

## Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΝΕΟΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΩΝ ΕΩΣ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΜΕΣΟΖΩΙΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΜΑΚΡΗΣ, ΔΥΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ, ΔΥΤΙΚΗ ΘΡΑΚΗ / ΕΛΛΑΔΑ\*

N. ΙΩΑΝΝΙΔΗ, Ε. ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗ, Δ. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗ & Α. ΚΙΛΙΑΣ<sup>1</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην περιοχή Νέας Μάκρης μελετήθηκαν ιζηματογενείς σχηματισμοί, οι οποίοι απετέθησαν επικλισιγενώς επί του κρυσταλλοσχιζοτιώδους υποβάθρου της Ροδόπης, από το Λιθανθρακοφόρο έως το Άνω Τριαδικό - Κάτω Ιουραϊκό. Επομένως η ηλικία μεταμόρφωσης του υποβάθρου είναι αρχαιότερη του Λιθανθρακοφόρου. Οι ανωτέρω σχηματισμοί υπέστησαν επιζωνική μεταμόρφωση και σύγχρονη παραμόρφωση στο Μέσο Ιουραϊκό. Στο Άνω Ιουραϊκό σχηματίζονται επικλισιγενώς μαζώδεις ασβεστόλιθοι επί των μεταίζημάτων, χωρίς φαινόμενα μεταμόρφωσης και παραμόρφωσης. Νεότερο συμβάν στην εγγύτερη περιοχή αποτελούν οι επικλιουγενείς ασβεστόλιθοι του Ηωκαίνου. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι πρόκειται για αυτόχθονους έως παρα-αυτόχθονους και όχι ετερόχθονους σχηματισμούς.

### ABSTRACT

The stratigraphy, metamorphism and tectonism of the Makri Unit, W.Thrace, Greece, are presented. The Unit is composed of metasedimentary formations which comprise, from bottom to top, metaconglomerates to metapsammites, crystalline limestones to marbles, phyllites to shales, and greenstones. Often, greenstones and phyllites are found in lateral transition. The protoliths of the greenstones were probably carbonaceous clays and/or marls. All formations mentioned above are interpreted to be autochthonous to para-autochthonous.

Study of the mineral assemblages of the metasedimentary formations suggests that metamorphism took place under middle greenschist facies conditions. Thermobarometry methods applied to the greenschists suggest average P-T conditions of metamorphism of about 3.6 kbar and 384°C respectively. The average attitude of the schistosity planes is 45°/23° SE.

Two phases of plastic deformation have been observed. The first phase was responsible for the development of asymmetric, sub-isoclinal folds with simultaneous formation of mineral orientation parallel to the fold axes, suggesting that deformation and metamorphism were contemporaneous events that took place during the Middle Jurassic. The second phase was responsible for the development of open folds that refolded the older structures (first phase); unlike the first tectonic phase, the second phase was not accompanied by metamorphic processes.

On the basis of fossils it is suggested that sedimentation started with conglomerates deposited on the crystalline basement during Carboniferous times and continued with the deposition of limestones, shales and marls up to Upper Triassic-Lower Jurassic times. The environment of deposition was probably initially that of a shallow marginal basin that deepened with time, yet restricted to that of a continental

\* STUDY OF METASEDIMENTARY FORMATIONS OF UPPER PALAEOZOIC TO MESOZOIC AGE, FROM NEA MAKRI (ALEXANDROUPOLIS AREA), W. THRACE/GREECE

<sup>1</sup> N.ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ (Υπ. Διδ.), Ε. ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ (Αν. Καθ.), Δ. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ (Καθ.), Α. ΚΙΛΙΑΣ (Καθ.), Τομέας Γεωλογίας, Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόδωρος" Η Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

shelf. During the Upper Jurassic massive limestones were deposited. These rocks show the signs of diagenesis and slight plastic deformation that was not accompanied by metamorphism. Sedimentation in the study area ended with the deposition of Eocene transgressive limestones.

