

Πρακτικά	4ου Συνέδριου	Μάιος 1988
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XXIII/2	σελ. 487-498
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol. pag.	Aθήνα 1989 Athens

## ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΚΙΜΩΛΟΥ

Θ. ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ, Γ. ΧΡΙΣΤΙΔΗ

### ΣΥΝΟΨΗ

Πετρώματα της νήσου Κιμώλου που παρουσιάζουν σίκουρο μελετώνυμο τα ορυκτολογικά και πετρογενετικά. Προσδιορίστηκαν τα ορυκτά μοντμοριλόνιτης, καολίνης, κλινοπιτιλόλιθος, μορντενίτης, και δύοτριος και αλουνίτης.

Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι ο υδροθερμικός σύστημα που τραφοδοτείτο από θελαστινό νερό μετέτρεψε τις αρχικές υελίδεις λάρισες και τους τόσινους ανάλογα με το pH των διαλυμάτων, σε μπεντονίτες με ζεόλιθους, αυθιγενή καλιούχες άστροι, καολίνη, και σε αλουνίτη.

### A B S T R A C T

Rocks of economic interest from Kimolos island are studied mineralogically and petrogenetically. The minerals montmorillonite, klinoptilolite, mordenite, K-feldspar, kaolinite and alunite were determined. From this study it is concluded that a hydrothermal system supplied with sea water, altered the original vitric tuffs and lavas, to bentonites with zeolites and authigenic K-feldspar, kaoline and alunite according to the pH of the acting solution.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα πετρώματα της Κιμώλου δεν έχουν μελετηθεί μέχρι τώρα συστηματικά. Έχουν περιγραφεί μόνο οι πετρολογικοί τύποι καιώς και μερικές εμφανίσεις βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων (ΜΙΝΟΠΟΥΛΟΣ, 1980, 1981).

Η παρόντα μελέτη έχει σα σκοπό την ερμηνεία της γένεσης των βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων που εμφανίζονται στο βορειο-ανατολικό, ανατολικό και νότιο τμήμα του νησιού. Επειδή δεν υπήρχε γεωλογικός χάρτης έγινε και η αντίστοιχη χαρτογράφηση στις παραπάνω περιοχές.

### Θέση-έκταση-γεωλογία-εξαλλοιώσεις

Η Κίμωλος βρίσκεται στο ΝΔ τμήμα των Κυκλαδών, βορειοανατολικά της Μήλου. Η έκτασή της είναι 35,71 km<sup>2</sup>. Ανήκει στο ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου που εκτείνεται από τα

T. MARCOPoulos, G.CHRISTIDIS: The genesis of the industrial minerals and rocks in Kimolos island.

Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Θρυγκών, Πόρων, Ελευθ. Βενιζέλου 127, 73133 Χανιά. Α.Π.Θ.

ηφαίστεια της Κρομμυανίας μέχρι τη Μ.Ασία, και περιλαμβάνει την Αίγανα, τα Μέθανα, τον Πόρο, τη Μήλο, την Κίμωλο, τη Σαντορίνη, την Κω και τη Νίσυρο. Η ηφαιστειακή δράση στο τόξο άρχισε πριν από 3 εκ. χρόνια (INNOCENTI ET AL. 1979) και συνεχίζεται μέχρι σήμερα με τη μορφή των ατμίδων σε διάφορες θέσεις (Κρομμυανία, Σαντορίνη, Μήλος, Νίσυρος).

Τα μέχρι τώρα στοιχεία (ΜΙΝΟΠΟΥΛΟΣ, 1980, 1981) δείχνουν ότι η Κίμωλος καλύπτεται από λάβες, η σύσταση των οποίων κυμαίνεται από ρυοδακιτική έως ανδεσιτική, και πυροκλαστικά υλικά όπως τέφρας και ηφαιστειακή σπιδό.

Τα ηφαιστειακά αυτά υλικά έχουν εξαλλοιωθεί σε μεγάλο βαθμό, δημιουργώντας μία ποικιλία δευτερογενών ορυκτών εξαλλοίωσης. Οι εξαλλοιώσεις που παρατηρούνται είναι η μπεντονιτίωση που κατά τόπους συνοδεύεται από ζεολιτίωση, η καολινιτίωση και η αλουνιτίωση. Τα ορυκτά εξαλλοίωσης που παρατηρήθηκαν είναι ο μοντμοριλονίτης, ο κλινοπτιλόλιθος, ο μορντενίτης, ο καολινίτης, ο αλουνίτης, ο Κ-άστριος, ο σερινίτης και ο αλίτης.

