά σε οριζόντες μαρμάρων και ζωισιτικών αμφιβολιτών της Ενότητας Σιδηρόνερου. Εμφανίζεται υπό μορφή ερυθρών έως κυανών κρυστάλλων μεγέθους έως 3cm (Ζάννας 1995). Στην εμφάνιση του Παρανεστίου Δράμας το κορούνδιο αναπτύσσεται εντός ζωισιτικών αμφιβολιτών σε άμεση γειτονία με πηγματικό σώμα. Οι κρύσταλλοι φθάνουν σε μήκος τα 5cm (Σχ. 2a) και συνυπάρχουν με κρυστάλλους κυανίτη.

Κυανίτης έχει αναφερθεί από πολυάριθμες θέσεις στην Ροδοπική μάζα (Μροςκος 1993), εντούτοις η καλύτερη εμφάνιση είναι εκείνη του Τρίκορφου στη νήσο Θάσο. Ο κυανίτης του Τρίκορφου (Σχ. 2β, Πιν. 1) απαντά εντός χαλαζιακών φλεβών και φακών που αφθονούν στους παραγενεύσιους της κατώτερης τεκτονικής ενότητας της Θάσου. Οι κρύσταλλοι του κυανίτη έχουν μήκος έως 20cm και παρουσιάζουν κυανό έως κίτρινο χρώμα.

Τον κυανίτη συνοδεύει μοσχοβίτης (Πιν. 1).

Mn-ούχος ανδαλουσίτης (βιριδίνης) εντοπίστηκε στο Τρίκορφο θάσου. Πρόκειται για την πρώτη εμφάνιση του Ελλαδικού χώρου. Αναπτύσσεται εντός πιεμοντιτικών γνευσίων όπου και συνυπάρχει με πιεμοντίτη. Περιέχει έως και 15% κ.β. MnO που υποκαθιστά το Al_2O_3 στη δομή του ορυκτού (Πιν. 1). Οι καλύτεροι κρύσταλλοι απαντούν εντός χαλαζιακών φακών (Σχ. 2γ), όπου ο βιριδίνης συμφύεται με χαλαζία και αστρίους. Οι κρύσταλλοι του Mn-ούχου ανδαλουσίτη παρουσιάζουν σκούρο πράσινο χρώμα με μέγεθος έως 7cm.

Το **Mn-ούχο επίδοτο (πιεμοντίτης)** συνοδεύει βιριδίνη και οπεσσαρτίνη, βραουνίτη στο Τρίκορφο θάσου. Μικροαναλύσεις έδωσαν ποικίλες περιεκτικότητες σε MnO μεταξύ 3 και 12% κ.β. (Πιν. 1). Οι καλύτεροι κρύσταλλοι ερυθρο-ιώδους χρώματος με μήκος έως 5cm απαντούν εντός χαλαζιακού υλικού.

Ο **βιτχαμίτης-κλινοθουλίτης** είναι ορυκτά της ομάδας του επιδότου-κλινοζωισίτη ρόζ-κόκκινου χρώματος, λόγω μικρών προσμίξεων σε Mn. Συνοδεύουν γροσσουλάριο σε ασβεστοπυριτικό ορίζοντα πάχους 0,5m που εντοπίστηκε εντός παραγνευσίων (και σε γειτονία με ορθογνευσίους) στο Τρίκορφο της θάσου. Οι καλύτεροι κρύσταλλοι (μήκους έως 10cm) απαντούν εντός χαλαζιακών φλεβών (Σχ. 2δ) που τέμνουν τον παραπάνω ορίζοντα. Μικροαναλύσεις έδωσαν ποικίλες περιεκτικότητες σε Fe_2O_3 και MnO έως 0,7% κ.β. (Πιν. 1).

Το **επίδοτο** (κρύσταλλοι πράσινου χρώματος έως 5cm) απαντά κυρίως σε μεταβασίτες Τρίκορφου θάσου.

Ο **τουρμαλίνης** είναι άφθονος στις χαλαζιακές φλέβες και φακούς στη θυμωνία της θάσου σε κρυστάλλους μαύρου χρώματος που φθάνουν έως και τα 10cm (Kassoli-Fournaraki & Michailidis 1994). Στο Τρίκορφο της θάσου επίσης απαντά σε κρυστάλλους λαδί χρώματος (έως 3cm) εντός γνευσιακών πετρωμάτων.

Σπεσσαρτίνης συνοδεύει βιριδίνη στους πιεμοντιτικούς γνευσίους στο Τρίκορφο της θάσου. Οι καλύτεροι κρύσταλλοι με μέγεθος κρυστάλλων έως 1cm και κίτρινου χρώματος, συνοδεύουν χα-

λαζία, πιεμοντίτη και βραουνίτη σε χαλαζιακούς φακούς και φλέβες. Μικροαναλύσεις έδωσαν έως 43% κ.β. MnO (Πιν. 1).

Τρεμολίτης σε ακτινωτά συσσωματώματα με λευκούς κρυστάλλους (έως 10cm) απαντά στο Τρίκορφο θάσου.

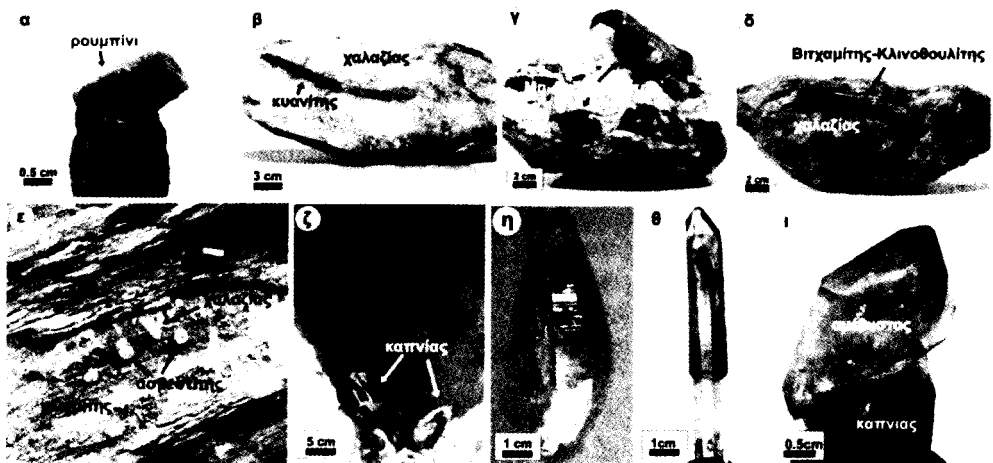
Αλμανδίνης σε ιδιόμορφους κρυστάλλους (ρομβικά δωδεκάεδρα) έως 5cm απαντούν εντός μαρμαρυγιακών σχιστολίθων στην Στροφή Ροδόπης (Τσιραμπίδης 2005).

Ακτινολίθος σε μακροπρισματικούς κρυστάλλους μεγέθους έως 20cm απαντά στην περιοχή Συκοράχης, Ν. Ροδόπης, εντός σχηματισμών της Περιοδοπικής ζώνης (Ενότητα Μάκρης), καθώς επίσης και στην Νέδα Ν. Ροδόπης εντός σχηματισμών της Ροδοπικής μάζας.

Τιτανίτης σε ευμεγέθεις κρυστάλλους (έως 3cm) χρώματος κίτρινου συνοδεύει ασβεστοπυριτικά πετρώματα πλούσια σε ζωισίτη εντός της ενότητας Κύμης στο Θεραπειό Ν. Εβρου (Kassoli-Fournaraki et al. 1995).

4.2. ΟΡΥΚΤΟΓΕΝΕΣΕΙΣ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΚΛΑΣΕΙΣ (ΑΛΠΙΝΟΤΥΠΑ ΟΡΥΚΤΑ)

Οι εφελκυστικές διακλάσεις στη περιοχή της Ροδοπικής μάζας επικαλύπτουν τις κύριες δομές της Αλπικής συμπιεστικής παραμόρφωσης και αντιστοιχούν σε σύστημα θραυσιγενών ρωγμών που αναπτύσσονται κάθετα στη σχιστότητα (Σχ. 2ε). Στην πλειονότητα τους οι εμφανίσεις των αλπινότυπων ορυκτών της Ροδόπης αναπτύσσονται εντός γνευσιακών πετρωμάτων όπως ο ορθογνεύσιος περιοχής Δασωτού/Δράμας που ανήκει στη σειρά αλβιτικών γνευσίων (κατώτερο σύμπλεγμα Σιδηρόνερου, σύμφωνα με Krohe & Mroskos, 2002), και ορθογνεύσιοι, παραγνεύσιοι που ανήκουν στην κατώτερη τεκτονική ενότητα της θάσου. Επίσης συνδέονται με χαλαζιακές φλέβες και μεταπηγματίτες που διαπερνούν τους ανωτέρω ορθογνευσίους και παραγνευσίους. Αλπινότυπα ορυκτά εντοπίστηκαν επιπλέον σε μεταβασικά πετρώματα όπως αμφιβολίτες στον Έβρο (που ανήκει στο σύμπλεγμα της Κύμης) και χλωριτικοί σχιστόλιθοι και αμφιβολίτες στη θάσο (κατώτερη



