

Πρακτικά 3ου Συνεδρίου Μαΐος 1986			
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XX/2	σελ. 429-447	Αθήνα 1988
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

ΔΟΛΟΜΙΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΩΝ ΤΗΣ  
ΜΕΤΑ-ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΣΕΙΡΑΣ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ  
ΜΑΚΡΗΣ (Ν.Α. — ΡΟΔΟΠΗΣ)\*\*\*

Φ. ΠΟΜΩΝΗ - ΠΑΠΑ-ΙΩΑΝΝΟΥ\*, Π. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ\*\*

ΣΥΝΟΨΗ

Η Ενότητα Μάκρης στη ΝΑ-Ροδόπη αποτελεί τμήμα ή τεκτονικό υπόλειμμα της Περιροδοπικής ζώνης, η οποία γεωτεκτονικά ανήκει στο Μεσοζωϊκό γεωσύγκλινο της Τη - θύος.

Στρωματογραφικά η Ενότητα Μάκρης αποτελείται από :

- a. την υπερκείμενη μεταφαιστελιοζηματογενή σειρά και
- β. την υποκείμενη μεταϊζηματογενή σειρά.

Τα ανθρακικά πετρώματα της υποκείμενης μεταϊζηματογενούς σειράς έχουν υποστεί έντονη επιγενετική δολομιτίωση, συνδεδεμένη γενετικά με διάφορες διεργασίες. Οι κυριώτεροι δολομιτικοί τύποι και οι υπεύθυνες για το σχηματισμό τους διεργασίες είναι :

- a. Αδροκρυσταλλικός δολομίτης (τύπος saddle) σε μικροκονδύλους ή νησίδες που πληροί διάκενα πιθανώτατα προερχόμενα από διάλυση πρώιμα αναπτυχθέντων στο ίζημα εβαποριτικών κονδύλων.
- β. Μικρο-μεσοκρυσταλλικός δολομίτης κατά μήκος μικροστυλολίθων συνδεδεμένος με υστερογενετικά φαινόμενα πίεσης-διάλυσης.

ABSTRACT

Makris Unit located to the SE-Rhodope, <sup>constitutes</sup> ~~consists~~ a part or a tectonic remnant of the Circum Rhodope zone, which belongs geotectonically to the Mesozoic geosyncline of Tethys.

Stratigraphically the Unit of Makris consists of :

- a. the upper metavolcanosedimentary series, and
- b. the lower metasedimentary series.

\* ΙΓΜΕ, Δ/ση Γ.Γ. & Γ.Χ., Μεσογείων 70, Αθήνα

\*\* ΙΓΜΕ, Παρ/μα Εάνθης

\*\*\***DOLOMITIZATION OF THE METASEDIMENTARY LIMESTONES SERIES  
OF MAKRIS UNIT (SE-RHODOPE)**

The carbonate rocks of the lower metasedimentary series have undergone intense epigenetic dolomitization, genetically connected with several processes. The main dolomite types and the responsible for their formations processes are:

- a. Coarse-crystalline dolomite (type saddle) in micronodules or islets, which fills pores probably resulted from dissolution of evaporite nodules primarily grown in the sediment and
- b. Micro-medium crystalline dolomite along microstylolites attributed to late diagenetic pressure-solution phenomena.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό, ο δολομίτης αποτελεί ένα από τα πλέον διαδεδομένα ιζηματογενή ανθρακικά ορυκτά, η γένεση του οποίου συνεχίζει ακόμη και σήμερα να αποτελεί ένα αίνιγμα. Τούτο οφείλεται αφ' ενός στην αδυναμία ερμηνείας της ανώμαλης κατανομής του στο χρόνο, δεδομένου ότι αποτελεί κύριο ορυκτό σε πετρώματα προ-Μεσοζωϊκών ανθρακικών σχηματισμών-κύρια του Ανωτ. Προκαμβρίου και του Παλαιοζωϊκού-ενώ εμφανίζεται σχετικά σπάνια σε κώτερους σχηματισμούς, αφ' ετέρου δε στο γεγονός ότι η πιθανή απευθείας καθίζησή του προσκρούει σε βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής.

Για τους παραπάνω λόγους, η διεργασία της δολομιτίωσης που αναμφισβήτητα είναι μία από τις κύριες διεργασίες που προσβάλλουν τα ανθρακικά ιζήματα αποτέλεσε τα τελευταία χρόνια ένα επίμαχο ζήτημα, για το οποίο αρκετές-συχνά αντικρουόμενες απόψεις-έχουν εκφρασθεί. Το κύριο ενδιαφέρον των ιζηματολόγων προσανατολήθηκε στην κατανόηση του μηχανισμού γένεσης του συνιζηματογενούς-πρωτοδιαγενετικού μικριτικού δολομίτη, που αντικαθιστά τα ανθρακικά ιζήματα σε ωρισμένες σύγχρονες παράκτιες αποθέσεις, με σκοπό την εξέταση της δυνατότητας εφαρμογής του ίδιου μηχανισμού σε παλαιούς δολομιτικούς σχηματισμούς.

Ως επικρατέστερες υποθέσεις από πλευράς αριθμού υποστηρικτών για την γένεση του συνιζηματογενούς-πρωτοδιαγενετικού δολομίτη είναι αυτές που συγκροτούν τα γνωστά ως μοντέλλα "Sabkha" και "Coorong" .. Εξ αυτών το μοντέλλο "Sabkha" συνδέει την διεργασία της δολομιτίωσης με συνθήκες ξηρασίας που προκαλούν την δημιουργία εβαποριτικών ορυκτών-κονδύλων λόγω εξάτμισης υψηλής αλμυρότητας θαλασσίων διαλυμάτων που κυκλοφορούν στα ενδιάμεσα των περιπαλιρροιακών ιζημάτων μα αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των διαλυμάτων αυτών σε Mg (Illing κ.ά., 1965; Shearman, 1966; Kinsman, 1969). Αντίθετα το μοντέλλο Coorong εξετάζει το μηχανισμό της δολομιτίωσης σε σχηματισμούς που δεν παρατηρούνται εβαποριτικά ορυκτά ή ίχνη προύπαρξης αυτών, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η απουσία τέτοιων ορυκτών δεν οφείλεται απαραίτητα στην μη επίτευξη συνθηκών ξηρασίας γιατί πιθανόν τα ορυκτά αυτά να έχουν υποστεί πλήρη διάλυση οφειλόμενη σε εποχιακές μεταβολές. Στο μοντέλλο Coorong η διεργασία της δολομιτίωσης συνδέεται με την παρουσία κεκορεσμένων εδάφιας προέλευσης διαλυ-

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

μάτων που δημιουργούν εφήμερες αλκαλικές λίμνες (von der Borch κ.ά., 1975; Muir κ.ά., 1980).

Σημαντική επίσης είναι η γνωστή ως "Dorag" δολομιτίωση η οποία στηρίζεται στην ανάμειξη μετεωρικών και θαλασσίων υδάτων σε κατάλληλες αναλογίες. Συγκεκριμένα αποδείχθη εργαστηριακά ότι η ανάμειξη αυτή προκαλεί μεταβολές στη χημική ισορροπία με αποτέλεσμα τη δημιουργία κεκορεσμένων ή ακόρεστων διαλυμάτων αναφορικά με μία στερεή φάση (π.χ. δολομίτη), που οδηγούν αντίστοιχα στην καθίζηση ή στην διάλυση της φάσης αυτής (Badiozamani, 1973). Με την υπόθεση αυτή είναι δυνατή η αντικατάσταση του ασβεστίτη από δολομίτη, όταν το ποσοστό των θαλασσίων υδάτων είναι της τάξεως του 5-30%.