#### Δειγματοληψία, ορυκτολογικοί προσδιορισμοί

Στα πλαίσια της δειγματοληψίας χαρτογραφήθηκαν ορισμένα τμήματα του νησιού (σχ. 1α). Οι θέσεις δειγματοληψίας σημειώνονται στο σχήμα 1β. Τα δείγματα K4 έως K9 ελήφθησαν από κοίτασμα μπεντονίτη με μορφή φλεβοειδούς κοίτης το οποίο εξορύσσεται.

Οι ορυκτολογικοί προσδιορισμοί έγιναν με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων X. Χρησιμοποιήθηκαν περιθλασίμετρα τύπου PHILIPS PW 1010 και PHILIPS PW 1041. Για τους προσδιορισμούς χρησιμοποιήθηκε ακτινοβολία CuKa και φίλτρο Ni. Οι συνθήκες ήταν 36KV, 20mA και η ταχύτητα γωνιομέτρου 1°/min για τα απλά δείγματα και 0,5°/min για το ιλασμά 2μ.

Από τα δείγματα K6, K7, K8 και K9 αποχωρίσθηκε το αντίστοιχο ιλασμά 2μ που επεξεργάστηκε με αιθυλενογλυκόλη και στη συνέχεια θερμάνθηκε διαδοχικά στους 110, 200, 350 και 550°C με σκοπό τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του κρυσταλικού πλέγματος του μοντμοριλονίτη, όπως φαίνεται στο σχ. 2.

#### Συζήτηση

Τα ορυκτά που προσδιορίστηκαν είναι ο μοντμοριλονίτης, ο καολινίτης, ο αλουνίτης καθώς επίσης και οι ζεόλιθοι κλινοπτιλόλιθος και μορντενίτης. Τα ορυκτά αυτά συνοδεύονται από θερμό C-T, οπάλιο-a, χαλαζία, Κ-άστριο, πλαγιόκλαστο, σερινίτη κλπ.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. A.ΤΘ

- χάρτης εξαλλοιώσεων  
 1 ούγχρονες αποθέσεις (κορήματα)  
 2 περιλιτικές λάβες  
 3 πυροκλαστικά υλικά κατά θέσεις μπεντονιτιωμένα  
 4 ηφαιστειακοί τόφοι κατά τόπους μπεντονιτιωμένοι  
 5 ρυοδακιτικές-δακιτικές λάβες με αντίστοιχα λατυποπλαγή  
 6 λάβες εξαλλοιωμένες

