

## ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΞΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΕΣ ΤΩΝ ΕΠΙΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΕΤΡΩΤΩΝ(Δ.ΘΡΑΚΗ,ΕΛΛΑΣ)

Κ. Μιχαήλ<sup>1</sup> και Δημήτρουλα Μ.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IGME, Μπρωκούμη 30, 67100 Ξάνθη, connmichael@in.gr

<sup>2</sup>IGME, Μεσογείων 70, 115 27 Αθήνα, mdimitr@igme.gr

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο τεκτονικό βύθισμα των Πετρωτών αναπτύσσονται σημαντικές επιθερμικές ζώνες. Με βάση τα φιλοξενούντα πετρώματα και την ορυκτολογική σύσταση των εξαλλοιωμένων ζωνών οι επιθερμικές ζώνες μπορούν να διαχωριστούν στα παρακάτω επιθερμικά συστήματα:

Το επιθερμικό σύστημα του Περάματος

Το επιθερμικό σύστημα της Μαυροκορυφής

Το επιθερμικό σύστημα του Οδοντωτού

Οι υδροθερμικές ζώνες εξαλλοίωσης στην περιοχή Πετρωτών αναπτύσσονται μέσα σε ηφαιστειοκλαστικά πετρώματα-επικλαστικούς ψαμίτες, ανδραιοειδείς τόφους (Πέραμα) υαλοκλαστίτες (Μαυροκορυφή) και ρυολιθικά πετρώματα (Οδοντωτό). Η πυριτική εξαλλοίωση σε (διάφορες μορφές) και η προχωρημένη αργιλική εξαλλοίωση είναι οι πιο διαδεδομένες και οι πιο σημαντικές για την περιοχή. Οι μεταλλοφορίες συναντώνται κύρια σε μορφή φλεβών και φλεβιδίων μέσα στην τεκτονισμένη πυριτική ζώνη ή μέσα στην υπεργενετική ζώνη σαν δευτερογενείς μεταλλοφορίες (επιθερμικό σύστημα Περάματος). Διάσπαρτη μεταλλοφορία έχει επίσης εντοπισθεί στις πυριτικές ζώνες περιοχής Οδοντωτού και Μαυροκορυφής.

Τα επιθερμικά συστήματα της περιοχής Πετρωτών, με βάση το γεωλογικό περιβάλλον, τον τύπο των υδροθερμικά εξαλλοιωμένων ζωνών (πυριτική και προχωρημένη αργιλική εξαλλοίωση), την ορυκτολογική σύσταση του μεταλλεύματος (εναργίτης – λουζονίτης), ταξινομούνται στα υψηλής θεϊκότητας επιθερμικά συστήματα.

### 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται σε μέρος των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από το πρόγραμμα έρευνας πρωτογενούς χρυσού του ΙΓΜΕ, το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το Β' ΚΠΣ της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Κύριος στόχος του προγράμματος ήταν ο εντοπισμός περιοχών ενδιαφέροντος για πρωτογενή χρυσό (διερεύνηση νέων κοιτασματολογικών τύπων) με ιδιαίτερη έμφαση στα επιθερμικά συστήματα, δεδομένου ότι στο παρελθόν είχαν ανακαλυφθεί στην ευρύτερη περιοχή επιθερμικά κοιτάσματα χρυσού (περιοχή Κώνου, κοίτασμα Άγιος Δημήτριος και κοίτασμα Οχιά).

Στο παρελθόν η περιοχή των Πετρωτών υπήρξε αντικείμενο μελέτης από τους Παπαδόπουλο (1982), Frass et. al. (1990), Μιχαήλ (1993) Arikas et. al. (1998) Skarpelis (1999) και Voudouris et. al. (2001).