Η έντονη ανταπόκριση όμως των ερευνητών στην εφαρμογή των ανωτέρω υποθέσεων για την ερμηνεία των δολομιτικών σχηματισμών των διαφόρων χρονικών περιόδων, είχε σαν αποτέλεσμα τη μονόπλευρη τρόπον τινά αντιμετώπιση του φαινομένου της δολομιτίωσης, αφού περιωρισμένο μόνο ενδιαφέρον εκδηλώθηκε στη μελέτη του μηχανισμού της υστεροδιαγενετικής δολομιτίωσης που λαμβάνει χώρα κατά την διάρκεια ή μετά τον ενταφιασμό των ιζημάτων που είναι εξίσου σημαντική. Πρόσφατες εργασίες προς την κατεύθυνση αυτή απέδειξαν ότι υπάρχει άμεση γενετική σχέση μεταξύ ωριμασμένων επιγενετικών διεργασιών και δολομιτίωσης (Wanless, 1979; Mattes & Mountjoy, 1980; Richetts, 1983).

Στην παρούσα μελέτη, τα συλλεγόμενα ανθρακικά πετρώματα της Ενότητας Μάκρης, μελετήθηκαν μικροσκοπικά προκειμένου να καθορισθούν τα πρωτογενή ιστολογικά χαρακτηριστικά των για την ερμηνεία των παλαιογεωγραφικών συνθηκών απόθεσής των και διεπιστώθη (χρώση λεπτών τομών με δ. Αλιζαρίνης red-S και δ-Σιδηρουκτανιούχου K) ότι έχουν υποστεί έντονη δολομιτίωση (non-ferroan). Παρατηρήθηκαν διάφοροι δολομιτικοί τύποι και ο σκοπός της μελέτης αυτής είναι να ερευνηθεί τη γενετική σχέση των δολομιτών αυτών με τις διάφορες διαγενετικές διεργασίες που έλαβαν χώρα από την απόθεση των ιζημάτων μέχρι και τον ενταφιασμό των.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ-ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ-ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΚΡΗΣ

Η Ενότητα Μάκρης αποτελεί τμήμα ή τεκτονικό υπόλειμμα της Περιροδοπικής ζώνης η οποία γεωτεκτονικά ανήκει στο μεσοζωϊκό γεωσύγκλινο της Τηθύος.

Η Ενότητα απαντά σε ασυμφωνία (τεκτονική επαφή ή επίκλυση) με το κρυσταλλικό υπόβαθρο της Ροδόπης (Σχ.1,2) έχει υποστεί στην αλπική πτύχωση-καθολική μεταμόρφωση χαμηλών πιέσεων της κατώτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης (παραγένεση της υπόφασης κατά H. Winkler χαλαζίτα-αλβίτη-μοσχοβίτη-χλωρίτη) και αποτελείται από :

α. Την υπερκείμενη μεταφαισιστειοϊζηματογενή σειρά και  
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

ΣΧΗΜΑ 1. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΝΑ ΡΩΔΟΥΣΗΣ  
 FIG 1. GEOLOGICAL MAP OF THE AREA OF SE RHODOPE

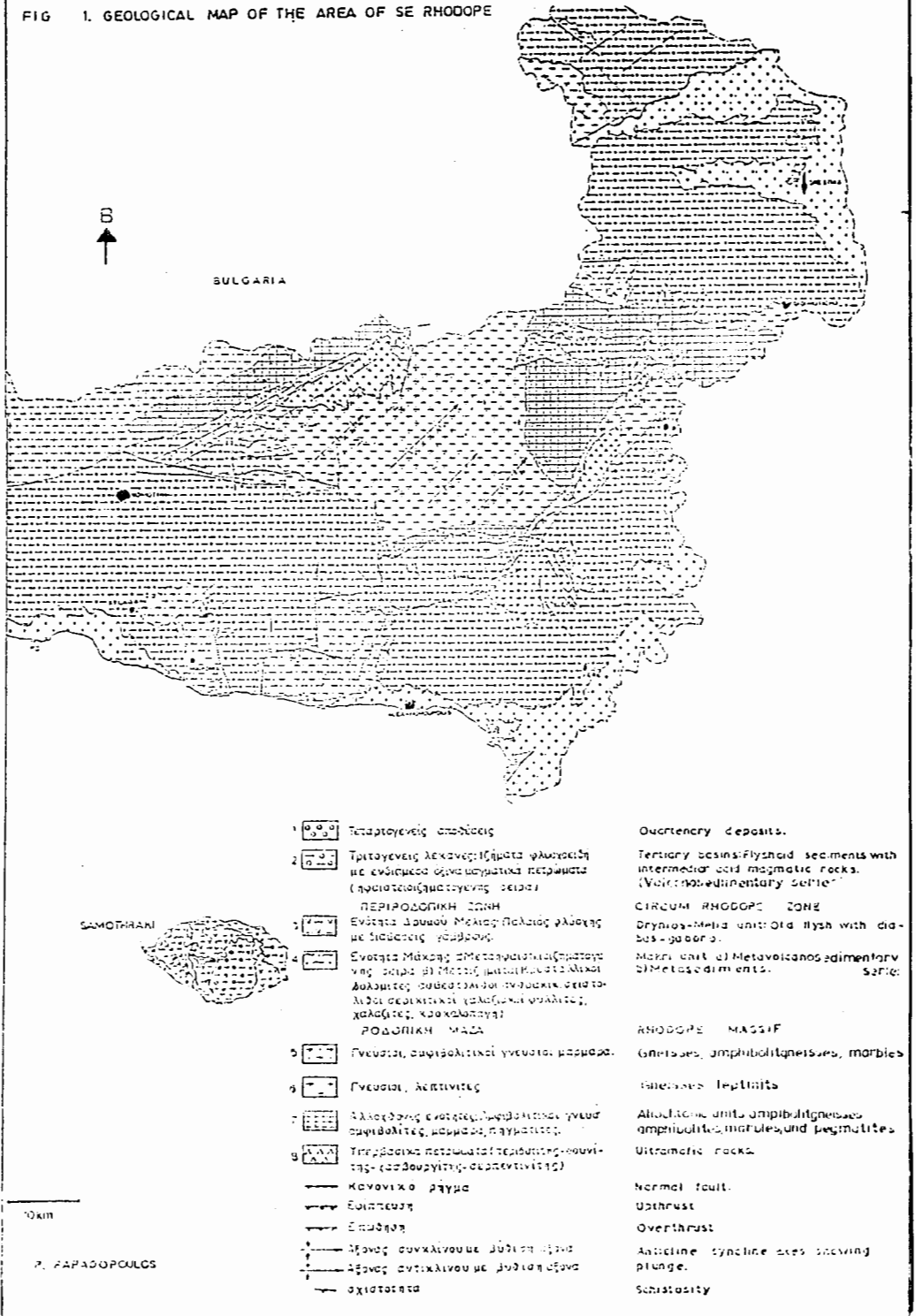
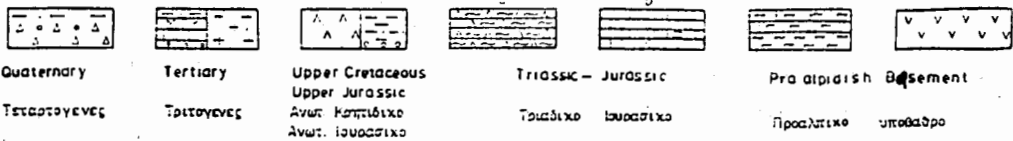
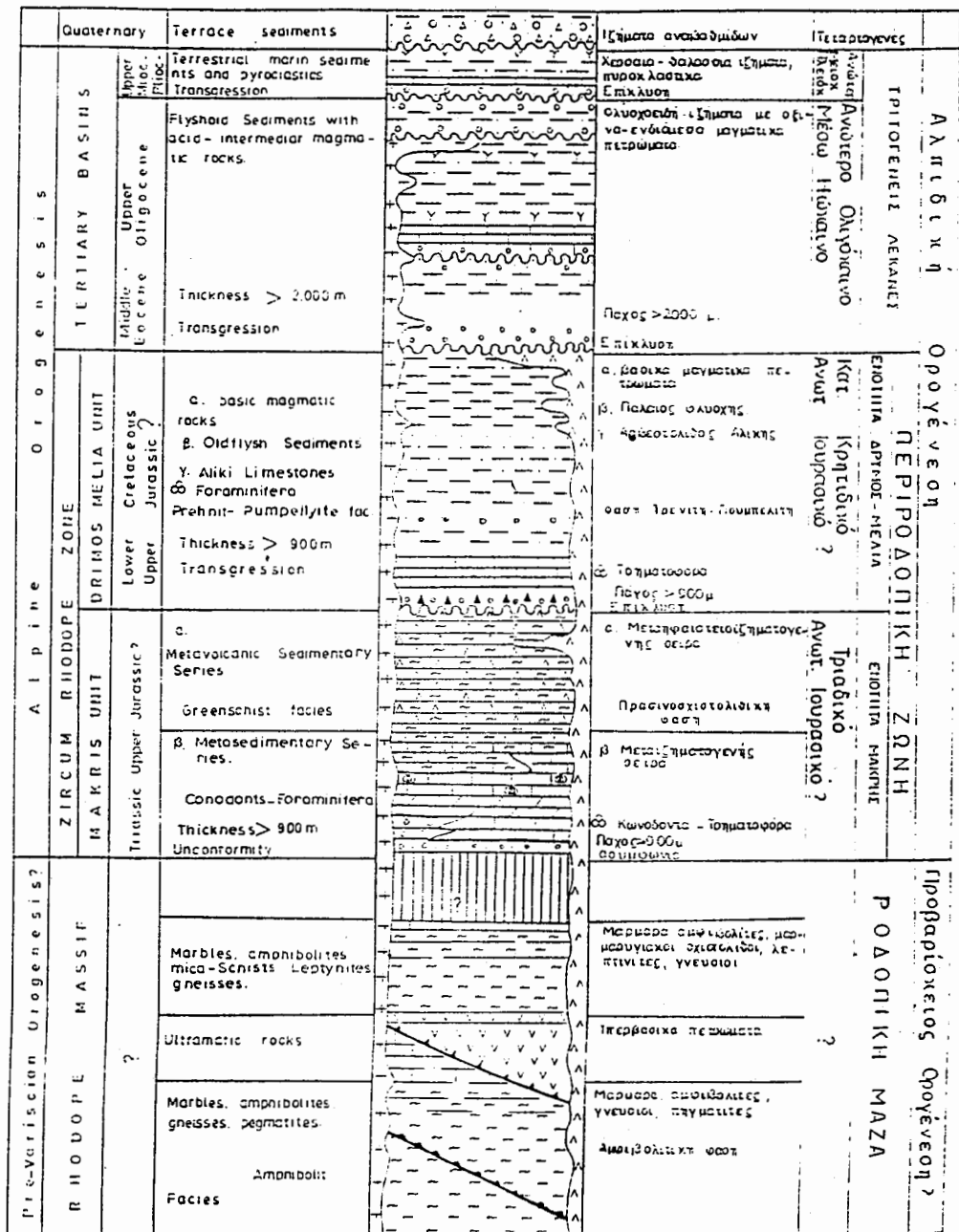