**KEY WORDS:** Epizonal, Metamorphism, Meta-sediments, Transgression, Carboniferous, Middle Jurassic, Upper Jurassic, Eocene, Autochthonous.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στη μελέτη της στρωματογραφίας, της πετρογραφίας και της μεταμόρφωσης καθώς και της τεκτονικής όλων των μεταίζημάτων που αποτελούν τη λεγόμενη Ενότητα Μάκρης. Ο προβληματισμός προέκυψε λόγω της ιδιαιτερότητας του συγκεκριμένου χώρου, καθόσον έχουν γραφεί αρκετές εργασίες οι οποίες παρουσιάζουν αποκλίσεις μεταξύ τους, που σχετίζονται με τις παραδοχές αν τα εν λόγω ιζημάτα και ο σχηματισμός τους συνδέονται με αυτόχθονες γεωλογικές διαδικασίες ή ακόμη ετερόχθονες οι οποίες βρίσκονται στη σημερινή τους θέση μέσω τεκτονικών διαδικασιών. Βαρύτητα εδόθη στη χρονολόγηση των προαναφερθέντων συμβάντων επειδή αυτή αποτελεί και την ουσία των διακυμαινόμενων απόψεων.

## 2. ΘΕΣΗ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη Δ. Θράκη και συγκεκριμένα Δ έως και ΒΔ της Αλεξανδρούπολης, περιλαμβάνοντας τα όρια των νομών Ροδόπης και Έβρου. Γεωτεκτονικά εντάσσεται στις Εσωτερικές Ελληνίδες Ζώνες, η τοποθέτησή της δε την οριοθετεί στο Α και ΝΑ περιθώριο της μάζας της Ροδόπης (Σχ.1α). Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές αποτελεί μέρος της Περιροδοπικής Ζώνης, όπως αυτή αρχικά καθιερώθηκε από τους Kauffmann et al.(1976) με το όνομα Circum Rhodope Belt, περιλαμβάνοντας και ιζημάτα όμοιων γεωλογικών συνθηκών που αποτέθηκαν στο δυτικό περιθώριο της Σερβο-Μακεδονικής μάζας.

Οι Μαράτος και Ανδρονόπουλος (1964α,β) και Maratos et al.(1977) μελετώντας πρώτοι όλη τη φυλλιτική σειρά από το χωριό Ατάρνη μέχρι την Αλίχη αναφέρουν, ότι αυτή αποτελεί τον υπερχείμνο οριζόντιο του κρυσταλλοσχιτώδους της Ροδόπης. Στο χώρο της Θράκης η Περιροδοπική Ζώνη, σύμφωνα με τους Papadopoulos (1980,1982) και Κουρή (1980), συμπεριλαμβάνει δύο Ενότητες: την Ενότητα Μάκρης και την Ενότητα Δρυμού-Μελίας, την οποία αναφέρουν για πρώτη φορά ως Στρώματα Μελίας-Αλεξανδρουπόλεως οι Μαράτος και Ανδρονόπουλος (1964γ). Οι Μπόσκος κ.ά.(1988) αναφέρουν ότι η Ενότητα Μάκρης αποτελεί τμήμα ή τεκτονικό υπόλειμμα της Περιροδοπικής Ζώνης, η οποία βρίσκεται σε τεκτονική επαφή με το κρυσταλλικό υπόβαθρο της Ροδόπης, ενώ σύμφωνα με τους Papadopoulos et al.(1989) η ασυμφωνία της παραπάνω Ενότητας και του Προαλπικού κρυσταλλικού υποβάθρου είναι κυρίως τεκτονική, ίσως όμως να είναι και ιζηματογενής. Ο Χατζηδημητριάδης (1990α) συγκρίνει τη Σερβο-Μακεδονική και Ροδοπική μάζα καθώς και τα μεσοζωϊκά ιζημάτά τους και θεωρεί ότι η σειρά των ιζημάτων της Μάκρης αποτελεί μία ξεχωριστή Ενότητα, που οφείλεται στο σχηματισμό μιας περιθωριακής θάλασσας με σύγχρονη απόθεση Περιοδοπικών ιζημάτων επί του κρυσταλλοσχιτώδους υποβάθρου. Κατά τον Braun (1993,1995) οι διάφοροι σχηματισμοί της Περιροδοπικής Ζώνης θεωρούνται ότι επωθήθηκαν στα Δ, Ν και Α περιθώρια του κρυσταλλοσχιτώδους υποβάθρου, με πιθανό τόπο προέλευσης την ΒΔ Ανατολία.