Σχήμα 2. (α-δ): Μεγακρύσταλλοι ορυκτών που συνδέονται με διεργασίες καθολικής μεταμόρφωσης. (α) Ρουμπίνι σε ζωσίτη, Παρανέσι Δράμας, (β) Κυανίτης σε χαλαζία, Τρίκορφο Θάσου, (γ) Μπ-ούχος ανδαλουσίτης σε χαλαζία, Τρίκορφο Θάσου, (δ) Βιτχαμίτης-κλινοθουλίτης σε χαλαζία, Τρίκορφο Θάσου, (ε-ι) μεγακρύσταλλοι ορυκτών σε εφελκυστικές διακλάσεις. (ε) Διάκλαση σε αμφιβολίτη που περιέχει χαλαζία, χλωρίτη και ασβεσίτη, Τρίκορφο Θάσου, (ζ) Διάκλαση σε παραγενέσιο και κρύσταλλοι καπνία χαλαζία, Τρίκορφο Θάσου, (η) Κρύσταλλος καπνία χαλαζία με όψη τύπου "tessin", Τρίκορφο Θάσου, (θ) Χαλαζίας σε μορφή σκήπτρου, όπου η βάση είναι ορεία κρύσταλλος και το ανώτερο τμήμα καπνίας, Τρίκορφο Θάσου, (ι) Χαλαζίας σε μορφή σκήπτρου, όπου η βάση είναι καπνίας και το ανώτερο τμήμα αμέθυστος, Δασωτό Δράμας.

τεκτονική ενότητα Θάσου).

Ο **χαλαζίας** απαντά σε μεγάλη ποικιλία μορφών και σε μέγεθος κρυστάλλων που κυμαίνεται από λίγα cm έως 30cm. Απαντά κυρίως στη Δράμα, τη Θάσο και τον Έβρο. Διάφανος χαλαζίας (ορεία κρύσταλλος) και καπνίας υπάρχει σε όλες τις προαναφερθείσες θέσεις (Σχ. 2ζ-ι). Το χρώμα του καπνία ποικίλει από ανοιχτό καστανό-μαύρο έως σκούρο μαύρο (ποικιλία μόριων). Πράσινος χαλαζίας (προσόν της ύπαρξης εγκλεισμάτων χλωρίτη και ακτινολίθου) απαντά στην Θάσο. Τέλος αμέθυστος εντοπίστηκε στη Θάσο, η καλύτερη εμφάνιση εντούτοις είναι εκείνη του Δασωτού Δράμας όπου ο αμέθυστος απαντά υπό μορφή σκήπτρου επάνω σε κρύσταλλους καπνία (Σχ. 2ι) (Μέλφος 2002, 2005, Vouduouris et al. 2004). Πρόσφατα εντοπίστηκε στη Θάσο μια μοναδική πιθανόν παγκοσμίως μορφή σκήπτρου με τρεις γενεές κρυστάλλων (Σχ. 2θ). Η βάση των σκήπτρων αυτών παρουσιάζει χαρακτηριστική όψη τύπου "tessin" (Rygart 1995), (Σχ. 2η) ενώ οι χαλαζίες δεύτερης (ορεία κρύσταλλος) έως τρίτης γενεάς (καπνίας) έχουν πρι-

σματική όψη (Σχ. 2θ). Η παρουσία στην Δράμα παρόμοιων μορφών σκήπτρων (όπου οι καπνίες της βάσης είναι τύπου "tessin" και οι αμέθυστοι έχουν πρισματική όψη) υποδεικνύουν παρόμοιες συνθήκες κρυστάλλωσης για τις δύο παραπάνω περιοχές. Διάφανοι χαλαζίες τύπου "tessin" εντοπίστηκαν και στον Έβρο.

Αδουλαίος απαντά στον Έβρο σε σύμφυση με χαλαζία σε διακλάσεις εντός αμφιβολίτη της ενότητας Κύμης. Σχηματίζει γαλακτώδεις ημιδιάφανους ιδιόμορφους κρυστάλλους (έως 2mm) που αναπτύσσονται σε κενά επάνω στους χαλαζίες. Στη Δράμα αδουλαίος (κρύσταλλοι έως 3mm), απαντά μαζί με καπνία σε έγκοιλα εντός μεταπηγματικών φλεβών στους ορθογενέσιους του Δασωτού. Στη Θάσο βρέθηκαν κρύσταλλοι αδουλαίου (έως 3cm) οι μεγαλύτεροι μέχρι σήμερα στην Ελλάδα σε διακλάσεις εντός παραγενεσίων και αμφιβολιτών. Την παραγένεση συμπληρώνει αιματίτης με χαρακτηριστικές μορφές ρόδων, χλωρίτης και χαλαζίας.

Αιματίτης με την μορφή ρόδων μεγέθους 1cm

Πίνακας 1. Επιλεγμένες αναλύσεις ορυκτών από το Τρίκορφο Θάσου

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ορυκτιό	Μοσχ	Κυα	Πιεμ	Πιεμ	Ανθ	Ανθ	Σπεσ	Σπεσ	Βιτχ	Βιτχ	Κλνθ
SiO ₂	45,25	37,19	36,01	36,74	33,88	35,81	35,71	36,66	37,11	37,55	38,25
TiO ₂	0,37	0,04	<0.A	0,11	0,04	0,01	0,09	0,13	0,08	0,26	<0.A.
Al ₂ O ₃	35,00	63,35	21,48	23,76	47,30	58,32	20,78	21,04	26,72	28,19	31,46
Fe ₂ O ₃	3,02	0,90	6,53	12,25	3,31	2,34	0,09	1,59	10,03	6,40	2,81
MnO	<0.A.	<0.A.	11,12	2,96	13,48	2,99	42,87	30,67	0,65	0,38	0,19
MgO	0,78	<0.A.	0,06	0,11	0,13	0,19	0,31	2,32	0,05	0,14	0,09
CaO	0,02	0,03	21,27	21,73	0,01	Δ.A.	0,55	7,17	23,38	23,77	24,62
Na ₂ O	1,73	<0.A.	<0.A.	<0.A.	<0.A.	<0.A.	<0.A.	<0.A.	<0.A.	<0.A.	0,04
K ₂ O	7,88	<0.A.	0,01	<0.A.	<0.A.	<0.A.	Δ.A.	Δ.A.	<0.A.	<0.A.	<0.A.
Total	95,05	101,63	96,59	97,74	98,18	99,73	100,41	99,64	98,02	96,83	97,58

Αριθμός κατιόντων στη βάση οξυγόνων (Ο)

	22(Ο)	20(Ο)	12,5(Ο)	12,5(Ο)	20(Ο)	20(Ο)	24(Ο)	24(Ο)	12,5(Ο)	12,5(Ο)	12,5(Ο)
Si	6,048	3,966	3,006	2,953	4,062	3,973	5,880	3,976	2,925	2,959	2,950
Al ^{tet}	5,513	7,962	2,113	2,251	6,683	7,627	4,032	0,015	2,483	2,618	2,859
Ti	0,038	0,003	0,000	0,006	0,003	0,000	0,011	0,192	0,005	0,015	0,000
Fe ³⁺	0,304	0,072	0,410	0,741	0,298	0,195	0,011	4,165	0,595	0,379	0,163
Mn	0,000	0,000	0,786	0,202	1,366	0,281	5,979	0,555	0,043	0,025	0,012
Mg	0,155	0,001	0,008	0,013	0,023	0,032	0,075	1,232	0,006	0,017	0,010
Ca	0,002	0,003	1,902	1,872	0,002	0,000	0,098	0,000	1,975	2,007	2,034
Na	0,447	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
K	1,343	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

1. Μοσχοβίτης (Μοσχ) από τις φλέβες χαλαζία-κυανίτη, 2. Κυανίτης (Κυα) από τις φλέβες χαλαζία-κυανίτη, 3. Πιεμοντίτης (Πιεμ) σε σύμφυση με Μπ-ούχο ανδαλουσίτη, 4. Πιεμοντίτης (Πιεμ) σε παραγένεση σπεσσαρτίτη-βραουνίτη, 5,6. Μπ-ούχος ανδαλουσίτη (Ανθ) από τους πιεμοντιτικούς οριζόντες, 7,8. Σπεσσαρτίτης (Σπεσ) σε παραγένεση με πιεμοντίτη-βραουνίτη-χαλαζία, 9,10. Φτωχός σε Μπ πιεμοντίτης (βιτχαμίτης, Βιτχ) από παραγένεση βιτχαμίτη-γροσσουλάρου-χαλαζία, 11. Κλινοθουλίτης (Κλνθ) σε σύμφυση με χαλαζία. Ο.Α.: όριο ανίχνευσης

που επικάθονται πάνω σε καπνία και αδουλαίο βρέθηκε στη θάσο.

Χλωρίτης είναι συχνός με μορφή εγκλεισμάτων σε χαλαζίες της θάσου. Ο χλωρίτης επίσης αποτελεί συχνά από τις πρώτες αποθέσεις στα έγκοιλα εντός αμφιβολιτών όπου συνοδεύεται από ασβεσίτη και χαλαζία (Σχ. 2ε). Ιδιόμορφοι κρύσταλλοι χλωρίτη έχουν διαστάσεις έως 3cm.