FIG. 2 ΓΕΝΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΚΟΛΟΝΑ ΝΑ ΡΟΔΟΠΗΣ  
 FIG. 2 GENERAL STRATIGRAPHIC COLUMN FROM SE RHODOPE



P. PAPADOPOULOS

β. Την υποκείμενη μεταϊζηματογενή σειρά (Σχ. 2,4).

Οι παραπάνω σειρές, με τις αντίστοιχες λιθολογικές φάσεις που μεταβαίνουν κάθετα και πλευρικά μεταξύ τους, χαρακτηρίζουν την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της Ενότητας μέσα στο μεσοζωϊκό γεωσύγκλινο.

Η μεταϊζηματογενής σειρά εμφανίζει : α) στα κατώτερα της μέρη κροκαλοπαγή-γραουβάκες-μεταχαλαζίτες που υποδηλώνουν τη φάση επίκλυσης και β) στα ανώτερα της μέρη τους μελετηθέντες ανθρακικούς σχηματισμούς λεπτοκρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, δολομιτιωμένους λεπτοκρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, λεπτοκρυσταλλικούς δολομίτες, ανθρακικούς σχιστόλιθους, μάρμαρα, των οποίων η ιζηματολογική μελέτη απέδειξε την απόθεσή τους σε συνθήκες αβαθούς θαλάσσης (Σχ. 3,4). Στην Ενότητα τονίζεται παραπέρα ο ρόλος του βασικού μαγματισμού, που σε χρονικά διάφορες περιόδους συμμετέχει στη στρωματογραφία και στη δομική ανάλυσή της όπως : α) οι πρασινοσχιστόλιθοι της μεταφαιστελιοϊζηματογενούς σειράς (βασικοί μεταφαισιτίτες), και β) οι νεώτεροι διαβάσεις Άνω Κρητιδικής ηλικίας που διαπερούν την Ενότητα και απαντώνται τοπικά με άλλα βασικής σύστασης μέλη, γάββρους-γαββροδιορίτες της Μαρώνειας, Πλάκας-Αλεξ/πολης, Σαμοθράκης (Σχ. 4).

Στους διαβάσεις, η γεωλογική τους θέση και η έλλειψη σχιστότητας-παραμόρφωσης και μεταμόρφωσης υποδηλώνει τη νεώτερη ηλικία τους σε σχέση με τα περιβάλλοντα πετρώματα της πρασινοσχιστολιθικής φάσης.

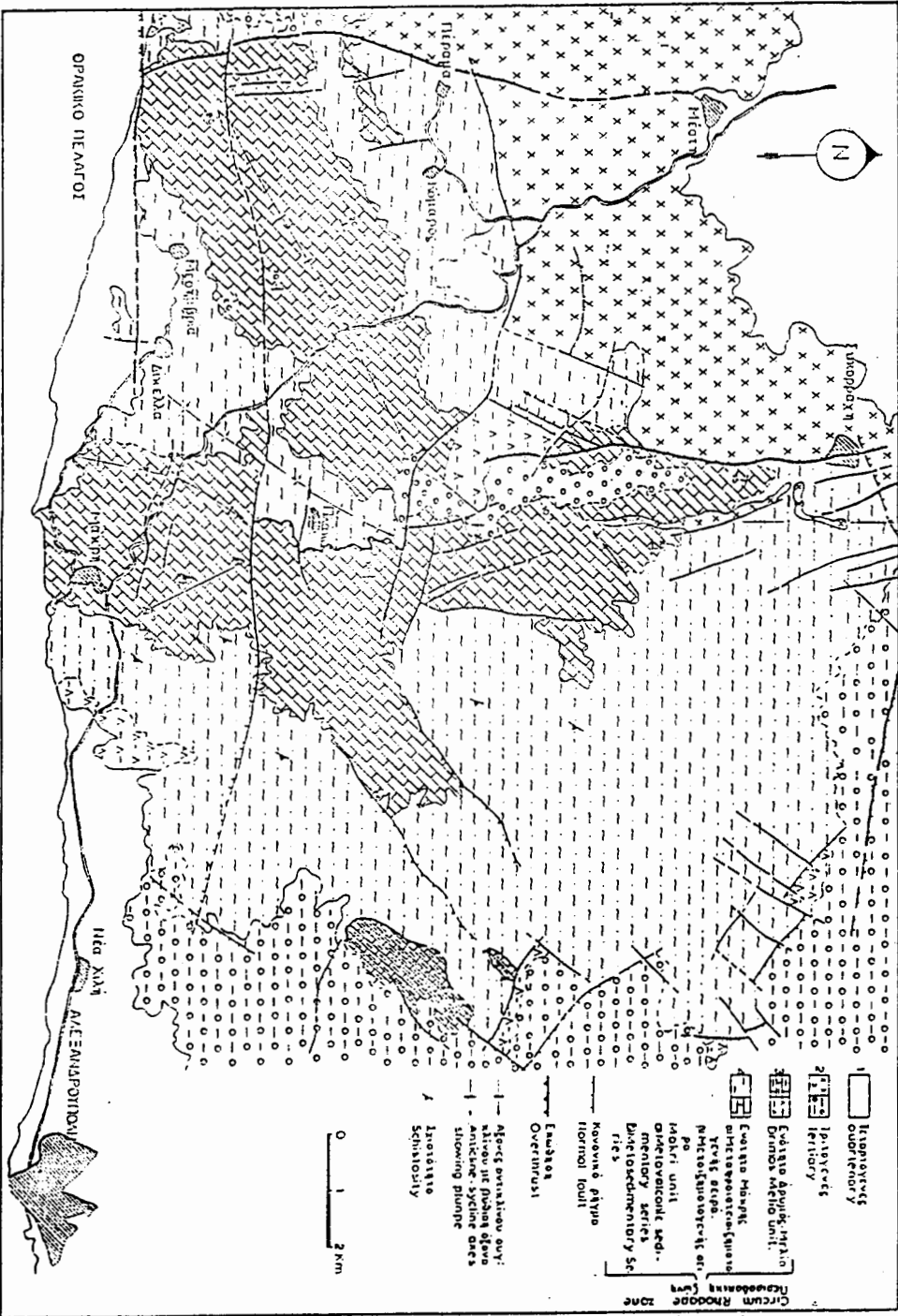
Επίσης, σε τεκτονική σχέση με τους διαβάσεις υπό μορφή τεκτονικών λεπίων, εμφανίζονται σε ισχυρά τεκτονισμένες περιοχές της Ενότητας οι σερπεντινίτες (π.χ. Α-τάρνη, Σαμοθράκη).