## 3. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Από τη μακροσκοπική παρατήρηση και μελέτη αναγνωρίστηκαν λιθολογικές ακολουθίες, οι οποίες από τους βαθύτερους λιθοστρωματογραφικούς οριζόντιους προς τους ανώτερους είναι (Σχ.2):

1. α) Κρυσταλλοσχιτώδεις σχηματισμοί όρθο- και παρα-προέλευσης (Μιγματιτικοί έως αμφογενείς) έκτασης μερικών δεκάδων μέτρων. ΒΑ του χωριού Κίρνη, αποτελούμενοι κυρίως

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

από μορφές μικροταινιών πληρωμένες με χαλαζία και αστρίους, χρώματος λευκού, φαιού έως ανοικτού φαιού. Πρόκειται περί τυπικών ολισθολίθων που εντοπίζονται στα υπερχείμενα μέρη των μεταίζημάτων.

β) Ορθο-γενεύσιος με σαφή ορυκτολογική γραμμώση εκφραζόμενη κυρίως με προσανατολισμό φύλλων μαρμαριγία, αστρίων και χαλαζία, χρώματος λευκού έως λευκοπράσινου, παρατηρούμενος Α του χωριού Συκορράχη. Η τοποθέτηση του παραπάνω σχηματισμού είναι τεκτονική (λεπίωση), ενώ η παρουσία ορυκτών σερίκιτη και χλωρίτη δείχνει ότι αυτός έχει υποστεί ανάδρομη μεταμόρφωση, η οποία συμπίπτει με τη χαμηλή περιοχική μεταμόρφωση των γειτονικών πετρωμάτων (πρασινόλιθος). Τα παραπάνω γεωλογικά συμβάντα λαμβάνουν χώρα στη διάρκεια του Μέσου Ιουρασικού με ορυκτά μεταμόρφωσης ίδιων P-T συνθηκών, με εκείνες της περιοχικής μεταμόρφωσης των ιζημάτων (Χατζηδημητριάδης, 1990α). Επίσης οι Μπόσκος κ.ά. (1988) αναφέρονται λεπτομερώς για το ίδιο θέμα.

## 2. Επικλυσιγενείς ιζηματογενείς σχηματισμοί χαμηλής μεταμόρφωσης, οι οποίοι αποτελούν την Ενότητα Μάκρης και περιλαμβάνουν:

α) μετακροκαλοπαγείς έως μεταψαμμιτικούς σχηματισμούς (μεταγραουβάκες), που αποτελούνται κυρίως από κροκάλες και λατύπες γαλακτόχρωμοι χαλαζία και αστρίων, με υλικό σινοχής κυρίως από σερίκιτη και χλωρίτη. Δυτικά της Μάκρης παρατηρούνται κροκάλες και λατύπες κερατολιθικές (λυδίτες) ποικίλου μεγέθους. Ο βαθμός στρογγύλλωσης των περισσότερων κροκαλών είναι ως επί το πλείστον μέτριος έως κακός, πράγμα που σημαίνει μικρή απόσταση μεταφοράς αυτών. Σε μερικά μέρη παρατηρούνται μεγάλες γενευσιακές κροκάλες, οι οποίες δείχνουν ένα σαφή προσανατολισμό των ορυκτών από τα οποία αποτελούνται (ΒΔ της Μάκρης). Την ύπαρξη γενευσιακών κροκαλών αναφέρουν επίσης ο Braun (1968) και ο Χατζηδημητριάδης (1990α).