Μοσχοβίτης απαντά σε σύμφυση με ορεία κρύσταλλο και καπνία στη θάσο, όπου σχηματίζει συσσωματώματα ψευδοεξαγωνικών κρυστάλλων με διάμετρο έως 3cm.

Σιδηροπυρίτης σε κρυστάλλους μεγέθους έως 4cm εντοπίστηκε στην περιοχή Δασωτού σε σύμφυση με καπνία.

Ρουτίλιο εντοπίστηκε στο Δασωτό Δράμας όπου υπό μορφή βελονών εγκλείεται εντός κρυστάλλων καπνία. Επίσης στη θάσο κρύσταλλοι ρουτίλιου (έως 2cm) αναπτύσσονται μαζί με χλωρίτη εντός διακλάσεων στους αμφιβολιτές Τρικόρφου.

Τουρμαλίνης με μορφή βελονών (έως 2cm) απαντά υπό μορφή εγκλεισμάτων σε χαλαζίες του Δασωτού Δράμας. Επίσης τουρμαλίνης απαντά σε αλπινότυπες διακλάσεις της θάσου.

5. ΟΡΥΚΤΑ ΣΕ ΤΡΙΤΟΓΕΝΕΙΣ ΓΡΑΝΙΤΙΚΕΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΕΙΣ, ΠΗΓΜΑΤΙΤΕΣ ΚΑΙ ΖΩΝΕΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ

5.1. ΓΡΑΝΙΤΙΚΕΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΕΙΣ-ΠΗΓΜΑΤΙΤΕΣ

Τρεις είναι οι κύριες περιοχές εμφάνισης μεγακρυστάλλων ορυκτών σε Τριτογενή γρανιτοειδή του Ελλαδικού χώρου: η Σαμοθράκη, τα Κιμμέρια Ξάνθης και η Μαρώνεια Ροδόπης. Σε αυτές πρέπει να συμπεριληφθούν και εμφανίσεις ορυκτών εντός πηγματιτικών φλεβών οι οποίες διαπερνούν μεταμορφωμένα πετρώματα.

Ορυκτά σε γρανιτοειδή:

Κ-ούχος άστριος (ορθόκλαστο). Μια σημαντική εμφάνιση απαντά εντός του πορφυριτικού μικρογρανίτη της Μαρώνιας Ροδόπης (Μέλφος 1995). Ευμεγέθεις κρύσταλλοι (έως 3cm) αναπτύσσονται εντός μιαιολιθικών έγκοιλων όπου συνοδεύουν χαλαζία και επίδοτο (Σχ. 3α). Ορθόκλαστο εντοπίστηκε επίσης κοντά στο όρος Φεγγάρι της Σαμοθράκης και περιλαμβάνει ιδιόμορφους κρυστάλλους ρόδινου χρώματος (έως 5cm), που αναπτύσσονται τόσο εντός των περιφερειακών τμημάτων του γρανίτη της Σαμοθράκης (Vlachou et al. 2001) όσο και στα κενά χαλαζιακών φλεβών που διαπερνούν τον πλουτωνίτη. Την παραγένεση των χαλαζιακών φλεβών της Σαμοθράκης συμπληρώνουν ο σεελίτης, το επιδότο και ο αιματίτης.

Χαλαζίας απαντά κυρίως με μορφή πλέγματος φλεβών που διαπερνούν εξαλλοιωμένα γρανιτοειδή στα Κιμμέρια, τη Μαρώνεια και τη Σαμοθράκη. Οι χαλαζιακές φλέβες συχνά είναι μεγάλο πάχους (> 1m) και σε αυτές αναπτύσσονται ιδιόμορφοι κρύσταλλοι χαλαζία σε μέγεθος έως 10cm (Σχ. 3δ). Οι χαλαζίες είναι διαυγείς έως διαφώτιστοι.

Σερικίτης σε ιδιόμορφους κρυστάλλους εντοπίστηκε σε σύμφυση με κρυστάλλους χαλαζία από τις εμφανίσεις Cu-Mo και W-Mo του πορφυρικού μικρογρανίτη και του γρανοδιορίτη της Μαρώνιας και των Κιμμερίων αντίστοιχα. Ο σερικίτης αναπτύσσεται σε φυλλοειδή συσσωματώματα σε κε-

νά εντός των χαλαζιακών φλεβών και συνοδεύεται από φυλλάρια μολυβδαινίτη στη Μαρώνεια (Μέλφος 1995, Melfos et al. 2002), και από σιδηροπυρίτη και σεελίτη στα Κιμμέρια.

Ορυκτά σε πηγματίτες:

Πηγματιτικά σώματα που περιέχουν μεγακρυστάλλους ορυκτών απαντούν στις περιοχές Δράμας (Σκαλώτη, Παρανεστίου), ηλικίας περί τα 40Ma (Soldatos et al., 2001), καθώς και οι πηγματίτες στα ΒΑ του νομού Έβρου των οποίων η ηλικία είναι περί τα 65Ma (Mroskos & Wawzenitz 1995).

Γρανάτης σε κόκκινους κρυστάλλους με μορφή δελτοειδών εικοσιτετράεδρων (έως 3cm) εντοπίστηκαν σε σύμφυση με Κ-ούχο άστριο και μοσχοβίτη σε πηγματιτικές φλέβες της περιοχής Ποταμών και Παρανεστίου Δράμας (Σχ. 3β).

Τουρμαλίνης (ποικ. Σορλίτης) απαντά σε μιαιολιθικά έγκοιλα της περιοχής Ποταμών Δράμας. Ο τουρμαλίνης σχηματίζει πρισματικούς κρυστάλλους μεγέθους έως 10cm. Συμφύεται με Κ-ούχο άστριο, μοσχοβίτη, γρανάτη και καπνία χαλαζία.

Μοσχοβίτης συνοδεύει τα ανωτέρω ορυκτά στην περιοχή Δράμας η σημαντικότερη εντούτοις εμφάνιση είναι εκείνη στο Σιδηρώ, Έβρου όπου απαντά σε κρυστάλλους μεγέθους έως 20cm μαζί με Κ-ούχο άστριο και χαλαζία.

Επίδοτο αποτελεί συστατικό πηγματιτικών σωμάτων στην ευρύτερη περιοχή δυτικά Σουφλίου-Διδυμότειχου σε μακροπρισματικούς κρυστάλλους μεγέθους έως 20cm (Σχ. 3γ).

5.2. ΖΩΝΕΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ

Οι ζώνες μεταμόρφωσης επαφής της Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης παρουσιάζουν μεγάλο πλούτο μεγακρυστάλλων ορυκτών. Οι κυριότερες εμφανίσεις είναι των Κιμμερίων και της Μαρώνιας, και κατά δεύτερο λόγο εκείνη της Κραίστης στην περιοχή Βροντού Δράμας. Αν και τα ορυκτά χαλαζίας, γρανάτης, βεζουβιανός, διοψίδιος, βολλαστονίτης και επίδοτο έχουν ήδη αναφερθεί από τις ανωτέρω περιοχές (Σαπουντζής & Χριστοφίδης 1982, Liati 1986, Skarpelis & Liati 1991,

Mroskos & Doryphoros 1993, Skarpelis et al. 1998, Constantinidou et al. 1998) πρόσφατα εντοπίστηκαν νέες θέσεις που έδωσαν τους μεγαλύτερους γνωστούς κρυστάλλους στην Ελλάδα και μάλιστα σε μεγάλη ποικιλία και συνδυασμούς (Μέλφος 2002, Voumouris & Katerinopoulos 2004, Soldatos 2005).

Χαλαζίσις. Απαντά σε μεγάλη αφθονία στα Κιμμέρια και τη Δράμα, σε γέωδη από σχηματίστηκαν στις επαφές γρανιτοειδών, γνευσίων και μαρμάρων. Στα Κιμμέρια της Ξάνθης εντοπίστηκαν για πρώτη φορά στον Ελλαδικό χώρο κρύσταλλοι χαλαζία με μορφή Ιαπωνικών διδυμων σε μέγεθος έως 3cm. Οι κρύσταλλοι χαλαζία επικάθονται σε βολλαστονίτη και ανδραδίτη και πληρούν έγκοιλα σε βολλαστονιτικό skarn (Σχ. 3ε,ζ). Η συχνή παρουσία εγκλεισμάτων ακτινολίθου τους προσδίδει ένα πράσινο χρώμα. Μια αντίστοιχη εμφάνιση χαλαζία εντοπίστηκε στο skarn της Κραίστης στη Βροντού Δράμας. Ιδιόμορφοι κρύσταλλοι χαλαζία πράσινου χρώματος λόγω εγκλεισμάτων ακτινολίθου συμφύονται εδώ με κρύσταλλους αδουλαρίου.

Επίδοτο. Έχει αναφερθεί από τη ζώνη skarn του Παρανεστίου σε μέγεθος κρυστάλλων έως 10cm (Μέλφος, 2002). Στα ανατολικά Κιμμέρια το επίδοτο απαντά σε μία από τις καλύτερες μορφές παγκοσμίως. Αποτελεί υλικό επιδοιτιτικών φλεβών που διαπερνούν τον γρανιτιτικό κερατίτη αλλά και ζώνες endoskarn του γρανιοδιορίτη. Οι κρύσταλλοι επιδότου (έως 10cm) είναι μακροπρισματικοί χρώματος λαδί και συμφύονται με χαλαζία (Σχ. 3η).