Η αλπική ορογένεση διαμόρφωσε την τεκτονική δομή της Ενότητας με τις παρακάτω πτυχωσιγενείς-ρηξιγενείς φάσεις :

1. Τους Β-τεκτονίτες με άξονες α) παλαιότερους  $45^{\circ}$ -  $60^{\circ}$  και β) τους νεότερους  $90^{\circ}$ -  $110^{\circ}$  ,  $0^{\circ}$ -  $30^{\circ}$  .
2. Την τεκτονική δομή των λεπίσεων με παράταξη Α-Δ, ΒΑ-ΝΔ, Β-Ν και φορά της επωθητικής κίνησης προς Β-ΒΔ-Δ (π.χ. Πλαγιά-Δαρμένη-Δοκός, Δροσιά-Σκιάδα, Πλάκα-Αλεξ/πολης με κατακεκλιμένες συμμετρικές πτυχές) και
3. Την νεώτερη μεταλπική ρηξιγενή τεκτονική η οποία βυθίζει με κανονικά ρήγματα Α-Δ, ( $40^{\circ}$  και  $130^{\circ}$ -  $140^{\circ}$ ) την Ενότητα προς το Ν, στο βόρειο Αιγαίο, ή την εμφανίζει τοπικά κάτω από τους Τριτογενείς σχηματισμούς σε τεκτονικά κέρατα ή τάφρους π.χ. Μαρώνεια, Συκοράχη, Μάκρη-Αλεξ/πολη, Σαμοθράκη (Σχ.1).

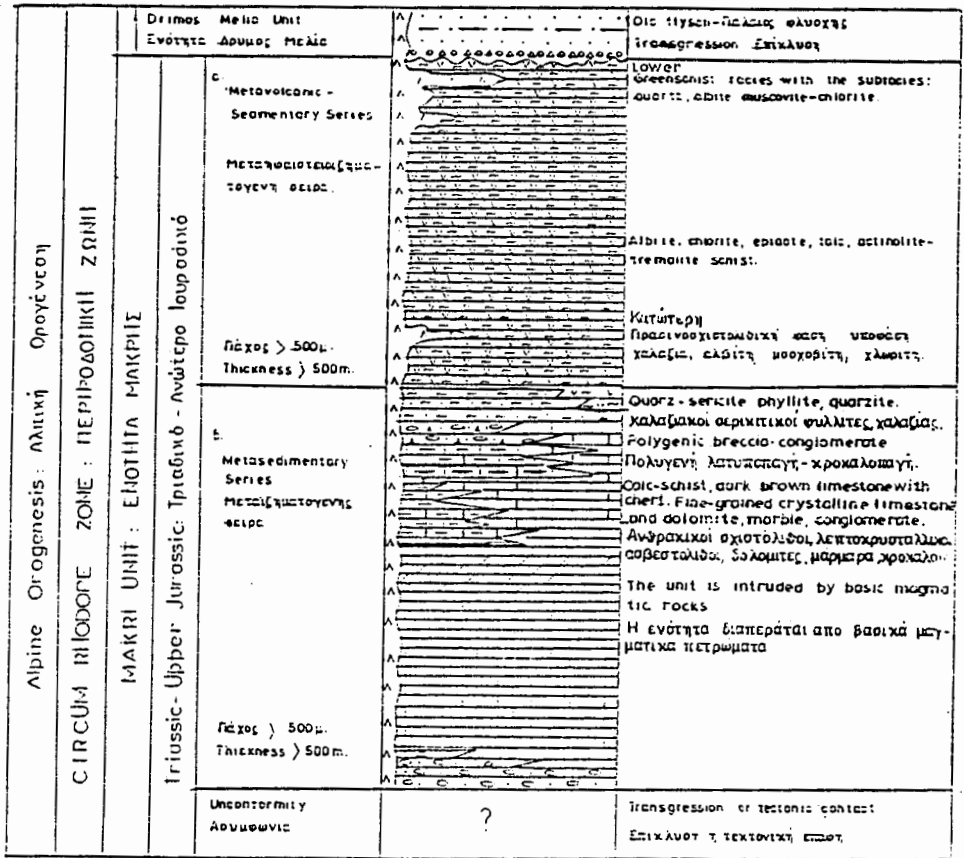
Από τα μέχρι σήμερα γεωλογικά-παλαιοτολογικά δεδομένα των εργασιών : Κορρ (1961, 1965, 1969), Μαρτσός & Ανδρονόπουλος (1965a, b, c, 1967), Heimann (1967), Braun (1968), Βογανόν & Τρίφονα (1978), Βογανόν & Βυδύρον (1979), Ραπανικόλαου (1980), Παπαδόπουλος (1980, 1982, 1986) και Μπόσκος, Παπαδόπουλος, & Περγικιάσης (υπό δημοσίευση)

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΘΕΙΑΣ ΜΑΚΡΗΣ  
 FIG. 3 GEOLOGICAL MAP OF MAKRI UNIT



Ρ. ΖΑΡΑΔΟΥΠΟΛΕΩΣ

FIG 4. STRATIGRAPHIC COLUMN OF THE MAKRI UNIT  
 ΣΧΗΜΑ 4. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΗΛΗ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΚΡΗΣ



Preadpine Basement : Προαλιτικό υπόβαθρο  
 RHODOPIC MASSIF : ΡΟΔΟΠΙΚΗ ΜΑΖΑ



- 1 Βασικά μαγματικά πετρώματα. Basic magmatic rocks (intrusions - extrusions - dykes).
- 2 Πρασινοσχιστοίτησι. Greenschists
- 3 Χαλαρίτες και ορεκίτικοι φυλλίτες. χαλαρία. Quartz-sericite phyllite, quartzite
- 4 Πολυγενής λατιμοπαγή - κροκαλοπαγή με κομμάτια από γκρι ασβεστολίθους και υπολείμματα οργανισμών. Polygenic breccia-conglomerate with fragments of grey limestone, fragments of fossils
- 5 Ανθρακίτικοι σχιστολίθοι, λεπτοκρυστάλλινα ασβεστολίθοι με χερτ. Calc schist; fine grained limestone with chert
- 6 Λεπτοκρυστάλλινα, πελαγίκοι-ηπειρωτικοί ασβεστολίθοι - δολομίτες, μαρμαρα. FINE GRAINED crystalline limestones dolomite marble conglomerates
- 7 Κροκαλοπαγή - λατιμοπαγή. Conglomerate

P. PAPADOPOULOS



προκύπτει : α) η έλλειψη μιάς πλήρους στρωματογραφίας με καθοδηγητικά απολιθώματα, β) η ηλικία της Ενότητας που καθορίζεται Τριαδική-Άνω Ιουρασική, γ) το πάχος της Ενότητας που υπερβαίνει τα 900μ., δ) ο ρόλος του βασικού μαγματισμού, ε) η ασυμφωνία της Ενότητας με το προαλπικό κρυσταλλικό υπόβαθρο της Ροδόπης (εργασία υπό έκδοση) και στ) το μέγιστο της αλπικής ορογένεσης και της μεταμόρφωσης που κλείνει στο Ανώτ.Ιουρασικό π.χ. προκρυσταλλική παραμόρφωση (πολυγωνική τοποθέτηση του βιοτίτη-τρεμολίτη προς τις s-επιφάνειες) της Ενότητας Μάκρης και ελαφρά μεταμόρφωση η Ενότητα Δρυμός-Μελία (Ανώτ.Ιουρασικό-Κατ.Κρητιδικό?).

