

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΡΙΤΟΓΕΝΩΝ ΖΕΟΛΙΘΙΚΩΝ ΠΥΡΟΚΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΤΑΞΑΔΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

I. ΜΑΡΑΝΤΟΥ, Γ. ΚΟΣΙΑΡΗ, Σ. ΚΑΡΑΝΤΑΣΗ, Γ. ΓΡΗΓΟΡΙΑΔΗ

ABSTRACT

The pyroclastics of Metaxades area were studied in terms of the zeolite exploration that is undertaken by I.G.M.E. in the Tertiary pyroclastics of the Evros county. The pyroclastics consist of coarse to fine ash tuffs and show an intense alteration to clinoptilolite including minor amounts of clay minerals and cristobalite. The clinoptilolite content in the tuffs as indicated by C.E.C. measurements range from 29-45%. The formation mechanism of the alteration assemblage is discussed.

ΣΥΝΟΨΗ

Τα πυροκλαστικά της περιοχής των Μεταξάδων μελετήθηκαν από το Ι.Γ.Μ.Ε., στα πλαίσια της έρευνας για εντοπισμό ζεολίθων σε τριτογενή πυροκλαστικά της Ανατολικής Θράκης. Τα πυροκλαστικά αποτελούνται από αδρόμερείς-λεπτομερείς υαλοτόφους και δείχνουν μία έντονη εξαλλοίωση σε κλινοπτιλόλιθο, χριστοβαλίτη και αρχαϊκά ορυκτά. Το ποσοστό του κλινοπτιλόλιθου στους τόφους όπως προκύπτει από αναλύσεις ιοντοανταλλακτικής ικανότητας κυμαίνεται από 29 μέχρι 45%. Η γένεση των ζεολίθων στην περιοχή συζητείται.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια οι φυσικοχημικές ιδιότητες των φυσικών ζεολίθων έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον αρκετών ερευνητών και ένα πλήθος εφαρμογών έχει αναπτυχθεί στην βιομηχανία, γεωργία, κτηνοτροφία, ιχθυοκαλλιέργειες κ.α.

Το Ι.Γ.Μ.Ε. στα πλαίσια της έρευνας για εντοπισμό κοιτασμάτων ζεολίθων στον Ελλαδικό χώρο μελέτησε και τα πυροκλαστικά των Τριτογενών λεκανών της Ανατολικής Θράκης. Η μελέτη αυτή αναφέρεται στα μέχρι σήμερα αποτελέσματα της έρευνας στους ζεολιθικούς τόφους της περιοχής των Μεταξάδων.

Οι Μεταξάδες βρίσκονται 120km περίπου, βόρεια από την Αλεξανδρούπολη, (Σχ. 1), στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Στην παραπάνω περιοχή από εκατονταετίας και πλέον λειτουργούν λατομεία, από τα οποία εξορύσσεται τοφφικό υλικό και χρησιμοποιείται στην οικοδομική.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή που μελετήθηκε είναι ένα τμήμα της Τριτογενούς λεκάνης της Ορεστιάδας. Η ανάπτυξη της παραπάνω λεκάνης αρχίζει κατά το Άνω Ηώκαινο, ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ (1977), επί των μεταμορφωμένων σχηματισμών της Ροδοπικής μάζας και της Περιροδοπικής ενότητας.

Το άνω Ηώκαινο χαρακτηρίζεται από ιζήματα μολασσικού τύπου. Οι λιθολογικοί

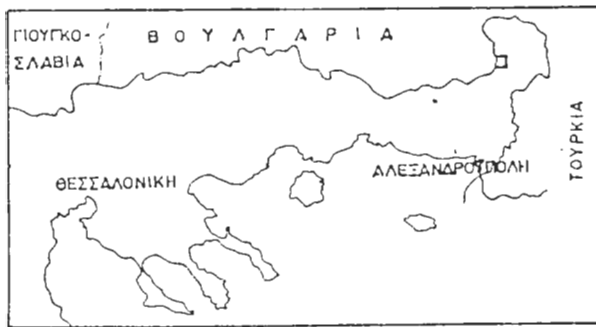
* I.G.M.E., Xanthi Branch, 30 Brokoumi Str, 671 00 Xanthi, Greece