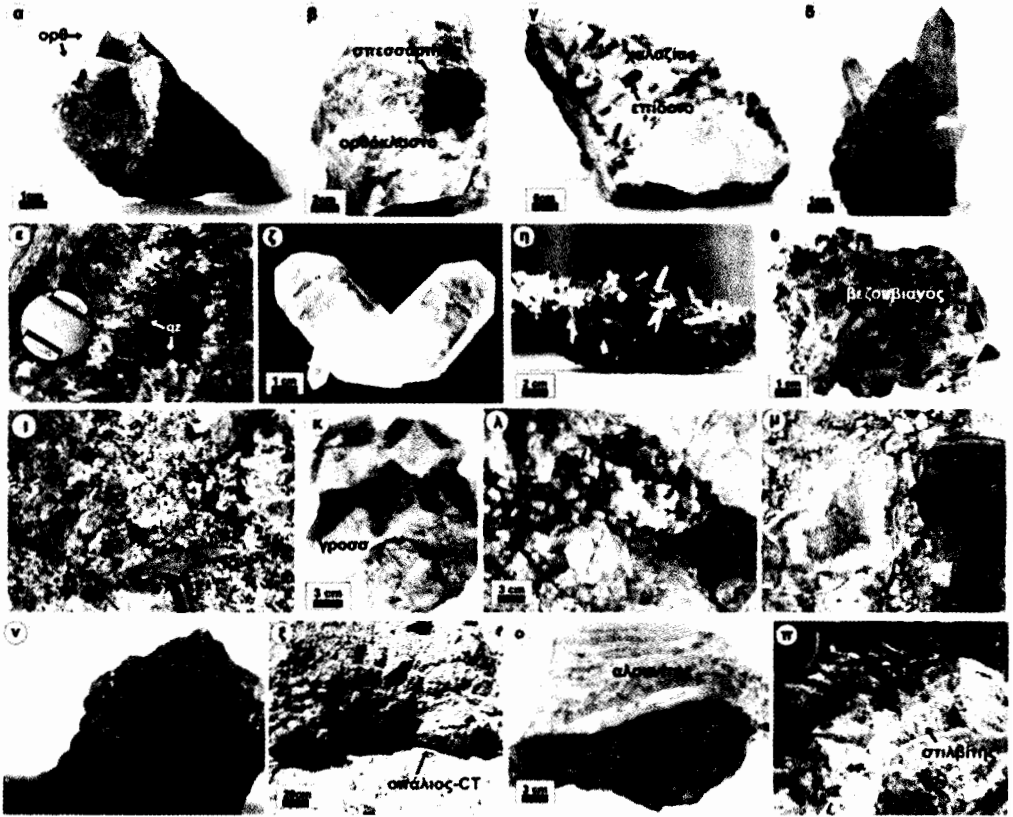
Διοψίδιος σε εξαιρετικά δείγματα εντοπίστηκε σε ζώνες endoskarn στις γρανιτικές διεισδύσεις των Κιμμερίων και Μαρώνας (Mroskos & Doryphoros 1993, Voumouris & Katerinopoulos 2004, Katerinopoulos 2005). Τα ορυκτά αναπτύσσονται σε έγκοιλα και συνυπάρχουν με γροσσουλάριο και ανδραδίτη. Οι κρύσταλλοι του διοψιδίου είναι σκούρου πράσινου χρώματος στη Μαρώνα και σμαραγδοπράσινοι στα Κιμμέρια και φτάνουν σε μέγεθος τα 5cm.

Βεζουβιανός εντοπίστηκε στα Κιμμέρια σε μία από τις καλύτερες εμφανίσεις παγκοσμίως. Οι

κρύσταλλοι βεζουβιανού (έως 10cm) είναι πράσινου χρώματος με μορφή τετραγωνικής αμφιπυραμίδας (Σχ. 3θ). Οι βεζουβιανοί της Μαρώνας (κρύσταλλοι έως 5cm) παρουσιάζουν αναπτυγμένες τις πρισματικές έδρες. Βεζουβιανοί χρώματος ανοιχτού πράσινου μεγέθους έως 4cm, εντοπίστηκαν επίσης από Σολδάτο Τ. στην περιοχή Ελάτιας Δράμας.

Γρανάτης τόσο στα exoskarn όσο και στα endoskarn στις επαφές της Μαρώνας και των Κιμμερίων αποτελεί κυρίως στερεά διαλύματα μεταξύ γροσσουλαρίου και ανδραδίτη. Οι γρανάτες συμφύονται με διοψίδιο και ασβεσίτη. Οι γρανάτες της Μαρώνας (Mroskos & Doryphoros 1993, Μέλφος 2002) είναι εντυπωσιακού μεγέθους (έως 10cm) με χρώματα που ποικίλουν από ανοιχτό πράσινο, σκούρο καφέ έως πορτοκαλί (Σχ. 3κ). Μοναδικοί για τον Ελλαδικό χώρο είναι μελανίτες μαύρου χρώματος από την Μαρώνα (Σχ. 3ι) με ασυνήθιστα υψηλές τιμές σε Ti, Cr και Zr (έως 10% κ.β) οι οποίοι αποτελούν στερεά διαλύματα μεταξύ ανδραδίτη-σορλομίτη-ουβαροβίτη-κιμζεϊίτη (Βουδούρης κ.ά. 2005). Στα δυτικά Κιμμέρια και στις επαφές με μάρμαρο και/ή αμφιβολίτη αναπτύσσονται ανδραδίτες σκούρου πράσινου χρώματος έως 3cm σε σύμφυση με βολλαστονίτη, τιτανίτη, αδουλάριο, επίδοτο, και ασβεσίτη. Επίσης στα endoskarn των δυτικών Κιμμερίων εντοπίστηκαν για πρώτη φορά διαφανείς γροσσουλάριοι με πορτοκαλί χρώμα σε παραγένεση με διοψίδιο και παρόμοιοι με εκείνους της Μαρώνας. Ανδραδίτες ερυθρο-καστανού χρώματος εντοπίστηκαν και στην ζώνη επαφής της Κραίστης στο όρος Βροντού της Δράμας. Στην τελευταία εμφάνιση χαρακτηριστικές είναι οι αυξημένες συγκεντρώσεις σε Mn (έως 4% κ.β.).

Αδουλαίσις απαντά στην περιοχή των Κιμμερίων μέσα σε αμφιβολίτη και μάρμαρα. Οι κρύσταλλοι του αδουλαίου, την οπτική και κρυσταλλογραφική δομή των οποίων μελέτησαν οι Dimitriadis & Soldatos (1978), είναι γαλακτώδεις και συνοδεύονται από ανδραδίτη, επίδοτο, ασβεσίτη και σιδηροπυρίτη. Σε κοιλότητες αναπτύσσονται κρύσταλλοι με μέγεθος έως και 1,5cm. Στο skarn της



Σχήμα 3. (α-δ): Μεγακρύσταλλοι ορυκτών σε πηγματίτες και χαλαζιακές φλέβες εντός γρανιτοειδών, (α) ορθόκλαστο και επίδοτο από την Μαρώνεια, (β) σπессαρτίνης σε ορθόκλαστο από το Παρανέσι Δράμας, (γ) επίδοτο σε χαλαζία και άστρο από το Πρωτοκλήσι, (δ) χαλαζίας από τον γρανιοδιρίτη των Κιμμερίων, (ε-κ) Μεγακρύσταλλοι ορυκτών σε ζώνες μεταμόρφωσης επαφής, (ε) Έγκοιλο με Ιαπωνικούς διδυμους χαλαζία εντός βολλαστονιτικού skarn από τα Κιμμέρια (ζ) κρύσταλλοι χαλαζία με Ιαπωνική διδυμία, Κιμμέρια, (η) επίδοτο και χαλαζίας από τα Κιμμέρια, (θ) αμφιπυραμιδικό κρύσταλλο βεζουβιανού από τα Κιμμέρια, (ι) Epidoskarn με κρυστάλλους μελανίτη από τη Μαρώνεια, (κ) Γροσσουλάριος από Μαρώνεια, (λ-π) Μεγακρύσταλλοι ορυκτών από ηφαιστειακά κέντρα, (λ) Αμέθυστος από τις Σάπες σε κενά εντός χαλκηδόνιου, (μ) Αμέθυστος από το Σουφλί σε κενά εντός χαλκηδονιούχου πυριτίωσης, (ν) Βοτρυοειδής χαλκηδόνιος από το Σουφλί, (ξ) Στρώμα κόκκινου οπάλιου από Συκοράχη Σαππών, (ο) Φλεβικοί αλουιτικής διαπερνά αλουιτιωμέ-

Κραίστης ο αδουλαίος συμφύεται με χαλαζία.

Σιδηροπυρίτης σε ιδιόμορφους κυβικούς κρυστάλλους απαντά σε όλα τα προαναφερθέντα skarn. Η σημαντικότερη εμφάνιση είναι εκείνη της Κραίστης όπου οξειδωμένοι κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη σε λειμωνίτη έχουν διαστάσεις έως 10cm.