### 2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

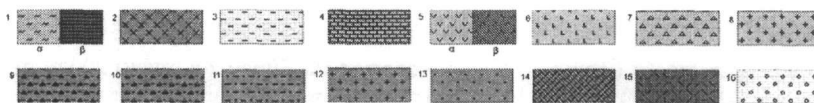
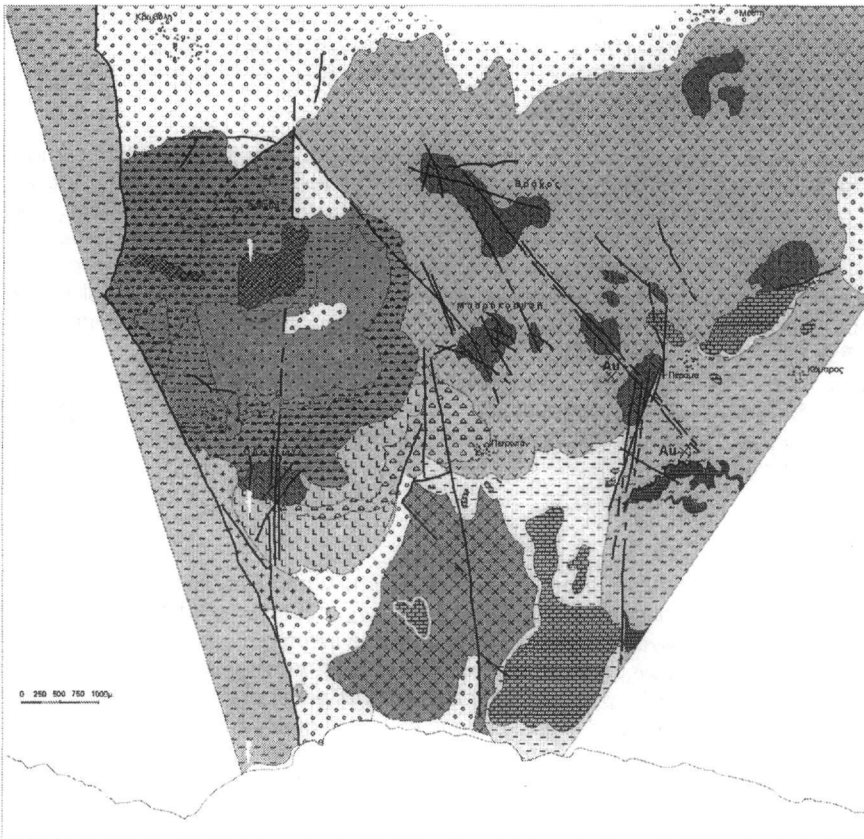
Η περιοχή έρευνας βρίσκεται στα όρια των Νομών Ροδόπης και Έβρου και απέχει 20 km περίπου από την πόλη της Αλεξανδρούπολης. Η τριτογενής λεκάνη των Πετρωτών είναι μία από τις τρεις τεκτονικές λεκάνες της ευρύτερης περιοχής, της Θράκης με τις οποίες συνδέονται σημαντικά επιθερμικά συστήματα. Ο σχηματισμός των λεκανών είναι αποτέλεσμα των τεκτονικών κινήσεων που έλαβαν χώρα στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου από το Ηώκαινο μέχρι το Μειόκαινο, λόγω της σύγκρουσης της αφρικανικής πλάκας με την ευρασιατική (Dewey, et al.1973, Mckenzie, 1972). Η καταβύθιση της αφρικανικής πλάκας προκάλεσε στα ενεργά ηπειρωτικά περιθώρια την εκδήλω-

ση έντονης ηφαιστειακής δράσης, που εξελίχθηκε σε τρεις κύριες φάσεις (Μιχαήλ Κ. 1988, Μιχαήλ Κ. 1993):

- Παλαιότερη φάση, με ηφαιστειακά και πυροκλαστικά πετρώματα ενδιάμεσης σύστασης και Ηωκαινικής ηλικίας
- Νεότερη φάση, με ηφαιστειακά και πυροκλαστικά πετρώματα ενδιάμεσης και όξινης σύστασης ηλικίας Κατώτερο – Μέσο Ολιγόκαινο μέχρι το Μειόκαινο. Τα πετρώματα αυτά συνοδεύονται από υποηφαιστειακά και πλουτώνια σώματα.
- Η τελευταία ηφαιστειακή δραστηριότητα εκδηλώνεται στο Πλειόκαινο με όξινα ιγκνιμβριτικά πετρώματα.

Στο τεκτονικό βύθισμα των Πετρωτών, με βάση τον τύπο των εξαλλοιώσεων, που παρατηρούνται στη περιοχή, διακρίνονται τρία επιμέρους επιθερμικά συστήματα και συγκεκριμένα (Σχ. 1).

- στο Πέραμα
- στη Μαυροκορυφή
- στον Οδοντωτό



1. Ενότητα Μάρης α. πρασινοσχιστολίθοι και β. ανθρακικά πετρώματα. 2. Γάβρος. 3. Βασική κλαστική σειρά. 4. Βιοκλαστικοί Νουμιολιτικοί ασβεστόλιθοι. 5 α. Αδρομερές τόφφοι, ιεγκύσεις και ηφαιστειακά λατυποπαγή ανδεσιτικής, βασαλτικής ανδεσιτικής σύστασης. 5 β. Ανδεσίτες σε μορφή δόμων. 6. Λιθικοί αδρομερές, λατιλικοί, κρυσταλλοκλαστικοί, υαλώδεις, κιστρώδεις, σφαιρολιθικοί και ιγκνιμπριτικοί τόφφοι. Λατυποπαγές Πυροκλαστική breccia (μη συγκαλλημένοι αδρομερές τόφφοι). 8. Ρυθλίθοι σε μορφή δόμων. 9. Ιγκνιμπριτικοί τόφφοι. 10. Δακίτες. 11. Τραχιίτες (πλούσιοι σε Κ δακίτες). 12. Λαίτες (δισιδιτικοί). 13. Λαίτες (τόφφοι). 14. Υπερκαλιούχοι λαίτες. 15. Επιθερμικές Ζώνες β. Νεογενή.