### 3. ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ ΔΟΛΟΜΙΤΙΩΜΕΝΩΝ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΩΝ

#### α. Γενικές Παρατηρήσεις

Η μικροσκοπική μελέτη απέδειξε ότι τα ανθρακικά πετρώματα της Ενότητας Μάκρης είναι ανακρυσταλλωμένα σε βαθμό που δεν επιτρέπει αναγνώριση των πρωτογενών ιστολογικών χαρακτηριστικών. Διατηρείται εν τούτοις, σε ωρισμένα πετρώματα ένας χαρακτηριστικός λεπτοταλαινωτός ιστός επίπεδος ή κυματοειδής αποτελούμενος από εναλλαγές μικριτικού και σπαριτικού υλικού, στην δημιουργία του οποίου πιθανόν να συνέβαλλε η παρουσία φυκών.

Τα πετρώματα έχουν υποστεί έντονη δολομιτίωση διαφόρων μορφολογικών-γενετικών τύπων όπως απέδειξε η χρώση των λεπτών τομών με δ. Αλιζαρίνης red-S και δ. Σιδηροκυανιούχου Κ. Επικρατέστερος όλων είναι ο δολομίτης τύπου saddle (ή baroque) υπό μορφήν μικροκονδύλων ή νησίδων μεσοαδροκρυσταλλικού καστανόχρου δολομίτη (non ferroan) και ακολουθεί ο μικρο-μεσοκρυσταλλικός δολομίτης που ακολουθεί επιφάνειες ασθενέστερες συνοχής που δημιουργήθηκαν από υστεροδιαγενετικές διεργασίες πίεσης και συνακόλουθης διάλυσης των πετρωμάτων. Σε ικανό ποσοστό απαντά επίσης δολομίτης αντικατάστασης σπαριτικού τσιμέντου σε τεκτονικές ρωγμές, ενώ σε μικρότερο ποσοστό παρατηρήθη δολομίτης αντικατάστασης διάσπαρτων σκελετικών θραυσμάτων.

Παρατηρήθησαν επί πλέον διάσπαρτοι κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη και συγκεντρώσεις λεπτοφυλλαρίων σερικίτη, ακτινολίθου και τάκη (εξαλλοίωση του ακτινολίθου) που μαρτυρούν την ελαφρά μεταμόρφωση των πετρωμάτων.

Στη συνέχεια θα ακολουθήσει λεπτομερής περιγραφή του δολομίτη τύπου "saddle" και του δολομίτη που συγκεντρώνεται κατά μήκος των μικροστυλολίθων με έμφαση στην γενετική τους προέλευση.

#### β. Δολομίτης τύπου saddle (ή baroque)

Όπως προαναφέρθη στα μελετηθέντα ανθρακικά πετρώματα παρατηρούνται μικροκόνδυλοι - νησίδες που αποτελούνται από αλλοτριόμορφους αδροκρυστάλλους δολομίτη, με ελαφρά καμπύλες κρυσταλλικές έδρες, καμπύλες σχισμογενείς επιφάνειες (Εικ. 1)



Εικ. 1. Μικροκόνδυλος δολομίτη τύπου saddle, αποτελούμενος από αλλοτριόμορφους αδροκρυστάλλους δολομίτη, με ελαφρά καμπύλες έδρες. Σημειώστε τις καμπύλες σχισμογενείς επιφάνειες στον μεγάλο δολομιτικό κρύσταλλο.  
 ⊥ Nicols, 30X.

Fig. 1. Micronodule of type saddle dolomite, consisted <sup>ing</sup> of xenomorphic coarse dolomite crystals with slightly curved faces. Note the curved cleavage surfaces of the large dolomite crystal.

και επαλτωτές (zig-zag) έως ανώμαλες κρυσταλλικές επαφές (Εικ. 2). Οι δολομιτικοί αυτοί κρύσταλλοι χαρακτηρίζονται από καστανόφαιη απόχρωση και παρουσιάζουν έντονο πλεοχρωισμό και κυματοειδή κατάσβεση (Εικ. 3). Όλα τα χαρακτηριστικά αυτά συνηγορούν στην άποψη ότι πρόκειται για τον διεθνώς γνωστό δολομίτη τύπου "saddle" ή "baroque" κατά άλλους συγγραφείς, που έχει πρόσφατα μελετηθεί σε διάφορους ανθρακικούς σχηματισμούς (Fairchild, 1980). Οι Radke και Mathis (1980) πιστεύουν ότι τα προαναφερθέντα ιδιάζοντα οπτικά χαρακτηριστικά των κρυστάλλων του δολομίτη saddle συνδέονται άμεσα με διαστροφή του πλέγματος των κρυστάλλων, που έλαβε χώρα ταυτόχρονα με την ανάπτυξη των.

Η κυματοειδής κατάσβεση που χαρακτηρίζει τον δολομίτη τύπου "saddle" των μελετηθέντων δειγμάτων δεν αποδίδεται σε τεκτονικά αίτια, γιατί ο μεγαλύτερος αριθμός των κρυστάλλων δεν συνοδεύεται από ανάπτυξη διδυμιών που ως γνωστόν αποτελεί την άμεση αντίδραση του δολομίτη στην τεκτονική πίεση για τον λόγο αυτό πιστεύουμε ότι δημιουργήθηκε συγγενετικά κατά την ανάπτυξη των κρυστάλλων. Επί πλέον οι κρύσταλλοι παρουσιάζουν χαρακτηριστικά τσιμέντου (πλήρωση διάκενων) άν και σε ωριμμένες περιπτώσεις ήταν δύσκολο να αναγνωρισθεί άν πρόκειται πραγματικά για τσιμεν-

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



Εικ. 2. Αδροκρύσταλλοι δολομίτη τύπου saddle. Σημειώστε τις επαλω-  
 τές έως ανώμαλες κρυσταλλικές επαφές.  
 J. Nicols, 75X

Fig. 2. Coarse saddle dolomite crystals. Note the sutured (zig-zag)  
 to irregular crystal contacts.



Εικ. 3. Αδροκρύσταλλοι δολομίτη saddle. Σημειώστε τις επαλω-  
 τές κρυσταλλικές επαφές και την έντονη κυματοειδή κατάσβεση των κρυσ-  
 τάλλων.  
 ⊥ Nicols, 30X

Fig. 3. Coarse saddle dolomite crystals. Note the zig-zag cry-  
 stal contacts and the intense wavy extinction of the crystals.

το ή προϊόν αντικατάστασης. Οι κοιλότητες πληρούνται μερικώς από μέσο-αδροκρυστάλλους ασβεστίτη-σαν πρώτη γενεά τσιμέντου-ενώ το απομένον διάκενο πληρούται από δολομίτη. Κατά θέσεις δε παρατηρήθη συνανάπτυξη ασβεστιτικού και δολομιτικού τσιμέντου. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ο όρος "saddle" δολομίτης δεν αντιπροσωπεύει πάντοτε υλικό πλήρωσης κοιλοτήτων, αλλά χρησιμοποιείται και σε περιπτώσεις δολομίτη αντικατάστασης με τα προαναφερθέντα οπτικά χαρακτηριστικά. Η περιφέρεια ωρισμένων κρυστάλλων δολομίτη είναι πιο νεφελώδης από το υπόλοιπο ίζημα των κρυστάλλων και αυτό πιστεύουμε ότι οφείλεται σε μερική αφομοίωση του περιβάλλοντος ανθρακικού ιζήματος. Την ίδια προέλευση-πλήρωση κοιλοτήτων από διάλυση εβαποριτών-αποδίδουν στον δολομίτη τύπου "saddle" οι Folk & Assereto (1974). Επίσης οι Friedman και Radke (1979) θεωρούν τον δολομίτη τύπου "saddle" ένα διαγενετικό ορυκτό που μαρτυρεί συνθήκες υψηλής αλμυρότητας.