Ο **βολλαστονίτης** συμπληρώνει τις παραγενέσεις των ζωνών επαφής στη Ξάνθη, Δράμα και Μαρώνεια (Liati 1986, Mposkos & Doryghoros

1993, Arvanitidis 1998). Στην Μαρώνεια Ροδόπη εντοπίστηκε μια από τις σημαντικότερες εμφανίσεις κρυστάλλων βολλαστονίτη πιθανόν παγκοσμίως. Πρόκειται για κρυστάλλους μήκους έως 50cm που συμφύονται με Τι-ούχους ανδραδίτες και περοβσκήτη.

Σοδάλιθος σε κρυστάλλους κυανού χρώματος (έως 1cm) εντοπίστηκε σαν σπάνια ορυκτή φάση σε σύμφυση με γροσσουλάριο και φλογοπιτή στη

Μαρώνεια (Βουδούρης κ.ά. 2005).

Ροδονίτης σε συμπαγείς μάζες ρόδιου χρώματος συνοδεύει καστανό ανδραδίτη στο endoskarn της Κραίστης Δράμας.

5.3. ΟΡΥΚΤΑ ΣΕ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

Τα ορυκτά που απαντούν στα ηφαιστειακά πετρώματα της Βόρειας Ελλάδας σχετίζονται γενετικά με την ανάπτυξη μαγματικών-υδροθερμικών και γεωθερμικών συστημάτων κατά τα τελευταία στάδια και μετά το τέλος της ηφαιστειακής δραστηριότητας. Πρόκειται για τις ακόλουθες εμφάνσεις:

Αμέθυστος εκτός από την ήδη γνωστή εμφάνιση στο Σουφλί του νομού Έβρου (Σαπουντζής και Χριστοφίδης 1982, Μέλφος 2002), απαντά σε αφθονία στη περιοχή Σαπών νομού Ροδόπης (Μιχαήλ 1993, Voudouris 1993, Voudouris & Katerinopoulos 2004, Μέλφος 2005). Στην περιοχή των Σαπών ο αμέθυστος εμφανίζεται σε συμπαγή μορφή (σπάνια εντοπίστηκαν κρύσταλλοι έως 2cm), εναλλάσσεται με χαλκηδόνιο, σε φλέβες ζωνώδους δομής και συνοδεύεται από αδουλαίο (Σχ. 3λ). Στην εμφάνιση του Σουφλίου οι κρύσταλλοι αμέθυστου πληρούν κενά σε φλέβες που διαπερνούν προπυλιτωμένες έως υγιείς δακτιτικές λάβες. Οι φλέβες χαρακτηρίζονται από απόθεση διαδοχικών ζωνών χαλκηδόνιου από την περιφέρεια προς το κέντρο, ενώ τα κενά στο κέντρο πληρούνται από αμέθυστο. Ο αμέθυστος σχηματίζει ιδιόμορφους κρυστάλλους (μέγεθος έως 2cm με ανεπτυγμένες τις πυραμιδικές εδρες, Σχ. 3μ) και συνοδεύεται από ζεολίθους.

Χαλκηδόνιος σε συμπαγή μορφή συνοδεύει τον αμέθυστο στις Σάπες. Χαλκηδόνιος σε βοτρυοειδή και σταλακτιοειδή μορφή διαφώτιστου με χρώμα ρόζ έως ιώδες απαντά στο Σουφλί γειτονικά της προαναφερθείσας εμφάνισης του αμέθυστου (Σχ. 3ν).

Οπάλιος. Αν και κρυστοκρυσταλλικό ορυκτό σχηματίζει λόγω της ποικιλίας των χρωμάτων του (βαθύ κόκκινο, κίτρινο, μαύρο, πορτοκαλί έως πράσινο) εντυπωσιακά από άποψη αισθητικής δείγματα. Εντοπίστηκε κυρίως στους νομούς Έβρου και

Ροδόπης, στις περιοχές Συκοράχης (νότια Σαπών), Περάματος και Σουφλίου. Οπάλιος απαντά επίσης σαν κύριο συστατικό των απολιθωμένων δέντρων του Έβρου (Velitzelos et al. 2002, Voudouris et al. 2005). Διακρίθηκαν δύο περιπτώσεις εμφάνισης οπαλίου: εκείνη στην οποία οι οπαλιτωμένες ζώνες είναι ρηξιγενούς μορφής και περιβάλλονται από αλουιτωμένα ηφαιστειακά πετρώματα (ένδειξη απόθεσης τους από οξιναθικά διαλύματα), και εκείνη στην οποία ο οπάλιος εμφανίζεται σαν ορίζοντας μέσα σε σχετικά υγιή πυροκλαστικά (Συκοράχη Έβρου, Σχ. 3ε). Στην δεύτερη περίπτωση η ανάπτυξη στρωματόμορφου οπαλίου εντός σχετικά υγιών ηφαιστειτών υποδεικνύει απόθεση πυριτικού sinter σε περιβάλλον ουδέτερου έως αλκαλικού pH (Henley & Ellis, 1983).

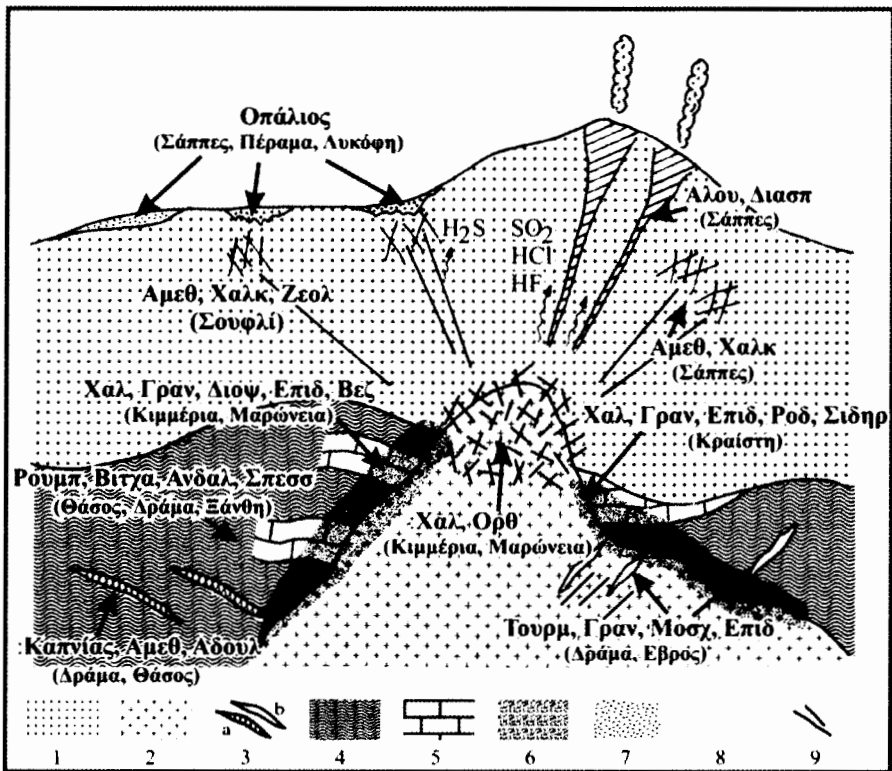
Αλουνίτης. Εντοπίστηκε στις Κασσιτερές/Σαπών και ΒΑ της Ν. Σάντας. Στις Κασσιτερές ο αλουνίτης εμφανίζεται σε φλέβες που διαπερνούν ζώνες πυριτίωσης και σχηματίζει πτεροειδή συσσωματώματα μεγέθους έως 10cm (Σχ. 3ο). Σε κενά των φλεβών απαντούν ιδιόμορφοι κρύσταλλοι αλουνίτη. Στην εμφάνιση της Ν. Σάντας ο αλουνίτης σχηματίζει κρυστάλλους έως 2cm και αποτελεί υλικό φλεβών που διαπερνούν τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Ροδοπικής μάζας. Και στις δύο περιπτώσεις πρόκειται για πρωτογενή αλουνίτη του τύπου “magmatic-steam” σύμφωνα με Rye et al. (1992), που αποτέθηκε από μαγματικά αέρια που διέφυγαν από υποκείμενη μαγματική διείδυση.

Διάσπορος σε ιδιόμορφους κρυστάλλους λευκού χρώματος (έως 0,5cm) πληρεί κενά εντός πορώδους πυριτίωσης στην περιοχή Σαπών.

Αδουλαίος εντοπίστηκε στη περιοχή των Σαπών μέσα σε φλέβες αμέθυστου-χαλκηδόνιου. Οι κρύσταλλοι του αδουλαίου έχουν ρομβοεδρικό σχήμα και φτάνουν σε μέγεθος 0,5cm.

Γύψος. Η σπουδαιότερη εμφάνιση είναι εκείνη των Κασσιτερών όπου απαντά σε διαυγείς κρυστάλλους μεγέθους έως 35cm μέσα σε καολινιτωμένους και σερικιτωμένους ηφαιστείτες.