Σχ. 1. Γεωλογικός χάρτης, κλ. 1:25.000 περιοχής Πετρωτών ( Μιχαήλ Κ. 2002)

### 3 ΤΑ ΕΠΙΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

#### 3.1 Το Επιθερμικό σύστημα του Περάματος

**Γεωλογία:** Το επιθερμικό σύστημα του Περάματος βρίσκεται στο ανατολικό – νοτιοανατολικό τμήμα του τεκτονικού βυθίσματος των Πετρωτών και αναπτύσσεται στην επαφή των Τριτογενών σχηματισμών με τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Ενότητας Μάκρης. Στην ίδια περιοχή ανακαλύφθηκε το 1995 από την εταιρία «Χρυσορυχεία Θράκης» το κοιτάσμα χρυσού στο «Λόφο Περάματος» ( McAlister et al. 1999, Lescuyer et al 2003).

Η περιοχή του Περάματος δομείται γεωλογικά από:

- επικλαστικά πετρώματα και ηφαιστειοκλαστικούς ψαμμίτες
- κλαστικούς ασβεστόλιθους και κισσηρώδεις λαπιλλικούς τόφους (νότια)
- υαλοκλαστίτες και κρυσταλλοκλαστικούς τόφους (δυτικά)

Σύμφωνα με τους M.C. Alister et al. (1999) οι ηφαιστειοκλαστικοί ψαμμίτες έχουν πάχος που φτάνει τα 130 μ και σχηματίστηκαν σε αβαθές περιβάλλον. (Επεξεργασία ιζημάτων αιώρησης από αβαθή ρεύματα).

Η Ενότητα Μάκρης αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα πρασινοσχιστολιθικής φάσης (πρασινοσχιστόλιθοι και ανθρακικά πετρώματα) και Μεσοζωϊκής ηλικίας (Παπαδόπουλος 1982).

**Εξαλλοιώσεις:** Στην περιοχή του Περάματος εντοπίζονται δύο τύποι υδθερμικής εξαλλοίωσης: Η πυριτική και η αργιλική εξαλλοίωση.

Η πυριτική εξαλλοίωση που εντοπίζεται στην περιοχή του Περάματος, εμφανίζεται με δύο μορφές: την κρυσταλλική πυριτική εξαλλοίωση και την οπαλιούχα. Στη κρυσταλλική πυριτική εξαλλοίωση το  $\text{SiO}_2$  εμφανίζεται με τη μορφή κρυσταλλικού χαλαζία, που είναι λεπτοκρυσταλλικός, αδροκρυσταλλικός ή αδροκρυσταλλικός και ζωνώδης. Η κρυσταλλική πυριτική εξαλλοίωση αναπτύσσεται στο «Λόφο Περάματος» και σχηματίζει "silica cap". (Σχ 2). Το "silica cap" διασχίζεται από μεταλλοφόρες χαλαζιακές φλέβες στις οποίες το  $\text{SiO}_2$  εμφανίζεται με κολλοειδείς-φλοιώδεις και σπογγώδεις μορφές (Σχ. 3). Στην περιοχή του Περάματος το άμορφο πυριτικό υλικό είναι ελάχιστο.

Η οπαλιούχα πυριτική εξαλλοίωση αναπτύσσεται στο «Βράχο Περάματος» και σχηματίζει οπαλιούχο – χαλκιδονοειδές κάλυμμα με τη μορφή «sinter» (Σχ. 4 και 5) . Περιφερειακά του "sinter" παρατηρούνται μικροφλεβίδια με αλουμίτη ή με αργιλικά ορυκτά (αλλοούσιτη).

Σε ότι αφορά την αργιλική εξαλλοίωση αυτή αποτελείται από χαλαζία, καολίνη, σερικίτη και εντοπίζεται στο Λόφο Περάματος και αναπτύσσεται κάτω από πυριτικές ζώνες. Σε αυτό τον τύπο εξαλλοίωσης εντοπίζονται μεταλλοφόρες χαλαζιακές φλέβες και φλεβίδια με βαρύτη.

**Τεκτονική - Μεταλλοφορίες:** Στο τεκτονικό βύθισμα των Πετρωτών, την κύρια τεκτονική δομή αποτελεί η επαφή των μεταμορφωμένων σχηματισμών της Ενότητας Μάκρης με τους τριτογενείς ηφαιστίτες. Η τεκτονική επαφή έχει διεύθυνση  $30^\circ$  και χαρακτηρίζεται από οριζόντιες γραμμώσεις και αριστερόστροφη κίνηση. Η κατακόρυφη μετατόπιση είναι περίπου 200 μ (M. Mc Alister 1999). Πέραν αυτού, πολύ σημαντική τεκτονική δομή αποτελούν οι δύο μεγάλες επιθερμικές ζώνες, με διευθύνσεις Β – Ν έως  $10^\circ$  και ΒΔ ( $320-340^\circ$ ) αντίστοιχα. Οι δύο ζώνες διασταυρώνονται στο Λόφο Περάματος με αποτέλεσμα τη δημιουργία του επιθερμικού κοιτάσματος. Μια άλλη τεκτονική δομή αποτελούν οι χαλαζιακές φλέβες με διεύθυνση ΒΔ και ΒΒΑ . Το κοιτάσμα του Περάματος έχει μήκος 700 μ και πλάτος 300 μ. και τα αποθέματα ανέρχονται σε 11.2 εκ. τόνους. Η περιεκτικότητα σε Au είναι 3,8 gr/t και σε Ag 8,5 gr/t με cut off Au 1.3 gr/t. ( Mc Alister et al. 1999). Ο χρυσός συναντάται με τη μορφή διάσπαρτων μικροσκοπικών κόκκων στο φλεβικό χαλαζία ή συνδέεται με τα σιδηροξειδία στο οξειδωμένο τμήμα του κοιτάσματος. Οι χαλαζιακές φλέβες που φιλοξενούν το χρυσό έχουν πάχος από 10-20 εκ. μέχρι και 2 μ και είναι σχεδόν παράλληλες με την ΒΔ επιθερμική ζώνη.