Οι διαλυσιγενείς κοιλότητες που πληρώθηκαν από δολομιτικό τσιμέντο τύπου saddle, πιθανώτατα προέκυψαν από την διάλυση εβαποριτικών κονδύλων η ανάπτυξη των οποίων πιστεύουμε ότι έλαβε χώρα στα στάδια της πρώιμης διαγένεσης των ιζημάτων. Η άποψη αυτή ενισχύθηκε από την παρατήρηση της ιστολογικής σχέσης μεταξύ των δολομιτικών κονδύλων και του περιβάλλοντος μητρικού ιζήματος, κατά την οποία παρατηρήθη ότι οι λεπτοστρώσεις του μητρικού ανθρακικού ιζήματος ακολουθούν τα περιγράμματα των κονδύλων, αποσφηνούμενες εκατέρωθεν αυτών (Εικ. 4).



Εικ. 4. Μικροκόνδυλοι δολομίτη saddle, σε λεπτοστρωσιγενές μικροκρυσταλλικό ασβεστολιθικό πέτρωμα. Οι λεπτοστρώσεις ακολουθούν την περιφέρεια των μικροκονδύλων αποσφηνούμενες εκατέρωθεν αυτών.  
// Nicols, 30X

Fig. 4. Micronodules of saddle dolomite in a laminated microcrystalline limestone. The laminae follow the micronodules periphery and wedge from both their sites.

Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι το ίζημα δεν είχε ακόμη προλάβει να λιθοποιηθεί, οπότε κατά την σταδιακή ανάπτυξη των κοινύλων υπέστη απόθεση και κατά περιπτώσεις πτύχωση. Ανάλογες ιστολογικές παρατηρήσεις έχουν πραγματοποιηθεί και σε άλλες εμφανίσεις σύγχρονων ή παλαιών περιπαλιρροιακών σχηματισμών όπου αναφέρεται πρώιμη ανάπτυξη εβαποριτών. Βεβαίως ίχνη εβαποριτικών ορυκτών δεν διατηρούνται και τούτο αποδίδεται στην πλήρη διάλυση των από διερχόμενα μετεωρικά ύδατα ή από άκορρα σε θεϊκά ιόντα υπόγεια διαλύματα που κυκλοφόρησαν μεταξύ των στρωμάτων σε επιγενετικά στάδια.

Η υπόθεση της έκθεσης των ιζημάτων σε αερόβιες-εβαποριτικές συνθήκες ενισχύεται επίσης με την παρατήρηση σε ωρισμένες θέσεις χαρακτηριστικών γεωπεταλικών δομών και αυθιγενετικών ιδιόμορφων κρυστάλλων χαλαζία (Friedman & Radke, 1979). Άλλα φαινόμενα ξήρανσης (παραθυροειδείς δομές, ρωγμές ξήρανσης, ορίζοντες με ενδοκλάστες) δεν παρατηρήθηκαν αλλά αυτό μπορεί να οφείλεται στην επεισοδιακή μόνο διάρκεια έκθεσης των ιζημάτων σε αερόβιες συνθήκες. Επί πλέον λόγω της έντονης διαγένεσης-τεκτονισμού που έχουν υποστεί τα ιζήματα, συχνά είναι δύσκολη η αναγνώριση των πρώιμων διαγενετικών χαρακτηριστικών αυτών.

Ποιός όμως μηχανισμός είναι υπεύθυνος για τον σχηματισμό του αδροκρυσταλλικού δολομιτικού αυτού τσιμέντου που παρουσιάζει τα οπτικά χαρακτηριστικά του δολομίτη τύπου saddle και σε ποιά φάση της διαγενετικής εξέλιξης των ιζημάτων δημιουργήθηκε; Οι παρατηρήσεις μας δεν ήταν απόλυτα διαγνωστικές προς την κατεύθυνση του προβλήματος αυτού, που από τη φύση του είναι περίπλοκο και ως εκ τούτου δεν μπορούμε με βεβαιότητα να στοιχειοθετήσουμε κάποιο συγκεκριμένο μηχανισμό. Κατ' αρχήν αποκλείσαμε την περίπτωση της συγγενετικής δολομιτώσεως (μοντέλλο Sabkha & Coorong) γιατί αφ' ενός δεν έχει αναφερθεί δολομίτης τύπου saddle στα σύγχρονα υπερπαλιρροιακά ιζήματα, αφετέρου δε γιατί δεν έχουμε μία καθολική δολομιτώση των ιζημάτων όπως θα αναμέναμε σε μία ανάλογη περίπτωση. Επί πλέον ο μηχανισμός της ανάμειξης μετεωρικών και θαλασσίων υδάτων στη φρεάτιο ζώνη (μοντέλλο Dorag) δεν φαίνεται να μπορεί να τεκμηριώσει τη δημιουργία του δολομίτη τύπου saddle. Κατόπιν τούτου οδηγήσαμε στην άποψη ότι η διεργασία της δημιουργίας του δολομίτη τύπου saddle-σαν υλικού πλήρωσης κοιλοτήτων που πιθανώτατα προέκυψαν από την διάλυση εβαποριτικών κρυστάλλων/κοινύλων-ήταν επιγενετική, συνδεδεμένη δηλαδή με κάποιο στάδιο της ύστερης διαγένεσης των ιζημάτων. Ο μηχανισμός της διεργασίας αυτής δεν είναι σαφής πιθανόν όμως να συνδέεται με την ανάμειξη υπόγειων διαλυμάτων διάφορων συστάσεων και υπό κατάλληλες αναλογίες.

Βιβλιογραφικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι ο δολομίτης τύπου saddle δημιουργεί σε θερμά (50°- 130°C) αλμυρά επιγενετικά ύδατα, σε μέτρο Ph και μέτριες έως έντονα αναγωγικές συνθήκες (Beales, 1971; Choquette, 1971) ενώ έχει αναφερθεί και σχετικά πρώιμη δημιουργία δολομίτη saddle σε υφάλμυρο περιβάλλον λόγω ανάμειξης των θαλασ-

σίτων υδάτων με μετεωρικά ύδατα (Folk & Assereto 1974). Οι Radke και Mathis (1980) που ασχολήθηκαν εκτενέστερα με την δημιουργία του δολομίτη saddle, θεωρούν ότι ο σχηματισμός του αντιπροσωπεύει ένα διαγενετικό συμβάν που λαμβάνει χώρα μεταξύ 60-150°C και ως εκ τούτου θεωρούν την παρουσία του "γεωθερμομετρικό δείκτη". Η δημιουργία του δολομίτη saddle σύμφωνα προς την άποψη των συγγραφέων αυτών συνδέεται άμεσα με την αναγωγή (βιογενή ή μή) των θειικών ιόντων και με πυροηλεκτρικά φαινόμενα, που συντέλεσαν στην εκλεκτική ιονική απορρόφηση στις διάφορες θέσεις των κρυστάλλων. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι συχνά ο δολομίτης saddle συνοδεύεται από επιγενετική θειούχο μεταλλοφορία (Beales, 1971) και από κοιτάσματα υδρογονανθράκων.

#### γ. Δολομίτης κατά μήκος μικροστυλολίθων

Με τον όρο "μικροστυλόλιθοι" αποδίδονται στην διεθνή βιβλιογραφία πολύ λεπτές κυματοειδείς επιφάνειες, κατά μήκος των οποίων συγκεντρώνεται λεπτομερές πυριτικό-κλαστικό και αργιλλικό υλικό. Οι μικροστυλόλιθοι κύρια σχηματίζονται σε ασβεστολίθους που χαρακτηρίζονται από ένα σημαντικό ποσοστό συμμετοχής λεπτομερούς αδιάλυτου υλικού (πυριτικό υλικό, άργιλοι, λεπτοφυλλάρια μαρμαρυγιών) ή συγκέντρωση του οποίου κατά μήκος των μικροστυλολίθων οφείλεται στις διεργασίες πίεσης-διάλυσης (pressure-solution).