Ανάκλιο, στιλβίτης, αρμοτόμος και λωμοντί-



Σχήμα 4. Σχηματικό μοντέλο που παρουσιάζει τα περιβάλλοντα ορυκτογένεσης σε μεταμορφωμένα πετρώματα και στα Τριτογενή μαγματικά πετρώματα της Αν. Μακεδονίας και Θράκης. 1. φηαιστειακά, 2. γρανιτικές διεισδύσεις, 3. πηγματίτες, 4. μεταμορφωμένο υπόβαθρο (γνεύσιοι, σχιστόλιθοι, κλπ), 5. υπόβαθρο (μάρμαρα), 6. skarn, 7. πυριτικά sinter, 8. υπολειματική πυριτίωση, 9. χαλαζιακές φλέβες. Συνομιεύσεις: Αδου:

της εντοπίστηκαν εντός υγιών έως προπυλιτωμένων λαβών στους νομούς Έβρου (Κίρκη) και Ροδόπης (Κίζαρι). Το ανάλκιμο σχηματίζει λευκούς κρυστάλλους μεγέθους έως 4cm και συνοδεύεται από κρυστάλλους ασβεστίτη. Αρμοτόμος σε κίτρινους κρυστάλλους έως 1cm σχηματίζει το υπόβαθρο των ζεολιθοφόρων φλεβών της Κίρκης. Οι στιλβίτες στην θέση Κίζαρι σχηματίζουν εντυπωσιακά ακτινωτά συσσωματώματα και σε κενά ιδιόμορφους κρυστάλλους έως 2cm (Σχ. 3π). Συνοδεύονται από ασβεστίτη και λωμοντίτη. Ο λωμοντίτης σε ιδιόμορφους λευκούς κρυστάλλους έως 1cm αφθονεί στην Κίρκη. Ιδιόμορφοι κρύσταλλοι ζεολιθών φλεβικής μορφής στους νομούς Έβρου και Ροδόπης έχουν επίσης αναφερθεί από

Μάραντο (2004) και Βλάχου κ.ά. (2005).

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο σχηματικό γενετικό μοντέλο του Σχήματος 4 παρουσιάζονται τα διαφορετικά περιβάλλοντα ορυκτογένεσης των εμφανίσεων όπως προκύπτουν από παρατηρήσεις υπαίθρου και γεωλογικά δεδομένα. Το γεωλογικό πλαίσιο της Ροδοπικής μάζας χαρακτηρίζεται από παλαιότερες πλαστικού χαρακτήρα παραμορφωτικές φάσεις που συνοδεύονται από καθολική μεταμόρφωση σε συνθήκες εκλογιτικής φάσης, και από ακόλουθη αποσυμπίεση του φλοιού που οδηγεί σε ανάδρομη μεταμόρφωση τύπου Barrois κάτω από συνθήκες αμφιβολιτικής έως πρασινοσχιστολιτικής φά-

σης (Liati & Gebauer 1999, Liati et al. 2002, Krohe & Mroskos 2002). Στην Αν. Ροδόπη η ανάδρομη πορεία P-T της Ενότητας Κύμης (μεταξύ 119-65 Ma) οδήγησε σε μεταμόρφωση μέσω πίεσεων και σχηματισμό μγματιτών και πηγματιτών που περιέχουν τους μεγακρύσταλλους επιδότου και μοσχοβίτη στην περιοχή Έβρου, αλλά και των ασβεστοπιριτικών στρώσεων με τιτανίτη στο Θεραπειό Έβρου. Σε ανάδρομες συνθήκες αμφιβολιτικής έως πραιοσχιτολιθικής φάσης αποτέθηκαν και οι κρύσταλλοι ακτινόλιθου στην περιοχή Νέδα. Σε ότι αφορά την ενότητα Σιδηρόνερου στην Κεντρική Ροδόπη τα ραδιοχρονολογικά δεδομένα υποδεικνύουν Κάτω Τριτογενή μεταμορφικά συμβάντα (Krohe & Mroskos 2002), με την εμφάνιση κορουνδίου στην Γοργόνα να αποδίδεται σε συνθήκες αμφιβολιτικής φάσης μεταμόρφωσης (Liati 1988). Στο Τρίκορφο της Θάσου η παρουσία σιλλιμανίτη και κυανίτη υποδεικνύει μέγιστες συνθήκες ανώτερης αμφιβολιτικής φάσης 600-650°C/4-7kbar (Dimitriadis 1989), αν και οι Vavelidis et al. (1988) προσδιόρισαν χαμηλού- έως μέσου βαθμού συνθήκες μεταμόρφωσης. Η κρυστάλλωση ορυκτών της ομάδας του επιδότου και ανδαλουσίτη στο Τρίκορφο ήταν αποτέλεσμα ανάδρομης μεταμόρφωσης και υποδεικνύει πιθανόν το τελευταίο στάδιο της πορείας P-T της περιοχής. Εναλλακτικά οι ορυκτογενέσεις του Τρικόρφου θα μπορούσαν να συσχετισθούν με την δημιουργία skarn λόγω της τοποθέτηση των Ερκυνίας ηλικίας γρανιτοειδών (ορθογνευσίων) εντός των παραγνευσίων της περιοχής.

Τα ορυκτολογικά χαρακτηριστικά των διακλάσεων που μελετήθηκαν, υποδεικνύουν ότι ο χαλαζίας και κατ' επέκταση τα αλπινότυπα ορυκτά της Ροδοπικής μάζας αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια του πλαστικο-θραυσιγενούς έως θραυσιγενούς τεκτονικού καθεστώτος που έδρασε στην ευρύτερη περιοχή κάτω από συνθήκες πραιοσχιτολιθικής φάσης. Στην περιοχή της Ροδοπικής μάζας υπάρχουν ελάχιστα δεδομένα σχετικά με τα ρευστά που συμμετείχαν στο σχηματισμό των μετα-μεταμορφικών φλεβών. Μετρήσεις ρευστών εγκλεισμάτων σε αμέθυστους που πληρούν διακλάσεις στο

Δασωτό της Δράμας (Μέλφος 2005), έδωσαν μέγιστες θερμοκρασίες σχηματισμού περί τους 330°C από διαλύματα χαμηλής αλατότητας πλούσια σε CO₂. Ο προσδιορισμός με μεγαλύτερη ακρίβεια των συνθηκών σχηματισμού των κρυστάλλων χαλαζία και γενικότερα των αλπινότυπων ορυκτών της περιοχής έρευνας, όπως πίεση, θερμοκρασία και σύσταση των διαλυμάτων (P, T, X) καθώς και η πορεία εκταφής, αποτελεί αντικείμενο συνεχιζόμενης μελέτης. Και στην περίπτωση αυτή ανοιχτό παραμένει το ενδεχόμενο οι ορυκτογενέσεις καρπία και αμέθυστου τόσο στην Δράμα όσο και στην Θάσο να συνδέονται με προ-Αλπική πηγματιτική-χαλαζιακή δράση και μεταγενέστερη επανακινητοποίηση των συστατικών κατά την αλπική ορογένεση.

Οι ορυκτογενέσεις που συνδέονται με την μαγματική δράση του Τριτογενούς, σχηματίστηκαν σε διάφορα στάδια της εξέλιξης των μαγματικών-υδροθερμικών συστημάτων του βορειοελλαδικού χώρου. Οι πρώτες ορυκτογενέσεις λαμβάνουν χώρα στα τελευταία στάδια μαγματικής κρυστάλλωσης και κάτω από ένα πλαστικο-θραυσιγενές καθεστώς τάσεων, όπως προκύπτει από την παρουσία μιρολιθικών έγκοιλων στον πορφυριτικό μικρογρανίτη της Μαρώνειας αλλά και η απόθεση ορυκτών σε πηγματιτικές φλέβες στο Παρανεσίτι και Ποταμούς Δράμας. Οι μετασωματικές διαδικασίες που ακολούθησαν λόγω διαφυγής μαγματικών-υδροθερμικών διαλυμάτων και αερίων έδωσαν γένεση σε πληθώρα ορυκτών τόσο εντός των γρανιτοειδών (εμφανίσεις πορφυριτικού τύπου), όσο και στα περιβάλλοντα πετρώματα (ζώνες skarn). Υδροθερμικά διαλύματα που κυκλοφόρησαν εντός των γρανιτοειδών, ήταν υπεύθυνα για την απόθεση χαλαζιακών φλεβών με άστριο και σερικίτη, όπως παρατηρήθηκαν στη Σαμοθράκη, τη Μαρώνεια, και τα Κιμμέρια. Η ορυκτογένεση των skarn περιλαμβάνει πρόδρομο άνωδρο στάδιο με πυροξένους και γρανάτες στη Μαρώνεια, Κιμμέρια και Κραίστη και ανάδρομο στάδιο με απόθεση χαλαζία, ακτινόλιθου, επιδότου, βεζουβιανού και σοδάλιθου. Διαφυγή μαγματικών αερίων πλούσιων σε SO₂ και HCl που κατά την άνο-

δο τους σχημάτισαν όξινα-θειικά-χλωριούχα διαλύματα στο υποηφαιστειακό-ηφαιστειακό περιβάλλον, οδήγησε στην απόθεση αλουμίτη, διάσπορου αλλά και ορισμένων ζωνών οπαλιτώσης στη Θράκη. Η τελική ανάπτυξη γεωθερμικών-επιθερμικών συστημάτων με αυξανόμενη συμμετοχή μετεωρικών και/ή θαλασσινών νερών έπειτα από ψύξη των διεισδύσεων, έδωσε ορυκτογενέσεις κυρίως κατά μήκος ρηξιγενών ζωνών που περιλαμβάνουν διάφορες μορφές SiO_2 , αδουλαίου και ζεόλιθους όπως περιγράφησαν από τις Σάππες, το Κίζαρι την Κίρκη και το Σουφλί. Ορισμένες ζώνες οπαλιτώσης (πχ. στην Συκοράχη) θα μπορούσαν να αντιπροσωπεύουν αποθέσεις θερμών πηγών στις περιφέρειες των ηφαιστειακών κέντρων. Στο ίδιο περιβάλλον έλαβε χώρα και η απολιθωση των δέντρων στην περιοχή Λευκίμης-Τυχερού-Σουφλίου-Λυκόφης.