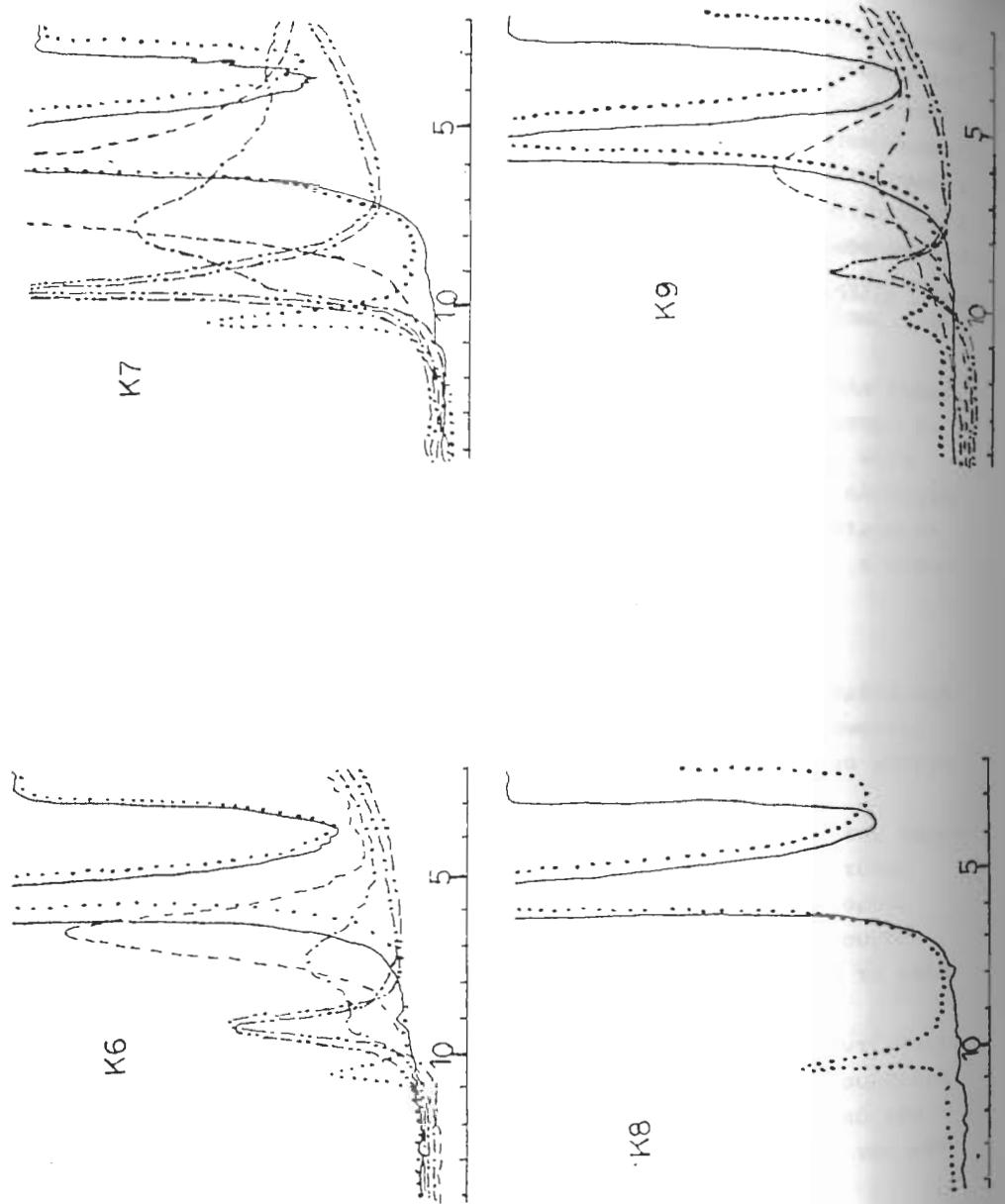
; Map of alterations



Σχ. 1β : Χάρτης δειγματοληψίας  
Fig.1β : Sampling map

	1
1	
2	
3	
4	
5	
6	





Ex. 2 : Ακτινογραφήματα κλάσματος  $\text{K}2\mu$  από μπεντονίτες.

- απλό ακτινογράφημα
- ..... επίδραση με αιθυλενογλυκόλη
- στους  $110^\circ\text{C}$
- στους  $200^\circ\text{C}$
- στους  $350^\circ\text{C}$
- στους  $550^\circ\text{C}$

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

αλίτη, όπως φαίνονται στον πίνακα 1.