** I.G.M.E., 70 Messogion Str, 115 27 Athens

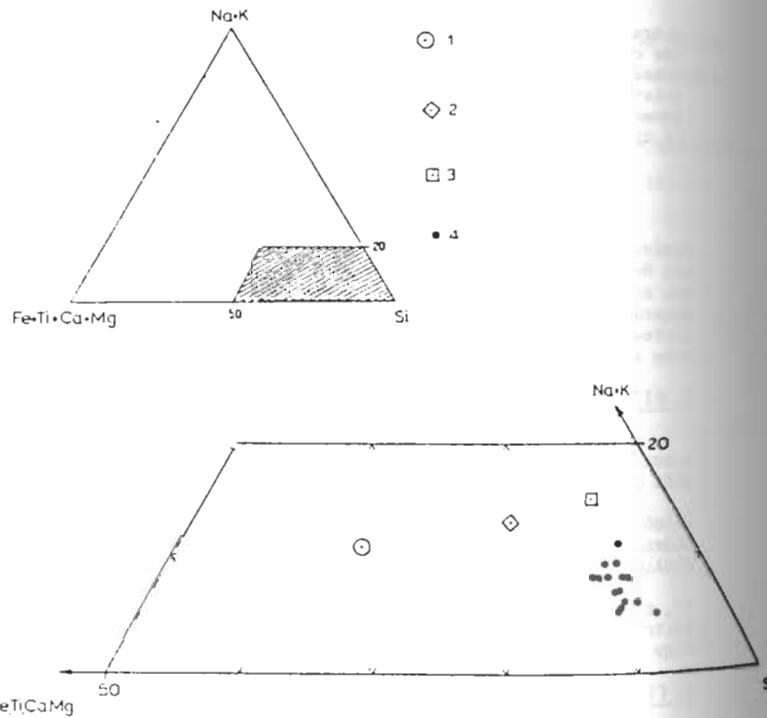
MARANTOS I.*, KOSHIARIS G.**, KARANTASI S.**, GREGORIADIS G.*

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

A STUDY ON ZEOLITIC ALTERATION OF TERTIARY PYROCLASTICS FROM METAXADES AREA, EVROS COUNTY, GREECE.



Σχ.1: Περιοχή που μελετήθηκε
Fig 1: Studied area



Σχ.2: Χημισμός τύφων Μεταξάδων

1. Ασβεστοαλκαλικοί Ανδεσίτες (Jakes & White 1972)
2. Ασβεστοαλκαλικοί Δακίτες (Jakes & White 1972)
3. Ρυόλιθος (Carmichael et al 1974)
4. Χημικές αναλύσεις τύφων Μεταξάδων

Fig.3: Chemistry of tuffs of Metaxades area

1. Calc-Alkaline Andesite (Jakes & White 1972)
2. Calc-Alkaline Dakite (Jakes & White 1972)
3. Rhyolite (Carmichael et al 1974)
4. Chemical analyses of tuffs from Metaxades area

τύποι που απαντούν είναι: κροκαλαγή, λατυποπαγή, ψαμίτες, άργιλοι και μάργες και η σειρά του Άνω Ηώκαινου, κλείνει με την απόθεση νομούλιτικών ασβεστολίθων. Τα πυροκλαστικά των Μεταξάδων ο ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ(1977) τα τοποθετεί πάνω από τους ασβεστολίθους, ενώ οι ΚΟΣΙΑΡΗΣ κ.α.(1987) κάτω από αυτούς. Το Ολιγόκαινο καλύπτει το Ηώκαινο με μικρή ασυμφωνία η οποία δεν είναι παντού ορατή. Η ιζηματογένεση στο Ολιγόκαινο αρχίζει με αργίλους και μάργες ενώ στα Ανώτερα τμήματα εμφανίζονται ψαμίτες και παρεμβολές ασβεστολίθων. Τόσο στο Άνω Ηώκαινο όσο και στο Ολιγόκαινο απαντούν εμφανίσεις λιγνιτών. Το Νεογενές απουσιάζει και οι νεώτερες αποθέσεις είναι ηπειρωτικές και ποταμοχειμάρειες.

3. ΠΥΡΟΚΛΑΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΞΑΔΩΝ

Τα πυροκλαστικά της περιοχής των Μεταξάδων είναι μέσο μέχρι παχυστρωματώδη (πάχος στρώσεων 10cm, μέχρι 1m) και το συνολικό τους πάχος δεν υπερβαίνει τα 30m. Τα διάφορα στρώματα συνήθως δεν είναι ενιαία, αλλά αποτελούνται από εναλλαγές στρώσεων λεπτομερούς με αδρομερές υλικό το χρώμα του οποίου άλλοτε είναι λευκό και άλλοτε υποπράσινο. Στα κατώτερα τμήματα παρατηρούνται lapilli από τα υποκείμενα. Οι στρώσεις χαρακτηρίζονται από την παρουσία ιζηματοδομών όπως slumping και ανάπτυξη φυλλαρίων βιοτίτη σε σταυρωτή στρώση. Σε ορισμένα τοφικά στρώματα παρατηρήθηκαν σπολιώματα των γενών Pecten και Chlamys.

Στα ανώτερα τμήματα παρατηρήθηκε έντρωση μικριτικού ασβεστολίθου, στην οποία εντοπίσθηκε πανίδα πλαγκτονικών τμηματοφόρων. Από την αξιολόγηση της πανίδας προκύπτει ηλικία απόθεσης κάτω Ολιγοκαινική για τους μικριτικούς ασβεστολίθους και περιβάλλον απόθεσης ανοιχτής θάλασσας.

Συγκεκριμάντας τα στοιχεία που παραθέσαμε, θεωρούμε ότι τα πυροκλαστικά των Μεταξάδων αποτέθηκαν σε ένα θαλάσσιο περιβάλλον

4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Από τα διάφορα τοφικά στρώματα πάρθηκαν δείγματα τα οποία μελετήθηκαν εργαστηριακά. Η ορυκτολογική σύσταση των τόφων προσδιορίστηκε με την μέθοδο της περιθλασιμετρίας των ακτίνων Χ. Ο τρόπος ανάπτυξης των ορυκτών εξαλλοίωσης μελετήθηκε σε πολωτικό μικροσκόπιο. Οι χημικές αναλύσεις έγιναν με την μέθοδο της ατομικής απορρόφησης και οι μικροαναλύσεις σε μικροαναλυτή τύπου JEOL SUPERPROBE 733. Η ιοντοανταλλακτική ικανότητα των τόφων μετρήθηκε με την μέθοδο, ΚΟΖΑC and ΟCΕΝΑΣ(1982).

5. ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ - ΕΞΑΛΛΟΙΩΣΗ ΠΥΡΟΚΛΑΣΤΙΚΩΝ

Από την μελέτη των πυροκλαστικών σε πολωτικό μικροσκόπιο φαίνεται ότι αποτελούνται από εξαλλοιωμένα θραύσματα γυαλιού και γυαλί με κισσηρώδη υφή. Στην συγκρότηση του πετρώματος συμμετέχουν επίσης θραύσματα κρυστάλλων χαλαζία, καλιούχων αστερίων και πλαγιοκλάστων, φυλλάρια βιοτίτη, ενώ σπανιότερα απαντούν θραύσματα κερουσίβης, μοσχοβίτη και ζιρκονίου. Το συνδετικό υλικό, όταν υπάρχει είναι υελώδους φύσης. Τα διάφορα ορυκτολογικά συστατικά παρουσιάζουν καλή ταξιθέτηση (sorting). Η συμμετοχή των θραυσμάτων των κρυστάλλων ποικίλει από αμελητέα μέχρι και 50%.