Ο χαλαζίας των επιθερμικών φλεβών εμφανίζει τυπικούς επιθερμικούς ιστούς, όπως είναι οι πρωτογενείς κολλοειδείς ιστοί, ( crustiform – colloform textures ), οι ιστοί με τη μορφή κτένας (comb textures) και οι ζωνώδεις κρύσταλλοι ( zoned crystals, Σχ. 6 και 7) . Από τους ιστούς αντικατάστασης κυριαρχούν οι λεπιτώδεις - δικτυωτοί ιστοί ( lattice – bladed textures ) και το σπογγώδες  $\text{SiO}_2$ . Το σπογγώδες πυρίτιο πιθανώς οφείλεται στη διάβρωση πρωτογενών ορυκτών λόγω επίδρασης όξινων διαλυμάτων.

Ο χρυσός στο βάθος συνδέεται άμεσα με τα πρωτογενή θειούχα ορυκτά και βρίσκεται με υπομικροσκοπική μορφή στον σιδηροπυρίτη και με τη μορφή τελλουριδίων Au-Ag.

Στη θειούχα μεταλλοφορία συμμετέχουν επίσης εναργίτης, σταννίτης και σφαλερίτης (McAlister et al 1999). Η ύπαρξη φλεβιδίων με εναργίτη – βορνίτη-λουζονίτη είναι καθοριστικό στοιχείο για την ταξινόμηση των μεταλλοφοριών σε υψηλής θεϊκότητας επιθερμικό σύστημα (Lescuyer et al 2003).

Χημικοί προσδιορισμοί χρυσού που έγιναν με τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας ατομικής απορρόφησης με φλόγα σε εργαστήριο του ΙΓΜΕ σε 27 αντιπροσωπευτικά δείγματα υλικού από τις χαλαζιακές φλέβες, έδειξαν περιεκτικότητες σε Au 1-27,5 gr/t με μέση περιεκτικότητα 4gr/t. Υψηλές περιεκτικότητες παρουσιάζουν το Ba (0,6 –1%) και το Sr (400 – 750 ppm) αλλά και ο Pb (> 0,5%) το Te (68-833 ppm) και το Se (> 146 ppm) σε ορισμένα δείγματα. Ανωμαλία στις τιμές εμφανίζουν επίσης το As(> 0,5%) το Sb (5-70ppm) και το Mo (10-46 ppm). Ο Cu έχει χαμηλές τιμές (10-44ppm) και φαίνεται να συνδέεται με το Mo. Οι προσδιορισμοί του Ba, Sr, Pb, Te, Se, As, Sb, και Mo έγιναν με τη μέθοδο "Multi Acid" ICP, στα εργαστήρια της OMAC στην Ιρλανδία.

### 3.2 Το επιθερμικό Σύστημα της Μαυροκορυφής

**Γεωλογία:** Το επιθερμικό σύστημα της Μαυροκορυφής βρίσκεται δυτικά του Περάματος και σε κέντρο του τεκτονικού βυθίσματος Πετρωτών (Σχ. 1). Έχει έκταση 600 X 600 μ. και περιβάλλεται από ανδειτικούς τόφφους. Η στενή περιοχή της Μαυροκορυφής δομείται από υαλοκλαστίτες, κρυσταλλοκλαστικούς τόφφους και υαλοποιημένα ηφαιστειακά πετρώματα με πορφυριτικό ιστό και μικροκρυσταλλική κύρια μάζα. Σε αυτά τα πετρώματα οι φαινοκρύσταλλοι έχουν μετατραπεί σε ύαλο. Η κύρια ορυκτολογική τους σύσταση είναι σπάλιος, τριδυμίτης, χαλαζίας και καολίνη.

**Εξαλλοιώσεις:** Στο επιθερμικό σύστημα της Μαυροκορυφής διακρίνονται δύο τύποι εξαλλοιώσεως. Η πυριτική (οπαλιτίωση) και η προχωρημένη αργιλική. Η πυριτική εξαλλοίωση έχει προσβάλλει τους αρχικούς ηφαιστίτες και έχει προκαλέσει υαλοποίηση των πρωτογενών ορυκτών. Χαρακτηριστικά ορυκτά των υαλοποιημένων πετρωμάτων είναι ο σπάλιος και ο τριδυμίτης +/- αλουνίτης και σιδηροπυρίτης. Η προχωρημένη αργιλική εξαλλοίωση αναπτύσσεται περιφερειακά της πυριτικής, με χαρακτηριστικά ορυκτά τον καολίνη +/- αλουνίτη, σπάλιο, τριδυμίτη και χαλαζία.