### πίνακας 1

#### δείγμα

K3

K4

K5

K6

K7

K8

K9

K10

K11

K12

K13

K16

K17

K18

K19

K20

K24

K25

K26

K27

K32

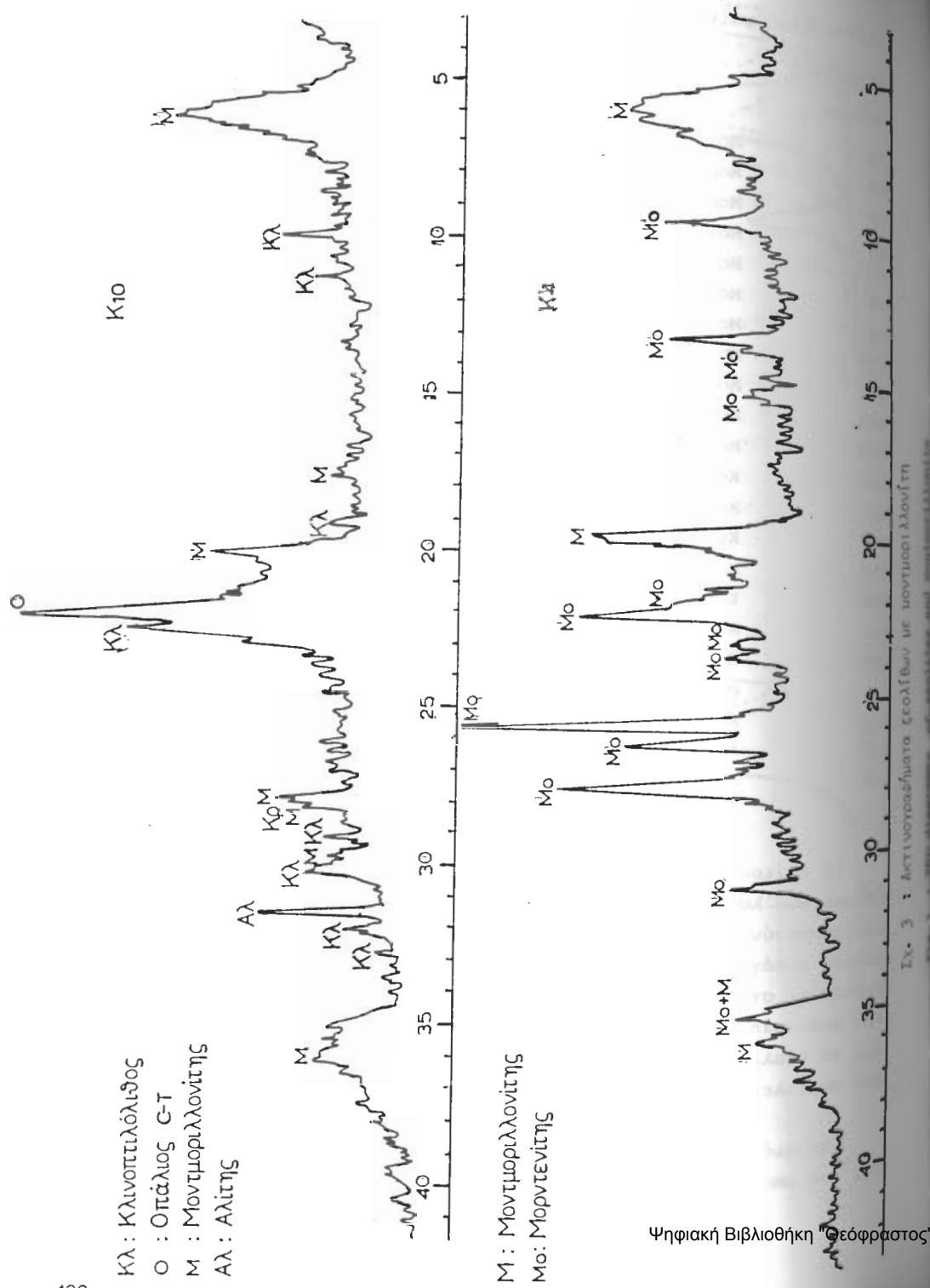
#### Ορυκτολογική σύσταση

- Μοντμοριλλονίτης + οπάλιος C-T
- Μορντενίτης + μοντμοριλλονίτης
- Μορντενίτης + μοντμοριλλονίτης + οπάλιος C-T
- Μοντμοριλλονίτης + οπάλιος C-T + Κ-άστριος
- Μοντμοριλλονίτης + Κ-άστριος
- Μοντμοριλλονίτης + Κ-άστριος + οπάλιος C-T
- Μοντμοριλλονίτης + Κλινοπτιλολιθος+οπάλιος C-T+αλίτης
- Μοντμοριλλονίτης+οπάλιος C-T+χαλαζίας
- Μοντμοριλλονίτης + οπάλιος C-T + χαλαζίας
- Μοντμοριλλονίτης+κλινοπτιλολιθος+Κ-άστριος+πλαγιόνιλαστο
- Καολινίτης + μοντμοριλλονίτης+οπάλιος C-T+αλίτης
- Μοντμοριλλονίτης + οπάλιος C-T
- Καολινίτης + χαλαζίας
- Μοντμοριλλονίτης+Κ-άστριος+χαλαζίας+πλαγιόνιλαστο
- Καολινίτης + χαλαζία
- Μοντμοριλλονίτης+χαλαζίας+σερικίτης+ Οπάλιος C-T
- Πλαγιόνιλαστο+Κ-άστριος+χαλαζίας+μοντμοριλλονίτης+ σερικίτης
- Μοντμοριλλονίτης + Κ-άστριος+χαλαζίας
- Αλουνίτης + χαλαζίας + οπάλιος C-T
- Αλουνίτης + χαλαζίας + οπάλιος-a

II δημιουργία των ορυκτών αυτών, οφείλεται στην έντονη εξαλοίωση των λαβών και των πυροιλαστικών υλικών (κυρίως τόφφων), που αποντούν στο νότιο, το ανατολικό και το ΒΑ τμήμα του νησιού. Κύριος παράγοντας της εξαλλοίωσης είναι το θαλασσινό νερό το οποίο διεισδύει στα ηφαίστειακά υλικά και με τη βοήθεια των επικρατούντων φυσικοχημικών συνθηκών (ρΗ, θερμοκρασία, Eh) αντιδρά με αυτά και τα εξαλλοιώνει. Άμεση απόδειξη της δράσης του θαλασσινού νερού αποτελεί η παρουσία του αλίτη ( $\text{NaCl}$ ) στα δείγματα K10 και K16.