Από την πετρογραφική παρατήρηση τα πυροκλαστικά των Μεταξάδων χαρακτηρίζονται σαν όξινοι αδρομερείς έως λεπτομερείς υαλοτόφνοι.

Από διάφορα τοφικά στρώματα έγιναν ενδεικτικά χημικές αναλύσεις (Πιν.Ι) και προβλήθηκαν στο διάγραμμα Na+K - Si - Ca+Mg+Fe+Ti, όπου προβλήθηκαν επίσης για σύγκριση οι μέσες χημικές συστάσεις ασβεστοαλκαλικών ανδεσιτών και δακιτών κατά JAKES and WHITE(1972), και ρυολίθων κατά CARMICHAEL et al (1974).

Από την προβολή των χημικών αναλύσεων των τόφων των Μεταξάδων στο παραπάνω διάγραμμα(Σχ.2), φαίνεται ότι οι τόφοι έχουν ρυολιθική σύσταση και παρατηρείται μία έλλειψη σε αλκάλια η οποία πιθανόν να οφείλεται σε μεταβολές κατά την εξαλλοίωση.

Τα ορυκτά εξαλλοίωσης τα οποία προσδιορίσθηκαν είναι: κλινοπιλόλιθος, χριστοβαλίτης και αργιλικά ορυκτά. Για την πιστοποίηση του κλινοπιλόλιθου έγινε σε αρκετά δείγματα το θερμικό τέρστ κατά ΒΟΛΕS (1972).

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

	MB-23	MB-24	MB-25	MB-27	MB-28	MB-30	MB-31	MB-33	MB-35	MB-39	MB-40	MB-44	MB-45	MB-50
SiO ₂	70,10	70,35	69,02	71,30	69,50	70,10	69,50	71,10	69,15	70,15	70,10	70,92	71,50	65,12
Al ₂ O ₃	11,78	11,59	12,35	10,84	12,04	11,97	12,35	12,54	12,54	11,78	11,97	12,54	11,78	12,53
FeO	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,19	0,54	0,00	0,54
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	1,01	2,45	2,59	2,43	2,12	2,34	2,86	1,18	2,10	0,82	2,61	0,65	1,72	5,63
Σ	8,70	5,33	7,01	6,57	6,98	6,26	7,29	6,40	8,20	7,70	6,96	7,58	6,94	6,73
Τοιές	99,99	99,97	99,90	99,61	99,72	99,53	99,78	99,59	99,24	99,27	99,42	99,42	99,60	99,42

Χημικά στοιχεία τήρων περιεκτικότητας Μεταξάνων

Από την πετρογραφική μελέτη προκύπτει ότι τόσο τα θραύσματα του γρασιού όσο και η υελώδης κύρια μάζα έχουν μετατραπεί σε μεγάλο βαθμό σε κλινοπιτλόλιθους; χριστοβαλίτη και αργιλικά ορυκτά.
 Τα αργιλικά ορυκτά σχηματίζουν συνήθως άλω εξαλλοίωσης γύρω από θραύσματα γρασιού (Φωτ.1). Ο κλινοπιτλόλιθος αντικαθιστά την κύρια μάζα και τα θραύσματα του γρασιού όπου αναπτύσσεται συνήθως κάθεται στα τοιχώματα πληρώνοντας πορικούς χώρους (Φωτ.2). Ο χριστοβαλίτης αναπτύσσεται σε σφαιρολιθική μορφή και καθιζάνει σε πόρους (Φωτ.3).

Για την μελέτη του χημισμού του κλινοπιτλόλιθου έγιναν ενδεικτικά ορισμένες μικροαναλύσεις (Πιν.ΙΙ).
 Από τις μικροαναλύσεις φαίνεται ότι η αναλογία Si/Al είναι ψηλή και θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν σαν ψηλού Si κλινοπιτλόλιθοι σύμφωνα με τον BOLES(1972), ενώ από την αναλογία δισθενών προς μονοθενή κατιόντα, χαρακτηρίζονται σαν ασβεστοπλούσιοι κλινοπιτλόλιθοι, ALIETTI et al (1977).

6. ΙΟΝΤΟΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ-ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΚΛΙΝΟΠΙΤΛΟΛΙΘΟ

Η μελέτη της ιοντοανταλλακτικής ικανότητας των κλινοπιτλόλιθικών τόφων, έγινε με τη χρήση διαλύματος χλωριούχου αμμωνίου 5N, σύμφωνα με τη μέθοδο KOZAC and OCENAS (1982).

Η περιεκτικότητα των τόφων σε κλινοπιτλόλιθο, σύμφωνα με τους παραπάνω είναι ανάλογη της ιοντοανταλλακτικής ικανότητας από την οποία και υπολογίσθηκε με τη χρήση προτύπων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ιοντοανταλλακτική ικανότητα επηρεάζεται από την παρουσία των αργιλικών. Επειδή όμως η συμμετοχή τους στο πέτρωμα είναι πολύ μικρή, θεωρούμε ότι οι περιεκτικότητες που προσδιορίστηκαν συγκλίνουν στις πραγματικές.

Από την αξιολόγηση των αναλύσεων (Πιν.ΙΙΙ), οι τόφοι των Μεταξάνων χαρακτηρίζονται σαν χαμηλής έως μέσης περιεκτικότητας σε κλινοπιτλόλιθο.

Από τη συνεκτίμηση ποσοτικών μετρήσεων και μελέτης λεπτών τομών φαίνεται ότι ο βαθμός ζεολιθοποίησης των τόφων εξαρτάται από το ποσοστό συμμετοχής του ηφαιστειακού γρασιού στο πέτρωμα και κύρια από το ποσοστό των υελώδων θραυσμάτων στα οποία παρατηρείται και η πιο έντονη εξαλλοίωση.

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως δείξαμε παραπάνω, οι ζεολιθικοί τόφοι των Μεταξάνων αποτέθηκαν σε θαλάσσιο περιβάλλον.

Σύμφωνα με τον IJIMA (1978), οι εμφανίσεις ζεολίθων σε θαλάσσιες αποθέσεις χωρίζονται στους παρακάτω πέντε γενετικούς τύπους:

1. Διαγένεση από ενταφιασμό
2. Μεταμόρφωση επαφής
3. Υδροθερμική εξαλλοίωση
4. Υποθαλάσσια υδροθερμική εξαλλοίωση
5. Εξαλλοίωση από κατισδύον μετεωρικό νερό

Με βάση τα γεωλογικά στοιχεία, τον χαρακτήρα των εξαλλοιώσεων και τον τρόπο ανάπτυξης των ορυκτών εξαλλοίωσης θεωρούμε άπιθανο τον σχηματισμό των ζεολίθων στην περιοχή από μεταμόρφωση επαφής, υδροθερμική εξαλλοίωση και υποθαλάσσια υδροθερμική εξαλλοίωση.

Οι SKARPELTIS and MARANTOS(1987) μελετώντας τους ζεολιθικούς τόφους της περιοχής Λευκίμης-Δαδιάς και λαμβάνοντας υπόψη την μεγάλη ανάπτυξη και ομοιομορφία της ζεολιθικής εξαλλοίωσης στο χώρο της Θράκης, σε αντίστοιχους γεωλογικά και πετρολογικά σχηματισμούς, προτείνουν σχηματισμό των ζεολίθων από διαγένεση ενταφιασμού σε παραπλήσιες συνθήκες.

Το βάθος ενταφιασμού κατά τη διαγένεση είναι δύσκολο να υπολογισθεί διότι μας είναι άγνωστος ο χρόνος της διαγένεσης, καθώς και το πάχος των υπερκείμενων που έχει διαβρωθεί.