Στα ανθρακικά πετρώματα της Ενότητας Μάκρης παρατηρήθηκαν στυλολιθικές επιφάνειες διαφόρων μορφών. Κύρια όμως μορφή είναι οι μικροστυλόλιθοι που εμφανίζονται υπό μορφήν κυματοειδών τριχοειδών ταινιών, οι οποίες αναδιπλώνονται μεταξύ των και κατά θέσεις δημιουργούν ένα χαρακτηριστικό ψευδοκονδυλώδη ιστό (Εικ. 5). Κατά μήκος αυτών των ταινιών παρατηρείται συγκέντρωση μικρο-μεσοκρυστάλλων δολομίτη χαρακτηριστικής νεφελώδους όψεως, που πιστεύουμε ότι οφείλεται στην αφομοίωση αργιλλικών συστατικών συγκεντρωμένων κατά μήκος των μικροστυλολίθων (Εικ. 6).

Η δημιουργία των μικροστυλολίθων στα μελετηθέντα δείγματα είναι οπωσδήποτε ύστερο-διαγενετική, δεδομένου ότι οι μικροστυλόλιθοι είναι καλά διατηρημένοι, πλευρικά συνεχείς σε μικροσκοπική και μακροσκοπική κλίμακα και δεν διακόπτονται από την ανάπτυξη των δολομιτικών κρυστάλλων. Είναι φανερό πώς αν η διεργασία πίεσης-διάλυσης αντιπροσώπευε ένα πρώιμο στάδιο στην διαγενετική ιστορία των πετρωμάτων αυτών, οι παρατηρούμενες μικροστυλολιθικές επιφάνειες θα έπρεπε να υφίσταντο σχετική παραμόρφωση, όπως π.χ. συμβαίνει με τις λεπτοστρώσεις των πετρωμάτων-που όπως προαναφέραμε πιθανόν οφείλονται στην δράση φυκών-οι οποίες έχουν σαφώς παραμορφωθεί με την ανάπτυξη των δολομιτικών (πρώην εβαποριτικών) κονδύλων.

Η διεργασία πίεσης-διάλυσης-δολομιτίωσης (pressure-solution-dolomitization) ανήκει και αυτή μαζί με άλλες (φυσική συμπίεση-παραμόρφωση, νεομορφισμός μικρόκτη σε



Εικ. 5. Μικροστυλολιθικές επιφάνειες υπό μορφήν κυματοειδών τριχοειδών ταινιών. Σημειώστε τη συγκέντρωση κρυστάλλων δολομίτη κατά μήκος των μικροστυλολίθων.  
// Nicols, 30X

Fig. 5. Wavy, hair-like microstylolitic surfaces. Note the accumulation of dolomite crystals along the microstylolites.



Εικ. 6. Συγκέντρωση δολομιτικών κρυστάλλων κατά μήκος μικροστυλολιθικών επιφανειών, ωφειλόμενη σε διεργασίες πίεσης-διάλυσης.  
// Nicols, 30X

Fig. 6. Accumulation of dolomite crystals along microstylolitic surfaces, due to pressure-solution processes.

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

μικροσπαρίτη ή ψευδοσπαρίτη) στην κατηγορία των αντιδράσεων των ασβεστολίθων στην πίεση και ως εκ τούτου θα πρέπει να θεωρείται σαν μία φυσική και αναμενόμενη απάντηση των ασβεστολίθων έναντι της πίεσης (Wapless, 1979). Σημαντικό ρόλο στην αντίδραση αυτή παίζει το ποσοστό των χημικών αδρανών υλικών που περιέχονται στα ανθρακικά πετρώματα (κλαστικό πυριτικό και αργιλλικό υλικό) και το ποσοστό των ιόντων Mg στα ενδιάμεσα διαλύματα. Το λεπτομερές αδιάλυτο υλικό συγκεντρώνεται λόγω της διάλυσης που προκαλεί η εξάσκηση πίεσης και δημιουργεί επιφάνειες-ζώνες ασθενέστερης συνοχής, ενώ τα ιόντα του Mg που απελευθερώνονται κατά την διάρκεια της διάλυσης λόγω πίεσης, συγκεντρώνονται στα κυκλοφορούντα στα ενδιάμεσα διαλύματα και δίνουν γένεση σε δολομιτικούς κρυστάλλους κατά μήκος των ίδιων επιφανειών.

Και στην περίπτωση των δολομιτικών κρυστάλλων αυτού του τύπου παρατηρήθηκε περιφερειακή ζώνη πιο νεφελώδης από το υπόλοιπο του κρυστάλλου που οφείλεται πιθανότατα σε μερική αφομοίωση του περιβάλλοντος ανθρακικού ιζήματος, όπως και στον τύπο του δολομίτη "saddle".

Σύμφωνα με την άποψη των Mattes και Mountjoy (1980) είναι επίσης πιθανή συγκέντρωση προσχηματισθέντων κρυστάλλων δολομίτη υπό μορφήν αδιάλυτων συστατικών κατά μήκος επιφανειών πίεσης-διάλυσης, δεδομένου ότι ο δολομίτης είναι αρκετά πιο ανθεκτικός στην διάλυση έναντι του ασβεστίτη σε συνθήκες βάθους.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ανθρακικά πετρώματα της Ενότητας Μάκρης έχουν υποστεί έντονη δολομιτίωση, φαινόμενο το οποίο μελετήθηκε λεπτομερώς. Δύο είναι οι κύριοι τύποι δολομιτικών κρυστάλλων η γένεση των οποίων αποδίδεται σε διαφορετικές διαγενετικές διεργασίες.

α. Ξενόμορφοι κρύσταλλοι, σχετικά αδροκρυσταλλικού δολομίτη σε μικροκονδύλους-νησίδες. Τα κύρια οπτικά χαρακτηριστικά των κρυστάλλων του δολομίτη αυτού του τύπου είναι : ελαφρά καμπύλες κρυσταλλικές έδρες, επαλωτές έως ανώμαλες κρυσταλλικές επαφές, καστανόφαιη απόχρωση, έντονος πλεοχροϊσμός, και κυματοειδής κατάσβεση. Τα ανωτέρω χαρακτηριστικά συνηγορούν στην άποψη ότι πρόκειται για τον γνωστό ως δολομίτη "saddle" ή "baroque" που έχει αναφερθεί και περιγραφεί σε πολλούς ανθρακικούς σχηματισμούς. Η ιστολογική σχέση των μικροκονδύλων και του τρόπου παραμόρφωσης των πρωτογενών λεπτοστρώσεων των ασβεστολίθων-όπου διατηρούνται-μας οδήγησε στην υπόθεση ότι πιθανόν τα πρωτογενή ιζήματα να εκτέθηκαν σε αερόβιες συνθήκες που προκάλεσαν ανάπτυξη εβαποριτικών κρυστάλλων-κονδύλων. Η εν συνέχεια διάλυση των εβαποριτικών ορυκτών δημιούργησε διαλυσιγενείς κοιλότητες στις οποίες καθίζησε ο δολομίτης που περιφερειακά φαίνεται ότι αφομοίωσε μέρος του μητρικού ανθρα-



κικού ιζηματος.

β. Μικρο-μεσοκρυσταλλικός δολομίτης κατά μήκος μικροστυλολιθικών επιφανειών πίεσης-διάλυσης. Ο δολομίτης αυτός χαρακτηρίζεται από νεφελώδη όψη, που πιστεύουμε ότι οφείλεται στην απομοίωση των συγκεντρωθέντων, λόγω πίεσης κατά μήκος των μικροστυλολίθων, αργιλικών συστατικών. Οι μικροστυλόλιθοι εμφανίζονται υπό μορφήν κυματοειδών τριχοειδών ταινιών, αναδιπλούμενων μεταξύ των, που κατά θέσεις δημιουργούν ένα ψευδο-κονδυλώδη ιστό. Τα ιόντα του Mg που απελευθερώνονται κατά την διάρκεια της διάλυσης λόγω πίεσης, εμπλουτίζουν τα κυκλοφορούντα στα ενδιάμεσα διαλύματα και δίνουν γένεση σε δολομιτικούς κρυστάλλους που συγκεντρώνονται κατά μήκος των μικροστυλολίθων.