**Τεκτονική - Μεταλλοφορίες:** Τα ρήγματα με ΒΔ διεύθυνση αποτελούν την κύρια τεκτονική δομή και είναι αυτά με τα οποία συνδέονται κατ' εξαρχήν οι μεταλλοφορίες. Τα ρήγματα αυτά έχουν διάφορες διευθύνσεις (340°, 320°, 310°) και μεγάλες κλίσεις προς τα ΒΑ ή ΒΔ. Λιγότερο συχνά και με μικρότερη ένταση απαντούν ρήγματα διεύθυνση Β-Ν και ΒΑ (60°). Η συστηματική δειγματοληψία από τις διάφορες ζώνες εξαλλοιώσεως και από τις ρηξιγενείς ζώνες – ιδιαίτερα αυτές με ΒΔ διεύθυνση – έδειξαν χαμηλές περιεκτικότητες σε Au (<0,3 gr/t). Στις βορειοδυτικές ζώνες μαζί με το σιδηροπυρίτη και μαρκασίτη εντοπίζονται και μικροί κόκκοι λουρονίτη (Βουδούρης και Σκαρπέλης 1998).

Σύμφωνα με τους παραπάνω συγγραφείς η μεταλλοφορία αποτελείται από ακανόνιστες συγκεντρώσεις θειούχων και θειοαλάτων. Εκτός των παραπάνω ορυτών, αναφέροντας επίσης τετραεδρίτης και σφαλερίτης.

### 3.3 Το επιθερμικό σύστημα του Οδοντωτού

**Γεωλογία:** Το επιθερμικό σύστημα του Οδοντωτού βρίσκεται στο δυτικό – νοτιοδυτικό τμήμα του τεκτονικού βυθίσματος των Πετρωτών και αναπτύσσεται μέσα σε όξινο ηφαιστειακό σχηματισμούς (Σχ. 1). Η έντονη εκρηξιγενής ηφαιστειότητα που έπληξε την περιοχή δημιούργησε μεγάλη ποικιλία πυροκλαστικών πετρωμάτων, η υφή των οποίων υποδηλώνει τήγμα πλούσιο σε πτητικά συστατικά, που διέφυγαν βίαια κατά την έκρηξη. Με βάση το μέγεθος και το σχήμα και το είδος των ηφαιστειακών θραυσμάτων στα δείγματα που μελετήθηκαν, καθώς και με το αν ήταν ασύνδετα ή συμπαγή, διακρίνονται οι παρακάτω τύποι με βάση τους Schmid, (1981) και Meyer-Marsilius, (1986) : Τέφρα ( ασύνδετο πυροκλαστικό λατυποπαγές βομβών, λατυπών, λιθαρίων και σποδού, Σχ. 8), λαπιλλικοί τόφφοι (λιθικοί, κρυσταλλικοί, υελώδεις - welded lapilli tuffs, Σχ. 9), κισσηρώδεις, πολύμικτο η/ και στρωμένο τόφφοι, (flow banded pumice tuff and ignibrite).

**Εξαλλοιώσεις:** Στη περιοχή του Οδοντωτού διακρίνονται τέσσερις τύποι εξαλλοιώσεως: 1) Πυριτική εξαλλοίωση 2) Εξαλλοίωση με αλουνίτη (λατυποπαγές) 3) Προχωρημένη αργιλική εξαλλοίωση

και 4) Εξαλλοίωση σερικήτη ( $\pm$  ανθρακικά). Η πυριτική εξαλλοίωση παρουσιάζει τη μορφή "silica cap", και διακρίνεται σε συμπαγή και σπογγώδη μορφή ("vuggy ή spongy silica"). Και στις δύο περιπτώσεις το πέτρωμα αποτελείται αποκλειστικά από λεπτοκρυσταλλικό χαλαζία, ο οποίος είναι συνήθως στρωματώδης και συνοδεύεται από αιματίτη. Η εξαλλοίωση με αλουνίτη (αλουνιτικό λατυποπαγές) έχει επηρεάσει κυρίως τους κρυσταλλικούς και υαλώδεις τόφφους και λατυποποιημένες περιοχές μέσα στην πυριτική ζώνη. Ο αλουνίτης αναπτύσσεται συνήθως σε μικρά έγκοιλα ή αντικαθιστά πλούσια ορυκτά (Σχ. 10). Στη ζώνη του αλουνίτη σημαντική ανάπτυξη παρουσιάζουν και τα σιδηροξείδια. Στην περιφέρεια της πυριτικής και της αλουνιτικής ζώνης αναπτύσσεται η ζώνη της προχωρημένης αργιλικής εξαλλοίωσης, όπου εντοπίστηκαν οπάλιος, χαλαζίας, καολινίτης  $\pm$  μοντμοριλλονίτης, χριστοβαλίτης, αιματίτης και γκαϊπίτης. Τις προαναφερθείσες ζώνες εξαλλοίωσης επικαλύπτει η ζώνη εξαλλοίωσης με σερικήτη ( $\pm$  ανθρακικά ορυκτά), η οποία αναπτύσσεται κυρίως στους ρυολιθικούς δόμους.