Αν κατά το Ολιγόκαινο και όταν το πάχος των υπερκείμενων σχηματισμών ήταν μικρό χέρσασε η περιοχή, είναι πιθανόν ένα ανοιχτό υδρολογικό σύστημα να λειτουργήσει στην περιοχή, στο οποίο να οφείλεται ο σχηματισμός των ζεολιθικών εξαλλοιώσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ II

Μικροαναλύσεις κλινοπιλλόλιθων, αριθμός ατόμων σε βάση 72 οξυγόνων.

SiO ₂	67.10	67.26	66.58	66.78
Al ₂ O ₃	12.03	11.97	11.92	12.03
CaO	4.35	4.33	3.98	4.06
Na ₂ O	0.12	0.11	0.14	0.13
K ₂ O	1.66	1.71	2.14	2.10
Total	85.26	85.38	84.73	85.10
Si	29.96	29.98	29.95	29.93
Al	6.33	6.39	6.32	6.36
Ca	2.08	2.07	1.92	1.95
Na	0.10	0.10	0.12	0.11
K	0.95	0.97	1.23	1.20
Si/Al	4.73	4.77	4.73	4.71
Ca+Mg/K+Na	1.93	1.94	1.42	1.49
Al+Fe/Na+K+2(Ca+Mg)	1.21	1.21	1.22	1.22

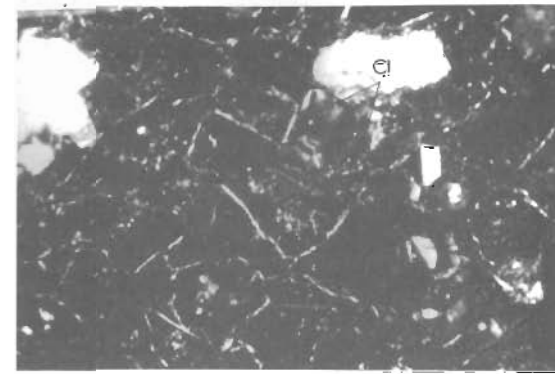
ΜΕΤΑΒΑΛΙΣΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ III

α/α	C.E.C.*%	κλινοπιλλόλιθος
MB-27	105.4	45
MB-28	87.8	37
MB-31	63.4	29
MB-33	53.6	36
MB-37	54.8	36
MB-38	84.6	35
MB-50	86.0	37

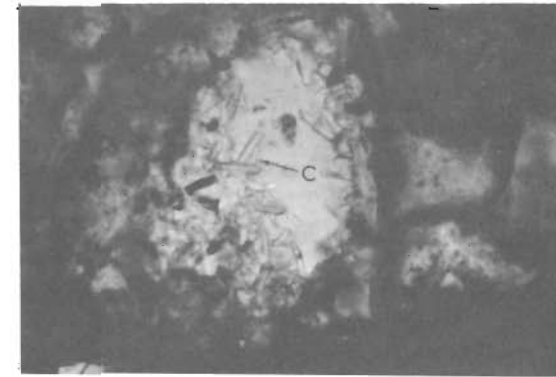
* Ο υπολογισμός του C.E.C. έγινε με χρήση NH₄Cl 5N

** Η περιεκτικότητα σε ασβέστιο έγινε από την C.E.C. με χρήση ουνιτεστών.



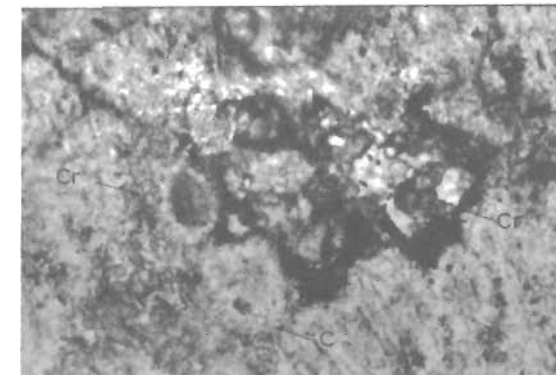
Phot. 1 : Ανάπτυξη αργιλικών ορυκτών (Cl) γύρω από θραύσματα γυαλιού. X100, I Nic.

Phot. 1 : Clay aggregates (Cl) surrounding glass shards, X100, I Nic.