Τόσο από το γενευσιακό υλικό που παρατηρείται υπό μορφή κροκαλών όσο και από τον κακό έως μέτριο βαθμό στρογγύλλωσης συμπεραίνεται, ότι οι παραπάνω σχηματισμοί είναι περισσότερο αυτόχθονοι έως παρα-αυτόχθονοι, επειδή το υλικό από το οποίο αποτελούνται κατάγεται αποκλειστικά από το μη αποκαλυφθέν ακόμη κρυσταλλοσχιτιστώδες υπόβαθρο, το οποίο όμως παρατηρείται στην εγγύτερη περιοχή έρευνας, δηλαδή Β της Μάκρης (Δυτικά του Σουφλίου).

β) Κρυσταλλικοί ασβεστολιθοί έως μάρμαρα χρώματος τεφρού, γκριζού έως γκριζόλευκου, ενίοτε λευκού (μάρμαρα Ατάρνης). Σύμφωνα με τους Πομόνη-Παπαϊωάννου και Παπαδόπουλο (1988) τα ανθρακικά πετρώματα της Ενότητας Μάκρης έχουν υποστεί έντονη δολομιτώση.

γ) Φυλλίτες έως και μερικώς αργιλλικοί σχίστες, κατά θέσεις γραφιτικοί, οι οποίοι περιλαμβάνουν τόσο αμιγή αργιλλικά μέρη, όσο και περιοχές όπου παρατηρούνται ασβεστολιθικές παρεμβολές με πάχη που κυμαίνονται μερικές φορές από 5-10cm ή 20-25cm, ενώ άλλοτε μερικές δεκάδες μέτρα.

Για όλους τους παραπάνω σχηματισμούς αναφέρθηκαν, με μικρο-διαφοροποιήσεις, οι Μαράτος και Ανδρονόπουλος (1964α,β, 1965), Braun (1968), Papadopoulos (1980, 1982), Κουρής (1980), Μπόσκος κ.ά. (1988), Papadopoulos et al. (1989), Χατζηδημητριάδης (1990α), Braun (1993) κ.ά.

δ) Πρασινόλιθικοί σχηματισμοί με πλευρικές μεταβάσεις φυλλιτών και παρεμβολές χαλαζιτών, οι οποίοι παρατηρούνται μέσα στον κύριο όγκο αυτών. Οι παραπάνω σχηματισμοί αποτελούν την ανώτερη μετα-ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά της Ενότητας Μάκρης, σύμφωνα με τους Μπόσκο κ.ά. (1988), Πομόνη-Παπαϊωάννου και Παπαδόπουλο (1988), Papadopoulos et al. (1989) και άλλων, ενώ ο Cheliotis (1986) θεωρεί ότι οι πρασινόλιθοι αποτελούν μία ιδιαίτερη Ενότητα μετα-ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών που συμπεριλαμβάνει και την Ενότητα Δρυμού-Μελίας.

Εκτός των παραπάνω σχηματισμών διαπιστώνονται σε επαφή με τους πρασινόλιθους και επικλυσιγενείς, πλακώδεις έως λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι Ηωκαινικής ηλικίας. Στα στρώματα αυτά δεν παρατηρείται καμμία παραμορφωτική δράση ούτε και μεταμορφική διεργασία, δείχνοντας με τον τρόπο αυτό τη συνεχόμενη ιζηματογένεση και την αυτοχθονότητα όλων των παραπάνω σχηματισμών. Ετσι η πα