Οι περιοχές που περιγράφησαν είναι άγνωστες στο ευρύ κοινό και μέχρι σήμερα δεν έχουν τύχει κάποιας αξιοποίησης. Αρκετά από τα ορυκτά που περιγράφησαν μπορούν να θεωρηθούν σαν πολύτιμοι λίθοι (Μέλφος 2002, Voudouris et al. 2006) και δεν μπορεί να αποκλειστεί σε ορισμένα από αυτά μια πιθανή μελλοντική εκμετάλλευση κατόπιν συστηματικής έρευνας. Παράλληλα αρκετές εμφανίσεις όπως εκείνες της Μαρώνειας, των Κιμμερίων, του Τρικόρφου, του Δασωτού, των Σαππών και του Σουφλίου αποτελούν ορυκτολογικούς-πετρογραφικούς θησαυρούς μοναδικούς στην Ευρώπη και ίσως στον κόσμο. Ορυκτά όπως ο κιμζεύιτης και γροσσουλάριος της Μαρώνειας, τα επίδοτα, βεζουβιανοί και τα ρουμπίνια των Κιμμερίων, ο Μn-ούχος ανδαλουσίτης και ο βιτхамίτης-κλινοθουλίτης του Τρικόρφου, η τεράστια εμφάνιση αμέθυστων στις Σάππες σε συνδυασμό με πληθώρα άλλων ορυκτών που αποτελούν "απολιθωμένα" τεκμήρια δράσης μαγματικών αερίων σε ένα βαθύ διαβρωμένο ηφαιστειακό-καλδερικό σύμπλεγμα (αλουμίτης, διάσπορο), και τέλος των μοναδικών παγκοσμίως μορφών χαλαζία της Δράμας και Θάσου, αξίζουν ανάδειξης και προστασίας. Η ανάδειξη των παραπάνω γεωλογικών, ορυκτολογικών και πετρογραφικών γεω-

τόπων σε συνδυασμό με την δημιουργία Μουσείων Ορυκτολογίας-Πετρογραφίας μπορεί να προστατεύσει τους ορυκτολογικούς αυτούς θησαυρούς και να συμβάλει σε μια ορθολογική, φιλική στο περιβάλλον ανάπτυξη των περιοχών και μέσω της πρόσθετης έλξης επισκεπτών.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τον Ειδικό Λογαριασμό Κονδυλίων Έρευνας του Πανεπιστημίου Αθηνών για την οικονομική υποστήριξη της παρούσας μελέτης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ανδρονόπουλος Β. & Τσουτρέλης Χ. 1964. Γεωλογική κοιτασματολογική αναγνώριση εμφάνισης ερυθρού κορούνδιου παρά την Ξάνθη, Αθ. Έκθεση, ΙΓΕΥ, 8σ.
- Arvanitidis N. 1998. Northern Greece's industrial minerals: production and environmental technology development. *J Geochem Explor*, 62, 217-227.
- Barr S., Temperley S. & Tarney J. 1999. Lateral growth of the continental crust through deep level subduction-accretion: a re-evaluation of central Greek Rhodope. *Lithos*, 46, 69-94.
- Βλάχου Μ., Χριστοφίδης Γ. & Σικαλιδής Κ. 2005. "Γεωλογία της Θράκης-Σεισμοτεκτονική του ΒΑ Αιγαίου". Επιστημονική συνεδρία της Ε.Γ.Ε., Σαμοθράκη 2-4 Σεπτεμβρίου, 27-28.
- Βουδούρης Π., Κατερινόπουλος Α. & Μαγγανάς Α. 2005. Ορυκτολογίας της ζώνης μεταμόρφωσης επαφής ενός σωσσονιτικού μαγματικού συμπλέγματος (Μαρώνεια, ΒΑ Ελλάδα). Πρακτ. 2^{ου} Συνεδρίου της Επιτροπής Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας & Γεωχημείας (Ε.Γ.Ε.), Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2005, 19-28.
- Christofides G., Soldatos T., Eleftheriadis G. & Koroneos A. 1998. Chemical and isotopic evidence for source contamination and crustal assimilation in the Hellenic Rhodope plutonic rocks. *Acta Vulcanol*, 10, 305-318.
- Christofides G., Pecskay Z., Soldatos T., Eleftheriadis G. & Koroneos A. 2004. The Tertiary Evros volcanic rocks (Greece): Petrology, K/Ar geochronology and volcanism evolution. *Geol Carp*, 55, 397-409.

- Constantinidou H., Patronis M., Zangalis K. & Economou G. 1998. Mineralogical characteristics related to the quality and recovery of the Panorama wollastonite, Drama area, Northern Greece. *Bull Geol Soc Greece*, 32/3, 295-302.
- Dimitriadis, S. & Soldatos K. 1978. Optical and structural properties of adularia from Xanthi and Ouranoupolis, Greece and their interpretation. *N Jb Miner Abh*, 133, 88-105.
- Dimitriadis E. 1989. Sillimanite grade metamorphism in Thasos Island, Rhodope massiv, Greece, and its regional significance. *Geol Rhodopica*, 1, 190-201.
- Henley RW. & Ellis J. 1983. Geothermal systems ancient and modern: A geochemical review. *Earth Sci Rev*, 19, 1-50.
- Ζάννας Ι. 1995. Εμφάνιση κορουνδίου στην περιοχή Στηρίγματος Γοργόνας βόρεια της Ξάνθης - Απώψεις για την πετρογένεση και την ποικιλία των χρωμάτων. *Ορυκτός Πλούτος*, 97, 9-18.
- Ζάχος Σ. 1982. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Θάσος, κλίμακα 1:50000. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα
- Innocenti F., Kolios N., Manetti O., Mazzuoli R., Peccerillo G., Rita F. & Villari L. 1984. Evolution and geodynamic significance of the Tertiary orogenic volcanism in northeastern Greece. *Bull Volcanol*, 47, 25-37.
- Kassoli-Fournaraki A. & Michailidis K. 1994. Chemical composition of tourmaline in quartz veins from Nea Roda and Thasos areas in Macedonia, northern Greece, *Can Mineral*, 32, 607-615.
- 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 Mineral Petr Mitt*, 75/3, 387-398.
- Κατερινόπουλος Α. 2005. Ένας τυπικός διοψίδιος από το skarn της Μαρώνειας: τοπολογία βάσει της κατανομής των δεσμών. *Πρακτ. 2^{ου} Συνεδρίου της Επιτροπής Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας & Γεωχημείας (Ε.Γ.Ε.)*, Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2005, 143-151.
- Krohe A. & Mroskos E. 2002. Multiple generations of extensional detachments in the Rhodope mountains (northern Greece): evidence of episodic exhumation of high-pressure rocks. In: Blundell DJ, Neubauer F, von Quadt A (eds). *The timing and location of major ore deposits in an evolving orogen*. *Geol Soc London Spec Publ*, 204, 151-178.
- Liati A. 1986. Regional metamorphism and overprinting contact metamorphism of the Rhodope zone, near Xanthi (N. Greece). *Petrology, Geochemistry, Geochronology*: Unpub. Ph.D. thesis, Univ. Braunschweig, 186p.
- Liati A. 1988. Corundum- and zoisite-bearing marbles in the Rhodope zone, Xanthi area (N. Greece): estimation of the fluid phase composition, *Mineral Petrol*, 38, 53-60.
- Liati, A. & Gebauer D. 1999. Constraining the prograde and retrograde P-T-t path of Eocene HP rocks by SHRIMP dating of different zircon domains: inferred rates of heating, burial, cooling and exhumation for central Rhodope, northern Greece. *Contr Miner Petr* 135, 340-354.
- Liati A., Gebauer D. & Wysoczanski R. 2002. U-Pb SHRIMP-dating of zircon domains from UHP garnet-rich mafic rocks and late pegmatoids in the Rhodope zone (N Greece); evidence for Early Cretaceous crystallization and Late Cretaceous metamorphism. *Chem Geol*, 184, 281-299.
- Magganas A. 2002. Constrains on the petrogenesis of Evros ophiolite extrusives, NE Greece. *Lithos*, 65, 165-182.
- Μάραντος Ι. 2004. Μελέτη εξαλλοιώσεων Τριτογενών ηφαιστιαίων λεκάνης Φερών Ν. Εβρου, με έμφαση στη γένεση των ζεολιθων και των πιθανόν εφαρμογών τους. *Διδ. Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης*, 261σ.
- Μάραντος Ι. & Κοσιάρης Γ. 2003. Βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα στο χώρο της Α. Μακεδονίας και Θράκης. *Ερευνες, αποτελέσματα και προοπτικές*. *Πρακτ. Ημερ. Περιφ. Ανατ. Μακεδονίας-Θράκης, Ξάνθη*, 12σ.
- Μέλφος Β. 1995. Έρευνα των βασικών και ευγενών μετάλλων στην Περιροδοπική ζώνη της Θράκης. *Διδ. Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.*, 289σ.
- Μέλφος Β. 2002. Πολύτιμοι λίθοι: έρευνες και προοπτικές για εντοπισμό τους στην Μακεδονία και Θράκη. *Πρακτ. Ημερ. Ε.Γ.Ε., Θεσσαλονίκη*, 5σ.