Το πιό διαδεδομένο ορυκτό εξαλλοίωσης είναι ο μοντμοριλλονίτης που αποτελεί το κύριο ορυκτολογικό συστατικό των μπεντονιτών,

Κλινοπτυλόλιθος  
Ο : Οπάλιος C-T  
Μ : Μοντμορίλλονίτης  
Αλ : Αλίτης



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

Οι οποίοι εξορύσσονται στο βΑ τμήμα του νησιού. Εκτός από την περιοχή εξόρυξης, ο μοντμορίλλονίτης απαντά στο νότιο και το ανατολικό τμήμα του νησιού. Τα ορυκτά που τον συνοδεύουν είναι κυρίως οπάλιος C-T, χαλαζίας, οι ζεόλιθοι αλινοπτελόλιθος και μορντενίτης καθώς και Κ-άστριος, η σύσταση του οποίου πλησιάζει αυτή του ορθόλιαστου. Σπανιότερα εμφανίζονται πλαγιόλιαστα, σερικίτης, αλίτης και καολινίτης.

Η μπεντονιτίωση είναι μία διαδικασία εξαλοίωσης κατά την οποία ηφαιστειακά πετρώματα πλούσια σε ύελο υδρολύνονται και μετατρέπονται σε αργιλικά ορυκτά και κυρίως σε μοντμορίλλονίτη (GRUNER 1940, DEER et al 1980, BATES 1969, WETZENSTEIN 1972). Κατά τον BATES είναι επίσης δυνατή η δημιουργία μπεντονιτών από ιζηματογένεση υελώδους κλαστικού υλικού το οποίο έχει αναμειχθεί με χερσαίο, σε μικρό ή μεγάλο ποσοστό.

Οι κυριότερες χημικές διεργασίες που συμβαίνουν κατά την μπεντονιτίωση στο προϋπάρχον υλικό είναι η μερική απομάκρυνση του  $SiO_2$ , των αλκαλίων και η προοδήκη νερού. Ο μοντμορίλλονίτης, ο οποίος σύμφωνα με το ΜΙΝΟΠΟΥΛΟ (1980) είναι ασβετούχος παρουσιάζει διαφορετικούς βαθμούς ιρυστάλλωσης τόσο σε διάφορα δείγματα όσο και σε διαφορετικές θέσεις του ίδιου δείγματος. Αυτό αποδεικνύεται από τη διαφορετική συμπεριφορά του ορυκτού σε αυξανόμενη θερμοκρασία, από τους 110 έως τους  $550^{\circ}C$  με ενδιάμεσα στάδια τους 200 και τους  $350^{\circ}C$  (σχ. 2).

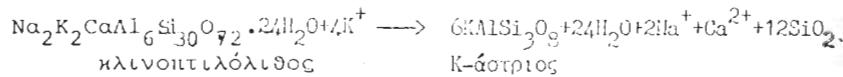
Σημαντική είναι η παρουσία των ζεολίθων αλινοπτελόλιθου και μορντενίτη στους μπεντονίτες, σχήμα 2, του βΑ και ανατολικού τμήματος του νησιού. Η συνύπαρξη μοντμορίλλονίτη-ζεολίθων καθώς επίσης και οπάλιος C-T, αναφέρεται από τους SURDAM (1977), ΗΛΥ ΛΑΝD SHEPPARD (1977), DEER ET AL. (1980) και στην Ελλάδα από τους ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ-ΚΡΑΝΙΩΤΗΣ (1982). Η δημιουργία τους δεν οφείλεται τόσο στην αφυέλωση της ηφαιστειακής υέλου όσο στη διάλυση των τεμαχίων της υέλου από το θαλασσινό νερό και τη μετέπειτα απόθεση των ζεολίθων (DEFFEYES 1959). Αρχικά αποτίθεται μία αργιλοπυριτική ζέλη π οποία στη συνέχεια ιρυσταλλώνεται και σχηματίζει τους ζεόλιθους (MUMPTON 1977). Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την μετατροπή της ηφαιστειακής υέλου σε ζεολίθους είναι οι αναλογίες των κατιόντων Na, Ca, K, ο λόγος Si/Al και η ενεργότητα του  $H_2O$ , ενώ οι παράμετροι που επηρεάζουν τη διαλυτότητα της ηφαιστειακής υέλου είναι η αλμυρότητα και το pH.