**Τεκτονική - Μεταλλοφορίες:** Κύρια δομή στην περιοχή αποτελεί το δυτικό κύριο ρήγμα (lineament), με διεύθυνση  $340^\circ - 345^\circ$  και κλίση δυτική, το οποίο ελέγχει την ανάπτυξη του τεκτονικού βυθίσματος των Πετρωτών και των όξινων υποθηφαιστικών πετρωμάτων. Στην περιοχή του Οδοντωτού, όπως και στην περιοχή του Περάματος, επικρατούν οι ρηξιγενείς ζώνες με διεύθυνση ΒΝ και κλίσεις κάθετες έως  $60^\circ$  / δυτικά. Οι ρηξιγενείς ζώνες με ΒΔ διεύθυνση ( $340^\circ$  και κλίση  $65-90^\circ$  ανατολικά ή δυτικά) είναι περιορισμένες. Μεγαλύτερη ανάπτυξη φαίνεται να έχουν οι ρηξιγενείς ζώνες με ΒΑ διεύθυνση ( $35^\circ$ ), οι οποίες διασταυρώνονται με τις προαναφερθείσες ζώνες.

Ο χρυσός στην περιοχή του Οδοντωτού, όπως και στο Πέραμα (Σχ. 11), έχει εντοπισθεί μέσα σε χαλαζία της πυριτικής ζώνης, που αναπτύσσεται σε όξινους λαπιλικούς τόφφους. Στο ίδιο πέτρωμα εκτός του χαλαζία συναντώνται αλουνίτης, χριστοβαλίτης και αιματίτης. Γενικά οι περιεκτικότητες του χρυσού στα πετρώματα της περιοχής του Οδοντωτού είναι πολύ χαμηλές ( $<0,5$  ppm Au).

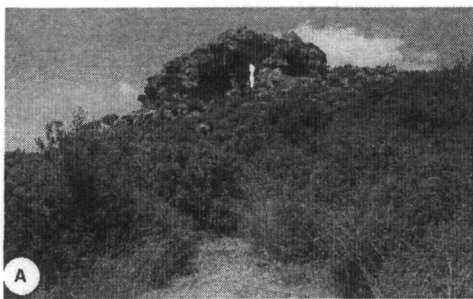
#### 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Στο τεκτονικό βύθισμα των Πετρωτών εντοπίζονται υδροθερμικές εξαλλοιώσεις οι οποίες φιλοξενούν χρυσό. Με βάση τα φιλοξενούντα πετρώματα και τις ορυκτολογικές παραγενέσεις που επικρατούν στις ζώνες εξαλλοίωσης διακρίνονται τρία επιμέρους επιθερμικά συστήματα που είναι: 1. Του Περάματος 2. Της Μαυροκορυφής και 3. Του Οδοντωτού.
2. Τα πετρώματα που έχουν υποστεί εξαλλοίωση είναι κυρίως επικλαστικοί ψαμμίτες και πυροκλαστικά διαφόρων τύπων, ενδιάμεσης και όξινης σύστασης.
3. Οι κύριοι τύποι εξαλλοίωσης είναι η πυριτική και η αργιλική. Με μικρότερη ένταση συνυπάρχουν η αλουνιτική εξαλλοίωση και η εξαλλοίωση σε μοσχοβίτη - σερικήτη ( $\pm$  ανθρακικά ορυκτά), η οποία επικαλύπτει τις προηγούμενες.
4. Η πυριτική εξαλλοίωση εμφανίζεται συχνά με τη μορφή "silica cap" και "sinter". Το  $\text{SiO}_2$  σχηματίζει κρυσταλλικό χαλαζία, αδρόκοκκο (με ή χωρίς ζώνωση) και λεπτόκοκκο καθώς και οπάλιο. Στις χαλαζιακές φλέβες παρατηρούνται κολλοειδείς και σπογγώδεις ιστοί.
5. Ο χρυσός στο επιθερμικό σύστημα του Περάματος είναι υπομικροσκοπικός, διάσπαρτος και φιλοξενείται στο φλεβικό χαλαζία και στα οξειδωμένα τμήματα του κοιτάσματος. Στο βάθος συνδέεται με τα θειούχα, κυρίως με τον σιδηροπυρίτη και τα τελουρίδια χρυσού - αργύρου.
6. Τα επιθερμικά συστήματα του Οδοντωτού και της Μαυροκορυφής εμφανίζουν χαμηλές περιεκτικότητες σε χρυσό και χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση με σκοπό την μελέτη των κατώτερων τμημάτων του επιθερμικού συστήματος και τον πιθανό εντοπισμό μεγαλύτερων συγκεντρώσεων χρυσού στο βάθος.
7. Με βάση τους χαρακτηριστικούς τύπους εξαλλοίωσης και χαρακτηριστικά ορυκτά του μεταλλεύματος (εναργίτης) τα επιθερμικά συστήματα της περιοχής Πετρωτών ταξινομούνται ως υψηλής θεϊκότητας συστήματα.