- Μέλφος, Β. 2005. Μελέτη ρευστών εγκλεισμάτων σε αμέθυστους από περιοχές της Μακεδονίας και Θράκης: Σάπες, Σουφλί, Κ. Νευροκόπι. Πρακτ. 2^{ου} Συνεδρίου της Επιτροπής Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας & Γεωχημείας (Ε.Γ.Ε.), Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2005, 219-228.
- Melfos V., Vavelidis M., Christofides G., & Seidel E. 2002. Origin and evolution of the Tertiary Maronia porphyry copper-molybdenum deposit, Thrace, Greece. *Mineral Deposita*, 37, 648-668.
- Μιχαήλ Κ. 1993. Γεωλογία και γεωχημεία του επιθερμικού κοιτάσματος χρυσού, περιοχής Κώνου, Αδ. Έκθεση, Ι.Γ.Μ.Ε., Ξάνθη, 75σ.
- Mroskos E. 1993. Methods for exploitation of kyanite-sillimanite metamorphic rocks in Rhodope and Pelagonian zones for refractory uses. National Technical University of Athens, unpubl. Intern. Report (in Greek).
- Mroskos E., & Doryphoros K., 1993. High temperature skarns in the Maronia area (NE Greece). *Bull Geol Soc Greece*, 28, 23-35.
- Mroskos, E. & Krohe A. 2001. Structural evolution and exhumation history of the Rhodope UHP-HP metamorphic province (Northern Greece). *Bull Geol Soc Greece*, 34, 75-82.
- Mroskos E. & Kostopoulos D. 2001. Diamond, former coesite and supersilicic garnet in metasedimentary rocks from the Greek Rhodope: a new ultrahigh-pressure metamorphic province established. *Earth Plan Sc Letters*, 192, 497-506.
- Mroskos E. & Wawzenitz N. 1995. Metapegmatites and pegmatites bracketing the time of HP-metamorphism in polymetamorphic rocks of the E-Rhodope: Petrological and geochronological constraints. *Geol Soc Greece Spec Publ*, 2, 602-608.
- Mullis J. 1975. Growth conditions of quartz crystals from Val d'Illicez (Valais, Switzerland). *Schweiz Miner Petr Mitt*, 55, 419-430.
- Niedermayer G. 1993. Alpine Kluefte, Mineralien Welt, 6, 57-59.
- Παπαδόπουλος, Π. 1982. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Μαρώνεια, κλίμακα 1:50000. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα
- Papanikolaou D. 1984. The three metamorphic belts of the Hellenides: a review and a kinematic interpretation: In: Dixon, J.E., Robertson AHF., (eds) Geological evolution of the eastern Mediterranean. *Geol Soc London Spec Publ* 17, 551-556.
- Papanikolaou D. & Panagopoulos 1981. On the structural styles of southern Rhodope, Greece, *Geol Balcanica*, 11, 13-22.
- Papanikolaou D., Barghathi H., Dabovski C., Dimitriu R., El-Hawat A., Ioane D., Kranis H., Obeidi A., Oaie C., Seghedi A. & Zagorchev I. 2004. In W. Lavazza, F. Roure, W. Spakman, G. Stampfli & P. Ziegler (eds), *Transect VII: The TRANSECT Atlas*, Springer (CD)
- Πλουμής Π. & Ζάχος Σ. 1990. Ο κυανίτης της Θάσου. Αποτελέσματα αναγνωριστικής φάσης έρευνας. Αδ. Έκθεση, Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα, 13σ.
- Pe-Piper G., Christofides G., & Eleftheriadis G. 1998. Lead and neodymium isotopic composition of Tertiary igneous rocks of northeastern Greece and their regional significance. *Acta Vulcanologica*, 10, 255-263
- Rye RO., Bethke PM., & Wasserman MD., 1992. The stable isotope geochemistry of acid sulfate alteration. *Econ. Geology*, 87, 225-262.
- Rykart R. 1995. *Quarz-Monographie*, Ott Verlag Thun, 461pp.
- Σαπουντζής Η. & Χριστοφίδης, Γ. 1982. Ορυκτοδιαγνωστική, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 239 σελ.
- Sideris C., 1973. Petrochemistry of some volcanic rocks from western Thrace. Tectonic and petrochemical relationships with volcanics of Greece. *Chem Erde*, 32, 174-195.
- Skarpelis N. & Liati A. 1991. Wollastonite and associated copper mineralization in the contact metamorphic aureole of Kimmeria, Xanthi, N. Greece. *Bull Geol Soc Greece*, 25, 369-377.
- Skarpelis N., Christakos P. & Vallianatos A. 1998. Environmentally safe raw materials for blasting applications: the garnetites of Kimmeria (Xanthi) and Serifos Island. *Bull Geol Soc Greece*, 32, 289-293.
- Soldatos T., Koroneos A., Christofides G. & Del Moro A. 2001. Geochronology and origin of the Elatia plutonite (Hellenic Rhodope Massiv, N. Greece) constrained by new Sr isotopic data. *N Jb Miner Abh*, 176, 179-209.

- Soldatos T. 2005. Photo collection, <http://www.mindat.org/picshow.php?id=46958>.
- Stalder HA. & Touray JC. 1970. Fensterquarze mit Methan-Einschlüssen aus dem westlichen Teil der schweizerischen Kalkalpen. Schweiz Miner Petr Mitt, 50, 109-130.
- Τσιραμπιδής Α. 2005. Ο ορυκτός πλούτος της Ελλάδας, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, 391σ.
- Vavelidis M., Eleftheriadis G. & Kassoli-Fournaraki A. 1988. A petrological study of the crystalline complex in the island of Thassos, Ann Geol Pays Hellen, 33, 203-216.
- Velitzelos E., Mountrakis D., Zouros N. & Soulakellis N. 2002. Atlas of the Aegean geological monuments (Ed. Aegean Ministry) 351pp.
- Vlachou M., Christofides G., Sikalidis K., Kassoli-Fournaraki A., & Eleftheriadis, G. 2001. Upgrading of K-feldspars of Samothraki island (NE Aegean sea) igneous rocks for use in the ceramic and glass industry. Bull Geol Soc Greece, 34, 1177-1182.
- Voudouris P. 1993. *Mineralogical, geochemical and fluid inclusion studies on epithermal vein-type gold-silver mineralizations at Kassiteres/Sapes, (NE- Greece). Unpub. Ph.D. thesis, Univ. Hamburg, 218pp.*
- Voudouris P. & Katerinopoulos A. 2004. New occurrences of mineral megacrysts in Tertiary magmatic-hydrothermal and epithermal environments in Greece. Documenta Naturae, 151, 1-21.
- Voudouris P., Katerinopoulos A. & Melfos V. 2004. Alpine-type fissure minerals in Greece. Documenta Naturae, 151, 23-45.
- Voudouris P., Velitzelos D., Velitzelos E. & Thewald U. 2005. Petrified wood occurrences in Evros-Rhodopi region and Limnos Island: Mineralogy, Geochemistry and depositional environment. In: "Geology of Thrace-Seismotectonics of NE Aegean Sea". Workshop of Greek Geological Society, Abstract Vol., 31-32.
- Voudouris P., Melfos V. & Katerinopoulos A. 2006. Precious stones in Greece: mineralogy and geological environment of formation. 12th Quadrennial IAGOD symposium, Moscow (in press).
- Wawrzenitz, N. & Krohe, A. 1998 Exhumation and doming of the Thassos metamorphic core complex (S Rhodope, Greece): structural and geochronological constraints. Tectonophysics, 285, 301-332.

ABSTRACT

THE MINERALS OF E. MACEDONIA AND W. THRACE (NE GREECE). GEOLOGICAL FRAMEWORK AND POTENTIAL FOR GEOTOURISTIC DEVELOPMENT

Voudouris P.¹ Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVII, 9 -18, 2005
Bulletin of the Geological Society of Greece vol. XXXVII, 9 - 18, 2005

¹ Department of Geology and Geoenvironment, Athens University, 157 84 Athens, voudouris@geol.uoa.gr

In the current study mineral megacryst occurrences in northeastern Greece are described and integrated in a geological and genetic framework. Three groups of minerals have been distinguished: (a) those related to regional metamorphism under amphibolite to greenschist facies conditions, (b) alpine-type minerals related to extensional fissures, considered to be formed under a ductile/brittle to brittle tectonic regime due to the decompression and tectonic uplift of the Rhodope metamorphic core complex, and finally (c) minerals which are related to the Tertiary magmatic-hydrothermal activity. The recognition of Trikorfo, Maronia, Kimmeria, and of Kassiteres/Sapes areas as mineralogical and petrological geotopes, combined with the establishment of Mineralogy-Petrology museums, will contribute to both the protection of these unique natural monuments and to the environmentally-friendly development of the borderland of northern Greece.