Η δημιουργία των ζεολίθων προϋποθέτει ίδιο ή υψηλότερο pH από

αυτό του θαλασσινού νερού. Η WIRSCHING (1975, 76), με πειραματικά δεδομένα, αναπαράγοντας τις συνθήκες ενός ανοικτού συστήματος παρατήρησε τη δημιουργία φιλλιπισίτη, μορντενίτη και ανάλιμου και τελικά Κ-αστρίου, από την εξαλοίωση υέλου ρυολιθικής σύστασης σε pH 9,5-10. Η άνοδος του pH από 8-8,5 (θαλασσινό νερό) σε 9,5-10 είναι δυνατή κατά τη δημιουργία του μοντμοριλλονίτη. Έτσι η υδρόλυση (κατακράτηση  $H^+$  από το θαλασσινό νερό) και ο εμπλούτισμός του διαλύματος σε αλκάλια, δημιουργεί τις απαραίτητες συνθήκες για τη δημιουργία των ζεολίθων. Σύμφωνα με τους HAY και SHEPPARD ο πιο συνηθισμένος ζεόλιθος που δημιουργείται με αυτή τη διαδικασία είναι ο καλινοπτελόλιθος.

Χαρακτηριστική είναι η συνύπαρξη του αυθιγενούς Κ-αστρίου με μοντμοριλλονίτη και οπάλιο C-T ή με μοντμοριλλονίτη, ηλινοπτιλόλιθο και πλαγιόχλαστο (Κ13).

Η WIRSCHING (1976) αναφέρει τη δημιουργία Κ-αστρίου σε προχωρημένο στάδιο εξαλλοίωσης και σε βάρος του μορντενίτη και του φιλλιπσίτη, σε αυξημένες όμως θερμοκρασίες. Ο SURDAM (1977) αναφέρει τη μετατροπή των ζεολίθων σε περιβάλλοντα αλκαλικών λιμνών, σε Κ-άστριο. Ο ιλινοϊτελόλιθος μπορεί να μετατραπεί σε Κ-άστριο σύμφωνα με την αντίδραση:



Κατά τη μπεντονιτίωση η δημιουργία του Κ-αστρίου οφείλεται στην εξαλλοίωση του πυρογενετικού πλαγιοκλάστου (HAY AND SIEPPARD 1977).

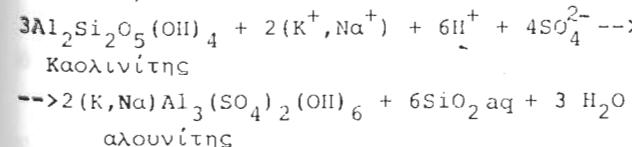
Από τα παραπάνω και από τις ορυκτολογικές παραγενέσεις, προκύπτει, ότι στην ΒΑ και ανατολική Κίμωλο η συνύπαρξη του Κ-αστρίου με μοντμοριλλονίτη ζεολίθους και οπάλιο C-T, οφείλεται στη μετατροπή των ζεολίθων κλινοπτιλόλιθου και μορντενίτη σε Κ-ούχο άστριο. Αντίθετα στο νότιο τμήμα του νησιού, η ύπαρξή του μπορεί να είναι πρωτογενής (δείγμα Κ25).

Ο καολινίτης εμφανίζεται στα δείγματα K16, K18 και K20. Στο δείγμα K16 συνυπάρχει με μοντμοριλλονίτη, οπάλιο C-T και αλίτη, ενώ στα K18 και το K20 μόνο με χαλαζία. Η παρουσία του προδύοποθέτει φυσικοχημικές συνθήκες, που χαρακτηρίζονται από μικρότερο ρήμα σε σχέση με τις αντίστοιχες που εννοούν το σχηματισμό του μοντμοριλλονίτη, και η δημιουργία του συνδέεται με έντονη απομάκρυνση κατιόντων. Η WIRSCHING (1976) θεωρεί ότι η δημιουργία του καολινίτη σε πεδία όπου συνυπάρχει με μοντμοριλλονίτη, συνδέεται με τη μετατροπή του τελευταίου, σε περιπτώσεις όπου η δράση των διαλυτών