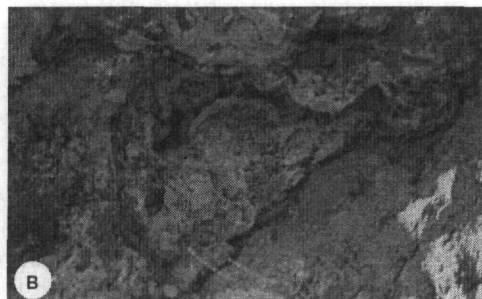
#### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Arikas K. and Voudouris P., 1998. Hydrothermal alterations and mineralizations of magmatic rocks in the South eastern Rhodope massif. Acta volcanologica, 10, 353, - 365.
- Βουδούρης, Π., & Σκαρπέλης, Ν., 1998. Μεταλλοφορίες επιθερμικού χρυσού-αργύρου, στις περιοχές Περάματος και Λήμνου. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, τομ. XXXIII/3, 125-135.

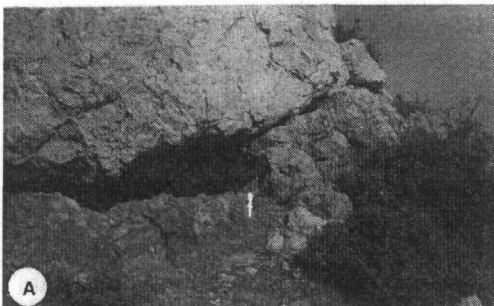
- Μιχαήλ, Κ., Παπαδόπουλος, Π., Μάραντος, Ι., Ευαγγέλου, Ε., 1988. Επιθερμικές μεταλλοφορίες χρυσού στην περιοχή του Κώνου, Αν. Ροδόπης. Εσωτερική έκθεση ΙΓΜΕ.
- Μιχαήλ, Κ., 1993. Γεωλογία και Γεωχημεία του επιθερμικού κοιτάσματος χρυσού, περιοχής Κώνου. Εσωτερική έκθεση ΙΓΜΕ.
- Μιχαήλ, Κ., Παπαδόπουλος, Π., 1994. Κοιτασματολογική Έρευνα στην ευρύτερη περιοχή Κώνου (Περιοχή Ν. Σάντα, Δαρμίνη, Σκάλωμα, Αγρα, Σκιάδα). *Εσωτερική έκθεση ΙΓΜΕ*.
- Μιχαήλ, Κ. 2001. Κοιτασματολογικοί τύποι πρωτογενούς χρυσού στη Θράκη και προοπτικές. Πρακτικά ημερίδας – Ξάνθη – 14-11-2002, 50 χρόνια ΕΓΕ.
- Παπαδόπουλος Π., 1982 Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο Μαρώνια κλίμακα 1:50.000 ΙΓΜΕ ΑΘΗΝΑ
- Dewey, S.E., Pittman III, W.C., Ryan, W.B.F. and Bonnin, J., 1973. Plate tectonic evolution of the Alpine system. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 84.
- Frass, A., Hegewald, S., Kloos, R. M., Tesch, C. and Arikas K. 1990. The geology of the graben of Petrola (Thrace, NE Greece). *Geol. Rhodopica*, 2, 50 – 63.
- Lescuyer, S.L., Bailly L., Cassard, A.L.W., Piantone P., 2003. Sediment-hosted gold in South-eastern Europe: The epithermal deposit of Perama, Thrace, Greece. *In Mineral Exploration and Sustainable Development, Eliopoulos et. Al. (eds). Vol. 1. 499-502.*
- Mackenzie D., 1972. Active tectonics of Mediterranean regio. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 30, 109-185.
- McAlister, M., Hammond M.J., Normand D., Kampasakalis M., 1999. Discovery case history for the Perama Hill Gold deposit, Greece. *Conference Proceedings, New generation Gold Mines '99, 22-23 November 1999, Perth, Western Australia.*
- Meyer-Marsilius, H.J., 1986. Die moderne Nomenklatur der Pyroklastischen Ablagerungen. *Aufschluss*, 37, 101-108.
- Scarpelis, N., 1999. Exploration for erithermal gold in SW Thrace, Greece : New target areas, In : *Mineral deposits : Processes to Processing* (ed : C. I. Stanley et al.) 589 – 592.
- Schmid, R., 1981. Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic Deposits and Fragments. Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematic of Igneous Rocks. *Geol. Rundsch.*, 70, H. 2, 794-799.
- Voudouris P., Melfos V., Vavelidis, M., Arikas, K., 2003 Genetic relation between the Tertiary Porphyry Cu ( $\pm$ mo) and the epithermal Au ( $\pm$  Ag ) deposits in the Rhodope metallogenic province, Thrace region, Northern Greece. In : *Mineral Exploration and sustainable Development*. Eds : Eliopoulos et al. 541 – 544.



Σχήμα 2. Πυριτικό καπέλο (Silica Cap) στο Λόφο Περάματος.