Phot. 2 : Ανάπτυξη κρυστάλλων κλινοπιλλόλιθου (Cl) σε πόρους, X250, II Nic.

Phot. 2 : Clinoptilolite crystals (C), filling pore spaces, X250, II Nic.



Phot. 3 : Καθίζηση σφαιρολιθων χριστοβαλίτη (Cr), σε πορικό κενό X250, II Nic.

Phot. 3 : Cristobalite (Cr) precipitation in pore spaces, X250, II Nic.

Επομένως πλήρης στρωματογραφική ανάλυση και συστηματική μελέτη των υπερκρυσταλλικών και υποκρυσταλλικών σχηματισμών (αργιλικών, λιγνιτών) θα βοηθούσε στην λύση του προβλήματος της γένεσης των ζεολίθων στην περιοχή.

Ο τρόπος ανάπτυξης των αυθιγενών ορυκτών, περίβλημα αργιλικά, εσωτερικού κλινοπιλόλιθου και χριστοβαλίτης, δείχνει ένα μηχανισμό διάλυσης του ηφαιστειακού υαλιού από το νερό των πόρων, τροποποίηση της σύστασης των διαλυμάτων με αρχικό σχηματισμό αργιλικών, δημιουργία διαλυμάτων ικανών για σχηματισμό κλινοπιλόλιθου και τέλος καθίζηση χριστοβαλίτη.

Η περιεκτικότητα των τόφων σε κλινοπιλόλιθο είναι χαμηλή έως μέση. Εκλεκτική απόληψη των πύο πλούσιων στρωμάτων θεωρείται δύσκολη, λόγω του μικρού πάχους των διαφόρων στρώσεων και της συχνής εναλλαγής πύο πλούσιων με πύο φτωχές στρώσεις.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε και από τη θέση αυτή τους Δρ.Τσελεπίδη Β., και Σολάκιους Ν., για την μελέτη των μακρο και μικροσπολιθωμάτων αντίστοιχα, τον Δρ.Οικονόμου Γ., για τις μικροαναλύσεις των κλινοπιλόλιθων καθώς και την κ.Σ.Τσιαντάκη για τις αναλύσεις ιοντοανταλλακτικής ικανότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ALIVETTI A., BRIGATTI, M.F., L.POPPI (1977). Natural Ca-rich clinoptilolites (heulandites of group 3), new data and review. *N.Jb.Mineral.*, II, 11, 493-501.
- ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ Β.(1977): Γεωλογική μελέτη της περιοχής Δεδυμοτείχου-Πενταλόφου (λεκάνη Ορεστιάδας). Γεωλ.Γεωφ.Μελέτες Ι.Γ.Μ.Ε. Τομ.ΧVII, 2, 59 σελ.
- BOLES J.R.(1972). Composition, optical properties, cell dimensions and thermal stability of heulandites and clinoptilolites *Amer.Mineral.* 57, 1437-1451.
- CARMICHAEL I.S.E., TURNER F.J., VERHOOGEN J.(1974). *Igneous petrology*. Mc.Graw-Hill, 739 p.
- IIJIMA A.(1978). Geological occurrences of zeolite in marine environments. In *Natural zeolites, occurrences, properties, use*. L.Sand and Mumpton F.A.Eds, 175-198.
- ΚΟΣΙΑΡΗΣ Γ., ΚΑΡΑΝΤΑΣΗ Σ., ΓΡΗΓΟΡΙΑΔΗΣ Γ.(1987): Εμφάνσεις ζεολίθων στην Δ.Θράκη Ι.Γ.Μ.Ε. 37 σελ.
- KOZAC J., OCENAS D.(1982). Determination of clinoptilolite content in zeolitic tuffites. *Mineralia Slov.* 14, 549-552.
- SKARPELIS N. and MARANTOS I.(1987). Zeolitic alteration of Oligocene volcanics, Dadia-Lefkimi area W.Thrace, Greece. *First Bulgarian. Greek Symp.Smolen.* Abs.p.104.