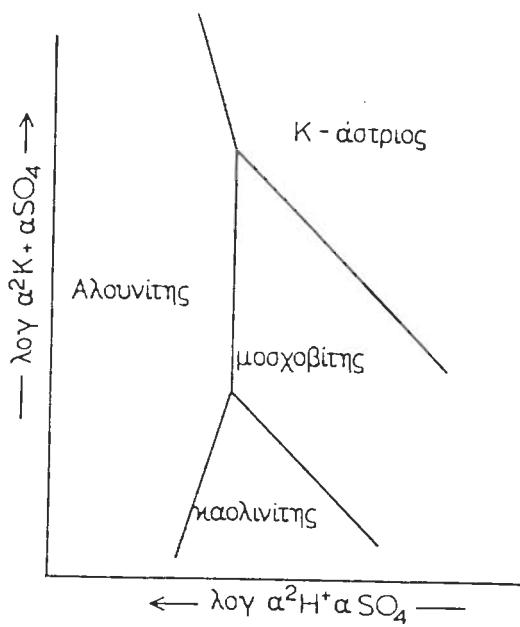
μάτων συνεχίζεται. Έτσι, η διαρκής δέσμευση II<sup>+</sup> από το μοντμοριλ-  
λονίτη μέσα από τη διαδικασία της υδρόλυσης του αρχικού ηφαιστει-  
ακού υλικού, είναι δυνατό να ελαττώσει το pH στις μοντμοριλλονίτι-  
κές ζώνες. Αυτό το γεγονός, σε συνδιασμό με τη συνεχή κυκλοφορία  
των διαλυμάτων και τη συνεχή απομάκρυνση των κατιόντων, προκαλεί  
τη μετατροπή του μοντμοριλλονίτη σε καολινίτη.

**κ16.** Επομένως, η συνύπαρξη καιολινίτη-μοντμοριλλονίτη στο δείγμα της συνεχιζόμενης υδροθερμικής εξαλλοίωσης και της έντονης ανακύκλωσης τροφοδοσίας του υδροθερμικού συστήματος.

Τέλος, ο αλουνίτης (νατροαλουνίτης) εμφανίζεται στα δεύγματα K27 και Κ 32, μαζί με χαλαζία και οπάλιο C-T. Ο ΜΗΝΟΠΟΥΛΟΣ (1981) αναφέρει συνύπαρξη αλουνίτη και καολινίτη. Οι HEMLEY ET AL (1969) που βάση πειραματικών δεδομένων προσδιόρισαν το πεδίο σταθερότητας του αλουνίτη σε σχέση με τα αντίστοιχα των καολινίτη, μοσχοβίτη και κ-αστρίου (σχήμα 4) ,αναφέρουν ότι η παρουσία του είναι τυπική μόνο σε πετρώματα που παρουσιάζουν εξαιρετικά έντονη υδρολυτική εξαλλοίωση, και όπου οι άστριοι έχουν μετατραπεί σε σερικίτη, πυροφυλλίτη ή καολινίτη. Η WIRSCHING (1976,77) αναφέρει σε πειραματικά δεδομένα, ότι ο αλουνίτης μαζί με καολινίτη ή μοντμορίλλονίτη είναι το τελικό προϊόν εξαλλοίωσης ηφαιστειακής υέλου σε θερμοκρασία  $200^{\circ}\text{C}$ , σε περίπτωση που το υδροθερμικό διάλυμα περιέχει  $\text{-SO}_4^{2-}$  και έχει  $\text{pH} \approx 6$ , ενώ αποτελεί το τελικό προϊόν εξαλλοίωσης αστρίων σε οποιαδήποτε θερμοκρασία, όταν το υδροθερμικό διάλυμα είναι πλούσιο σε θειεύκες ρίζες και έχει έντονα όξινο  $\text{pH}(2-3)$ . Η συνύπαρξη καολινίτη-αλουνίτη και τα πειραματικά δεδομένα των HEMLEY ET AL και WIRSCHING μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο αλουνίτης έχει προέλθει από τον καολινίτη κάτω από κατάλληλες συνθήκες (έντονα όξινο  $\text{pH}$  και αυξημένη συγκέντρωση  $\text{-SO}_4^{2-}$  στο υδροθερμικό διάλυμα) σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση (HEMLEY ET AL 1969).