Είναι σαφές ότι και στις δύο προαναφερθείσες περιπτώσεις αποκλείεται η περίπτωση της συγγενετικής-πρωϊμοδιαγενετικής δολομιτίωσης των ιζημάτων. Όσον αφορά τη δημιουργία του δολομίτη "saddle" πιστεύουμε ότι έλαβε χώρα επιγενετικά κατά την ύστερη διαγένεση των ιζημάτων πιθανόν λόγω ανάμειξης υπόγειων διαλυμάτων διαφόρων συστάσεων σε κατάλληλες αναλογίες.

Όσον αφορά δε τον τύπο του δολομίτη που ακολουθεί τους μικροστυλολίθους είναι φανερή η υστεροδιαγενετική του προέλευση, δεδομένου ότι οι μικροστυλόλιθοι είναι καλά διατηρημένοι, πλευρικά συνεχείς σε μικροσκοπική και μακροσκοπική κλίμακα και σε καμία θέση δεν παρατηρήθηκε παραμόρφωσή τους από την ανάπτυξη δολομιτικών κρυστάλλων.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BADIOZAMANI, K. 1973. The Dorag dolomitization model-application to the Middle Ordovician of Wisconsin. Jour.Sed.Petrology, 43, 965-984.
- BEALES, F.W. 1971. Cementation by white sparry dolomite. In.:Bricker, O.P., ed., Carbonate Cements: Baltimore. The Johns Hopkins Univ. Press, 330-338.
- BOYANOV, I. & TRIFONOVA, E. 1978. New Data on the Age of the Phyllitoid Complex from the Eastern Rhodopes. Geologica Balcanica 8-1, 3-21.
- BOYANOV, I. & BUDUROV, K. 1979. Triassic Conodonts in Carbonate Breccia within the Low-grade Metamorphic Rocks of the East Rhodopes. Geologica Balcanica, 9.2., 97-104.
- BRAUN, E.V. 1968. Die mesozoischen Hülgesteine der SE-Rhodopen in West Thrazien (Griechenland)-Geol.Jb., 85, 564-584.
- CHOQUETTE, P.W. 1971. Late ferroan dolomite cement, Mississippian carbonates, Illinois Basin, U.S.A. In: Bricker, O.P., ed., Carbonate Cements: Baltimore. The Johns Hopkins Univ. Press., 339-346.

- FAIRCHILD, I.J. 1980. Stages in a Pre-cambrian dolomitization, Scotland: cementing versus replacement textures. *Sedimentology*, 27, 631-650.
- FOLK, R.L. & ASSERETO, R. 1974. Giant aragonite rays and baroque white dolomite in tepee-fillings, Triassic of Lombardy, Italy. *Soc. Econ. Paleont. and Mineralogists, Ann. Mtg.*, 34-35.
- FRIEDMAN, G.M. & RADKE, B. 1979. Evidence for sabkha overprint and conditions of intermittent emergence in Cambrian-Ordovician carbonates of Northeastern North America and Queensland, Australia. *Northeastern Geology*, 1, 18-42.
- HEIMANN, K.O. 1967. Über das Alter praetertiärer Gesteine des Nordwestteils der Insel Samothraki (Griechenland)-Akad. Abt., Band 42, 153-160.
- ILLING, L.V., WELLS, A.J. & TAYLOR, J.M. 1965. Penecontemporary dolomite in Persian Gulf. In: *Dolomitization and limestone diagenesis, a Symposium*. L.C. Pray & R.C. Murray. *Soc. Econ. Paleont. and Mineralogists, Spec. Publ.*, 13, 89-111.
- KINSMAN, D.J.J. 1969. Modes of formation, sedimentary associations and diagnostic features of shallow-water and supratidal evaporites. *Am. Ass. Petroleum Geologists. Bull.*, 53, 4, 830-840.
- KOPP, K.O. 1961. Geologie Thraziens. I. N. Jb. Geol. u. Paläont., Abh., 112, 352-382.
- KOPP, K.O. 1965. Geologie Thraziens. III. *Ann. Géol. Pays Hell.*, 16, 315-362.
- KOPP, K.O. 1969. Geologie Thraziens. VI. Der Çoban Dag (Frenk Bunar) westlich von Alexandroupolis. *Geotekton. Forsch.*, 31, 97-116.
- KOCKEL, F. & WALTHER, H.W., 1965. Die Strimonlinie als Grenze zwischen Serbo-Mazedonischen und Rila-Rhodope-Massiv im Ost Mazedonien. *Geol., Jb.*, 83, 575-602.
- MARATOS, G. & ANDRONOPOULOS, B. 1965a. Contribution à la détermination de l'âge d' un horizon dans le cristallophyllien du Rhodope. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 6, 25-35.
- MARATOS, G., ANDRONOPOULOS, B. 1965b. Nouvelles données sur l' âge des phyllites du Rhodope. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 6, 113-131.
- MARATOS, G., ANDRONOPOULOS, B. 1965c. Les couches de Melia-Alexandroupolis, leur âge et leur position dans la structure du Rhodope. *Bull. Geol. Soc. Greece* 6, 132-146.
- MARATOS, G., ANDRONOPOULOS, B. 1967. La faune trouvée dans les calcaires d' Aliki, Alexandroupolis (Phyllites du Rhodope). *Bull. Geol. Soc. Greece*, 6, 348 - 352.
- MATTES, B.W. & MOUNTJOY, E.W. 1980. Burial dolomitization of the Upper Devonian Miette Buildup, Jasper National Park, Alberta. In: *Concepts and*

- Models of Dolomitization. D.H. Zenger, J.B. Dunham and R.L. Ethington. Soc.Econ.Paleont.and Mineralogists,Spec.Publ.,28,259-297.
- ΜΠΟΣΚΟΣ, Ε., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Π. & ΠΕΡΔΙΚΑΤΣΗΣ Β. Το κρυσταλλικό υπόβαθρο της Ροδοπικής μάζας ανατολικά της Κομοτινής (υπό δημοσίευση).
- MUIR, M., LOCK, D. & von der BORCH, C. 1980. The Coorong Model for renecontemporaneous dolomite formation in the Middle Proterozoic McArthur Group, Northern Territory, Australia. In:Concepts and Models of Dolomitization. D.H. Zenger, J.B., Dunham and R.L. Ethington. Soc. Econ. Paleont.and Mineralogists, Spec.Publ., 28, 51-67.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Π. Γεωλογικά φύλλα 1 : 50.000 ΦΕΡΑΙ-ΠΕΠΛΟΣ-ΑΙΝΟΣ, ΜΑΡΩΝΕΙΑ, 1980, 1982, ΙΓΜΕ ΑΘΗΝΑ.  
: Γεωλογικά φύλλα 1 : 50.000 ΣΑΠΠΑΙ, ΚΑΡΔΑΜΟΣ-ΒΥΡΣΙΝΗ, ΔΕΡΕΙΟ-ΣΟΥΦΛΙ , ΔΙΔΥΜΟΤΕΙΧΟ και 1 : 25.000 ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΙΣ (υπό παράδοση-έκδοση ΙΓΜΕ).
- PAPANIKOLAOU, D. with contr. SCARPELIS,N., 1980. Geotracerse Southern Rhodope-Crete-In:Sasso F.P. (ED),IGCP N°5,News etter,2,41-48.
- RADKE,B.M. & MATHIS, R.L. 1980. On the formation and occurrence of saddle dolomite. Jour. Sed. Petrology 50,4,1149-1168.
- RICHETTS, B.D. 1983. The evolution of a Middle Precambrian Dolostone - Sequence.A spectrum of dolomitization regimes. Jour. Sed. Petrology, 53, 2, 565-586.
- SHEARMAN, D.J. 1966. Origin of marine evaporites by diagenesis. Trans. Inst.Min.Metall., (Sect.B:Appl.earth Sci.), 75,208-215.
- VON DER BORCH, C., LOCK, D.E. & SCHWEBEL, D. 1975. Groundwater formation of dolomite in the Coorong region of South Australia.Geology, 283-285.