### 3.1 Απολιθώματα

Βορειοδυτικά της Νέας Μάκρης στα ανώτερα μέρη των μετακροκαλοπαγών, τα οποία μεταβαίνουν στα υπερχείμμενα μάρμαρα, βρέθηκε κακώς διατηρημένο απολιθωμα κοραλλίου, πιθανόν το *Cyathoclisia Modavensis* (τετράκοράλλιο), της οικογένειας *Clisiophyllidae*, ηλικίας Κάτω Λιθανθρακοφόρο (Ορίον κ.ά., 1971). Επίσης Α του χωριού Ατάρνη, εντός των μαρμάρων, προσδιορίστηκαν άφθονα ανακρυσταλλωμένα ίχνη μικρο- και μακρο-απολιθωμάτων, των οποίων η εσωτερική δομή έχει πλήρως καταστραφεί. Από τις τομές των μακρο-απολιθωμάτων, σύμφωνα με τις απόψεις της Δρ. Β. Σκουρτσή-Κορωναίου (Ι.Γ.Μ.Ε), ορισμένες ανήκουν ενδεχομένως σε γαστερόποδα και ελασματοβράγχια, μεταξύ των οποίων μία κατατάσσεται με κάθε επιφύλαξη στο γένος *Megalodon*. Η ηλικία είναι πιθανώς Τριαδική (Νόριο, Ραίτιο, Brinkmann 1959) χωρίς να αποκλείεται εντελώς το Ανώτερο Παλαιοζωϊκό. Η Δρ. Ε. Μογycowa (Πανεπιστήμιο Jagiellonian-Κρακοβία) από τομές ανακρυσταλλωμένων ασβεστιτικών κελύφων προσδιόρισε πιθανόν βραχιονόποδα ή μαλάκια(ς), ενώ η Δρ. Anna Gandin (Πανεπιστήμιο Σιένα-Ιταλία) αναγνώρισε μερικά απολιθώματα ως γαστερόποδα, με γραμμωτό (ινώδες) πολυστρωματικό κέλυφος, το οποίο αντικαταστάθηκε εν το μεταξύ από ασβεστιτικό τεμαχώδη οσπρίτη. Οι Μαράτος και Ανδρονόπουλος (1964α) αναφέρουν την ύπαρξη απολιθωμάτων εντός κρυσταλλικών ασβεστολίθων επί των Διδύμων λόφων, Δ της Μάκρης, Περιοτριάδικής ηλικίας.

Βορειοανατολικά του χωριού Κόμορος, μέσα στους πρασινολίθους, παρατηρούνται κυκλικές και ελλειψοειδείς τομές μεγέθους 0,5-1,5 cm σπάνια δε μεγαλύτερες. Πρόκειται περί κυκλικών περιγραμμάτων απολιθωμάτων, πιθανόν πτεροκοραλλίων (*Pterocorallia*) με αμφίπλευρη συμμετρία, που στο τέλος γίνονται ωσειδή, εξελισσόμενα σε κυκλοκοράλλια (*Cyclocorallia*) με εξακτινωτή συμμετρία. (Brinkmann, 1959), από το Λιθανθρακοφόρο έως το Κάτω Τριαδικό.

Στο ύψωμα Χαλκήσι (264m), Δ του εγκαταλελειμμένου χωριού Αλίχη και ΒΔ της Αλεξανδρούπολης, παρατηρούνται τεφροί, γκρίζοι έως γκριζόλευκοι μαζώδεις ασβεστόλιθοι, οι οποίοι είναι αμεταμόρφωτοι. Οι παραπάνω σχηματισμοί περιέχουν άφθονα απολιθώματα, από τον προσδιορισμό των οποίων προκύπτει Άνω Ιουρασική ηλικία (Σχ.2). Στα ίδια στρώματα οι Μαράτος και Ανδρονόπουλος (1965), σύμφωνα με πλήθος απολιθωμάτων που προσδιόρισαν, αποδίδουν Άνω Ιουρασική-Κάτω Κρητιδική ηλικία.

Πρέπει να διευκρινισθεί ότι τα απολιθώματα που παρατηρούνται στα μετα-ιζημάτα είναι κακώς διατηρημένα, προκαλώντας προβλήματα στον προσδιορισμό και μερική σύγχυση. Ως βασική αιτία του παραπάνω προβλήματος θεωρείται η μεταμόρφωση και η παραμόρφωση των εν λόγω ιζημάτων, γεωλογικά συμβάντα που αλλοίωσαν ουσιαστικά τη σωστή εικόνα των απολιθωμάτων, αφού στην πραγματικότητα εκδηλώνονται σε μικροσκοπικό μέγεθος, γεγονός που κατανοείται από τη μεταμόρφωση των ιδίων.