Οι αυξημένες συγκεντρώσεις θειούχων ριζών που απαιτούνται για τη δημιουργία του αλουνίτη, προέρχονται από την άνοδο διαλυμάτων πλούσιων σε  $H_2S$ , τα οποία σε μικρά βάθη οξειδώνονται καθώς έρχονται σε επαφή με επιφανειακά νερά (MARKOPOULOS, KATERINOPoulos, 1986).



Σχ. 4 : Σχέσεις σταθερότητας αλουνίτη σαν συνάρτηση της ενεργότητας του θειϊκού οξέος και του θειϊκού καλίου, παρουσία χαλαζία, και σταθερή πίεση και θερμοκρασία.

Fig. 4 : Illustration of stability relations of alumite as a function of  $H_2SO_4$  and  $K_2SO_4$  activities. Quartz is present and temperature and pressure constant.

#### ΒΙΟΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-REFERENCES

- BATES, 1969 : Geology of Industrial Rocks and Minerals, Dover p.407
- DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J.(1980) : Rock Forming Minerals Longman p.538.
- DEFFEYES, K.S.(1959): Zeolites in sedimentary rocks. *J.Petrology*, 29.602-609
- GRUNER, J.W.(1940) : Abundance and Significance of cristobalite in bentonite and fuller earth. *Econ. Geology* 35, p.902.
- HAY, R.L., SHEPPARD R.A.(1977): Zeolites in open hydrologic systems. Miner. and Geol. of Nat.Zeolites, 232p. Miner. Soc. of America, p.93-102.
- HÖLLER, A., KOLMER.H., WIRSCHING U.(1976): Chemische Untersuchungen der Umwandlung glasiger Tuffe in Montmorillonit und Kaolinit-Minerale. *N.Jb.Min. Mh.* 10, 456-466.
- HEMLEY,J.J.,HOSTETLER,P.B., GUDE A.J., MOUNTJOY W.T.(1969): Some Stability Relations of Alumite. *Econ. Geol.* 64.6, p.599-610
- INNOCENTI,F., MANETTI,P., PECCERILO,A.,POLI,G.,(1979) Inner Arc volcanism in N.W. Aegean Arc : geochemical and geochronological data *N.Jb.Mh* 4 p. 145-158.
- MARCOPOULOS,T.,-KATERINOPoulos A.(1986): Die Alunit-Vorkommen von Milos (Griechenland). Mineralbestand und Genese. *Chem.Erde* 45.105-112
- MARCOPOULOS,Th., KRANIOTIS,A.(1982): Klinoptilolith, Mordenit und Analcim im Bentonit von Milos, *Fortschr. Miner.* 60, 136.
- MUMPTON,F.A.(1977) : Mineralogy and Geology of Natural Zeolites. 222p. Miner. Soc. of America.
- ΜΗΝΟΠΟΥΛΟΣ,Π.Α.,(1980): Μπεντονιτικά κοιτάσματα Ν. Κιράλου. Ανακάλυψη ισημερογενούς ζεολίθου τόπου Clinoptilolite . 'Εκθεση υποβληθείσα στο ΙΓΜΕ.
- ΜΗΝΟΠΟΥΛΟΣ,Π.Α. (1981) : 'Εκθεση έρευνας Βιομηχανικών ορυκτών νήσων Πολυαίγου και Κιράλου. 'Έκθεση υποβληθείσα στο ΙΓΜΕ.
- SURDAM,R.C.(1977): Zeolites in closed hydrologic systems. *Mineralogy and Geol. of Nat. Zeolites* . 232p. Miner. Soc. of America , p.65-92.
- WIRSCHING,U: (1975) : Experimente zum Einfluss des Gesteinsglas-Chemismus auf die Zeolithbildung durch hydrothermale Umwandlung. *Contrib. Mineral. Petrol.* 49, 117-124.

WIRSCHING, U. (1976): Experiments on hydrothermal alteration processes of rhyolitic glass in closed and "open" system N.Jb. Miner, Mh5, p.203-213.

WIRSCHING, U. (1977): Experimental studies on hydrothermal alteration of feldspars to montmorillonite and kaolinite minerals. N.Jb. Miner.Mh8, 333-343.

WETZENSTEIN,-W.(1972) : Die Bentonitlagerstätten im Ostteil der Insel, Milos und Ihre mineralogische Zusammensetzung. Δελτίο Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. Τόμ. 6. 144-171