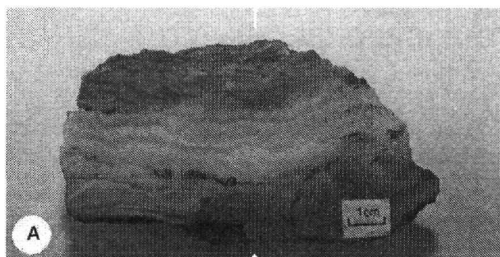
Σχήμα 3. Χαλαζαϊκή φλέβα στο Πέραμα. SiO<sub>2</sub> με κολλοειδείς και φλοιώδεις μορφές.



Σχήμα 4. Οπαλιούχο χαλκηδονοιδές κάλυμμα (Silica Sinter), στο Βράχο Περάματος.



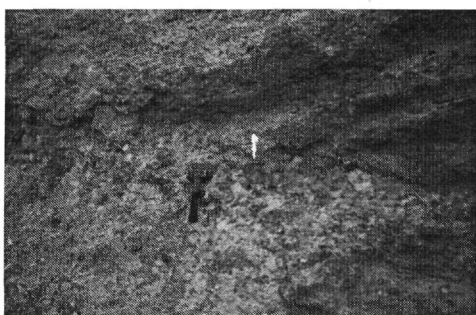
Σχήμα 5. Μικροφλεβίδια χαλκηδονίου (10-20 cm) , στο Βράχο Περάματος.



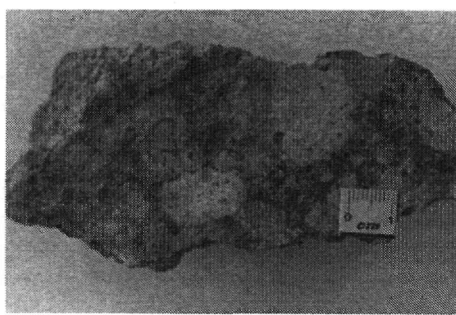
Σχήμα 6. Κολλοειδείς και ζωνώδεις μορφές χαλαζία στο Πέραμα.



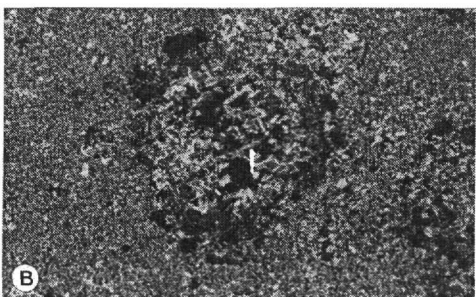
Σχήμα 7. Κτενοειδής και ζωνώδης χαλαζίας στο Πέραμα.



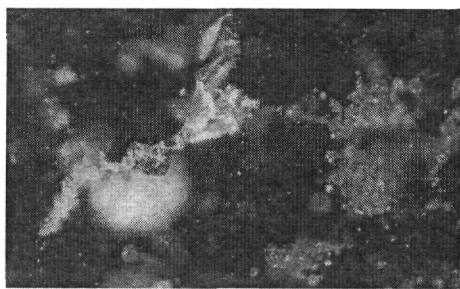
Σχήμα 8. Ασύνδετο πυροκλαστικό υλικό (ηφαιστειακή τέφρα), στο Οδοντώ.



Σχήμα 9. Λαπιλικός τόφος στο Οδοντώ.



Σχήμα 10. Μικροσφαιρόλιθος Αλουνίτη στο Οδοντώ. X100, //N.



Σχήμα 11. Φυλλάρια χρυσού στο Πέρασμα (<10μ.). Μικροφωτογραφία X 320, + N, και λάδι.

## ABSTRACT

### **HYDROTHERMAL ALTERATION AND MINERALIZATION OF THE PETROTA EPITHERMAL SYSTEMS (W. THRACE, GREECE)**

Michael K.<sup>1</sup>, Dimitroula M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> I.G.M.E., Mprokoumi Str. 30, 67100 Xanthi, [conmichael@in.gr](mailto:conmichael@in.gr)

<sup>2</sup> I.G.M.E., Mesogion Str. 70, 115 27, Athens, [mdimitr@igme.gr](mailto:mdimitr@igme.gr)

At the Petrota graben important epithermal zones are developed. On the basis of the mineral assemblages of alteration zones and the type of the host rocks, the epithermal zones can be grouped into three epithermal systems:

1. Perama epithermal system
2. Mavrokoryfi epithermal system and
3. Othondoto epithermal system

Hydrothermal alteration zones are developed within volcanoclastic rocks – epiclastic sandstones, andesite tuffs (Perama epithermal system), hyaloclastites (Mavrokoryfi) and rhyolitic rocks (Othondoto). Silicification (in various types) and advanced argillic alteration are the most important alteration zones and are established on the largest scale. Ore mineralisation occurs as veins, veinlets in silicification zones or secondary mineralisation in the supergene zone (Perama epithermal system). Disseminated ore mineralization is also found in the silicification zone at Othondoto and Mavrokoryfi epithermal systems.

Based on the geological environment, the type of hydrothermal alteration zones (silicification and advanced argillic alteration) and the mineral composition of the ore (enargite-luzonite), the hydrothermal systems of Petrota graben can be referred as high sulfidation systems.