### 4. ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ

Κατά τη μικροσκοπική εξέταση των μεταιζημάτων, δηλαδή των μετακροκαλοπαγών και φυλλιτικών σχηματισμών, η κύρια παραγένεση των ορυκτών που παρατηρείται είναι: χαλαζίας + αλβίτης + μοσχοβίτης + βιοτίτης + χλωρίτης + επίδοτο + ασβεσίτης. Η παραγένεση αυτή ανήκει στη μεταμόρφωση Β1.2 τύπου Barrow (Turner και Verhoogen 1960, Winkler 1967) της πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Τα παραπάνω ορυκτά είναι χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης σύμφωνα με τον Winkler (1979), τον Wimmenauer (1985) και τους Bucher και Frey (1994) και ανήκουν στην πρασινοσχιστολιθική φάση.

Στους πρασινολίθους η μικροσκοπική μελέτη έδειξε την εξής κύρια ορυκτολογική παραγένεση: ακτινόλιθο + χαλαζία + επίδοτο (ζωϊσίτη/κλινοζωϊσίτη) + χλωρίτη + ασβεσίτη + αλβίτη + μοσχοβίτη + βιοτίτη. Η παρουσία ακτινόλιθου καθώς και ορυκτών της ομάδας των επιδότων, όπως ο ζωϊσίτης και ο κλινοζωϊσίτης, σε συνάρτηση με την απουσία των ορυκτών πρενίτη, ποιμπτελλυίτη και λωσονίτη, αποτελεί ένδειξη με

(Winkler, 1967), αντιπροσωπευμένης γενικά της παραγένεσης αυτής από ορυκτά χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης, όπως αυτά ορίζονται από τους Winkler (1979) και Bucher και Frey (1994). Από την παραπάνω ορυκτολογική παραγένεση συνάγεται το συμπέρασμα, ότι το αρχικό υλικό προέλευσης των πρασινολίθων ήταν κατά πάσα πιθανότητα ίζημα βασικής σύστασης, πιθανόν ασβεστιτική άργιλλος ή μάργα (Winkler, 1967). Η θεώρηση αυτή ενισχύεται από την παρουσία απολιθωμάτων, από την υφή του πετρώματος (κοκκώδης) καθώς και από το γεγονός ότι οι πρασινολίθοι παρατηρούνται στην ύπαιθρο κυρίως σε πλευρικές μεταβάσεις με τους φυλλίτες. Λάβες και τόφφοι βασικού χαρακτήρα είναι αδύνατο να δίδουν τη συχνή εικόνα των πλευρικών μεταβάσεων, χωρίς την παρουσία ξεχωριστών ομογενών όγκων πρασινολίθων που ίσως θα σχηματίζονταν με ηφαιστειακή δραστηριότητα.

Η παρουσία σμαραγδίτη, δηλαδή ακτινολίθου με αυξημένη περιεκτικότητα σε χρώμο κατά τόπους μέσα στους πρασινολίθους, υποδηλώνει ότι η θερμοκρασία μεταμόρφωσης στους χώρους αυτούς ήταν υψηλότερη (Tröger, 1969) και τοποθετείται στο όριο μεταξύ της πρασινοσχιστολιθικής και αμφιβολιτικής φάσης. Η αυξημένη περιεκτικότητα σε χρώμο (Cr), σύμφωνα με τον Kern (1968), είναι δυνατή σε ιζηματογενείς σχηματισμούς. Έχουν μετρηθεί ποσότητες Cr μέσα σε άργιλλους που φθάνουν μέχρι τα 133 ppm καθώς και σε ψαμμίτες που φθάνουν τα 340 ppm.

Συνολικά από τους παραπάνω ορυκτολογικούς προσδιορισμούς προκύπτει ότι τα μεταίζηματα της περιοχής έρευνας έχουν μεταμορφωθεί σε συνθήκες χαμηλής και μέσης πρασινοσχιστολιθικής φάσης, με αποκλίσεις προς την υψηλότερη υποφάση αυτής εξαιτίας της παρουσίας σμαραγδίτη. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται και από δεδομένα τα οποία προκύπτουν από την εφαρμογή μεθόδων γεωβαροθερμομετρίας στους πρασινολίθους, όπου υπολογίστηκαν τιμές πίεσης (P) και θερμοκρασίας (T) με τη χρήση του γεωβαροθερμομέτρου του Triboulet (1992) και θερμοκρασίας σχηματισμού των χλωριτών με τη χρήση του γεωθερμομέτρου του Jowett (1991). Ειδικότερα με τη μέθοδο Triboulet (1992) προκύπτουν τιμές πίεσης 3.6 kbar και θερμοκρασίας 384°C, οι οποίες δείχνουν συνθήκες μέσης πρασινοσχιστολιθικής φάσης, όπου λαμβάνει χώρα το κύριο μεταμορφικό γεγονός. Αντίστοιχα υπολογίστηκαν και τιμές πίεσης 2.8 kbar και θερμοκρασίας 288°C περίπου, θερμοκρασία η οποία ταυτίζεται σχεδόν με τη χαμηλότερη μεταμορφική θερμοκρασία των 220°C-279°C του χλωριτή, που υπολογίστηκε κατά Jowett (1991), αποτελώντας συνθήκες P,T που αντιστοιχούν σε συνθήκες κατώτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Για λόγους χώρου και οικονομίας δεν παρατίθενται πίνακες μικρο-αναλύσεων ορυκτών στο κείμενο, καθώς και τα διαγράμματα των μεθόδων γεωβαροθερμομετρίας που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Για περισσότερες λεπτομέρειες περί των παραπάνω μεθόδων και αναλύσεων σύγκρισε αντίστοιχη βιβλιογραφία (Ιωαννίδης, 1997/1998).

Οι Μαράτος και Ανδρονόπουλος (1964β) αναφέρουν ότι ο βαθμός μεταμόρφωσης (Ανώτερες βαθμίδες επιζώνης) μεταβάλλεται όχι μόνον κατακόρυφα, αλλά και πλευρικά μέσα στον ίδιο ορίζοντα στρωμάτων. Για μεταμόρφωση στη χαμηλή πρασινοσχιστολιθική φάση ομιλούν οι Papadopoulos (1980,1982), Μπόσκος κ.ά. (1988), Magganas (1988), Papadopoulos et al.(1989), Χατζηδημητριάδης (1990α), Braun (1993) κ.ά. Θα ήταν σκόπιμο να σχολιασθεί εδώ ότι η αναφορά των Μαράτου-Ανδρονόπουλου (1964β) σχετίζεται περισσότερο με τις τωρινές διαπιστώσεις, ότι στις πλευρικές μεταβάσεις παρατηρήθηκαν μεταβολές στο βαθμό μεταμόρφωσης τόσο στην οριζόντια όσο και κατακόρυφη έννοια.

Από τη μικροσκοπική μελέτη επίσης των γνευσιακών πετρωμάτων της περιοχής έρευνας διαπιστώνονται αλβίτες, μικροκλινείς και μέρη με μοσχοβίτη, που εξαλλοιώνονται σε σερικίτη και χλωριτή, τυπικά ορυκτά της ανόδρου μεταμόρφωσης. Ταυτόχρονα με αυτήν υλοποιείται και η περιοχική μεταμόρφωση της μεταίζηματογενούς σειράς. Περί αυτού συνηγορούν οι τεκτονικές παρατηρήσεις που έγιναν στα υποκείμενα και υπερεκείμενα πετρώματα με την παρουσία όμοιων, κλειστών, υποίσοκλινών πτυχών, που μαζί με τη μεταμόρφωση σχηματίζουν την τυπική εικόνα της σχιστότητας η οποία επικρατεί στην περιοχή. Αναφορά περί αυτών γίνεται και από τον Χατζηδημητριάδη (1990 α, β).

Οι μγματιτικοί γνεύσιοι με μορφή μικρο-εγκλωβισμένων όγκων εντός των πρασινολίθων, αποτελούν κατά τη γνώμη μας τυπικούς ολισθόλιθους, οι οποίοι αποκόπηκαν και ολίσθησαν από έντονα ανάγλυφα στο στάδιο της απόθεσης των ασβεστιτικών αργίλλων ή μαργών μέσα στο τότε μειογεωσύγκλινο και στη συνέχεια μεταμορφώθηκαν και παραμορφώθηκαν, τα μεν ιζημάτα περιοχικά σε πρασινολίθους, οι δε ολισθόλιθοι μγματιτικών γνευσίων ανάδρομα σε επιζωνικούς γνευσίους. Ανοδικές κινήσεις και διάβρωση τα αποκαλύπτουν στη σημερινή επιφάνεια. Η παραπάνω διαπίστωση σχετίζεται με το γεγονός ότι στη διάρκεια της απόθεσης των υπερκειμένων τμημάτων των ιζημάτων της περιοχής Μάκρης, το περιβάλλον αποσάθρωσης και προέλευσής τους εξακολουθούσε να ήταν γνευσιακό (κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο).

## 5. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ-ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ

Η μακροσκοπική μελέτη της πτυχωσιγενούς τεκτονικής δείχνει ότι έχουμε δύο κύριες παραμορφωτικές φάσεις. Το πρώτο κύριο παραμορφωτικό γεγονός σχετίζεται με τη δημιουργία κλειστών, ασύμμετρων, υποίσοκλινων πτυχών, με γωνία ανοίγματος περιγώνων  $2\alpha=25^{\circ}-40^{\circ}$ , των οποίων οι άξονες έχουν παρατάξη ΒΑ-ΝΔ, βυθιζόμενοι άλλοτε Β<sup>ο</sup> και άλλοτε ΝΔ, με γωνία βύθισης που κυμαίνεται (ως επί το πλείστον) από  $10^{\circ}-30^{\circ}$ . Το δεύτερο παραμορφωτικό γεγονός σχετίζεται με τη δημιουργία ανοικτών πτυχών με  $2\beta=120^{\circ}-140^{\circ}$  και μέση γωνία βύθισης  $16^{\circ}$  κυρίως προς τα ΒΒΑ, παρατηρούμενόν τόσο σε μεταμορφωμένους όσο και σε αμεταμορφωτους, νεότερης ηλικίας σχηματισμούς (Ασβεστόλιθοι Αλίκης). Η φορά της δύναμης που δημιουργεί και τις δύο πτυχωσιγενείς φάσεις είναι προς τα ΒΒΑ. Παρόμοιες παρατηρήσεις κάνει και ο Χατζηδημητριάδης (1990α). Η επικρατούσα σχιστότητα έχει παρατάξη  $45^{\circ}$ , γωνία κλίσης  $25^{\circ}$  και διεύθυνση κλίσης προς ΝΑ. Τα μεγάλου μήκους ρήγματα είναι κυρίως μεταπτωτικά με παρατάξεις Β-Ν και Α-Δ και με αποκλίσεις τόσο προς τη ΒΑ όσο και ως προς τη ΒΔ διεύθυνση. Τέτοια χαρακτηριστικά ρήγματα παρατηρούνται Β στην περιοχή του χωριού Συκορράχη, Ν κοντά στα χωριά Δίκελλα-Μεσημβρία καθώς και Δ προς τα χωριά Κόμορος, Πέραμα και Ατάρνη. Οι Μπόσκος κ.ά. (1988) και Papadopoulos et al. (1989) αναφέρονται στη νεότερη γενεά πτυχών με διευθύνσεις αξόνων  $90^{\circ}-110^{\circ}$  και  $90^{\circ}-110^{\circ}$ ,  $0^{\circ}-30^{\circ}$  αντίστοιχα, καθώς και σε νεότερη τεκτονική λελιώσεων με παρατάξεις Α-Δ, ΒΑ-ΝΔ, Β-Ν και φορά της επώθησης προς Β, ΒΔ και Δ αντίστοιχα.

Κατά τη μικροσκοπική μελέτη των μεταίζηματογενών σχηματισμών παρατηρείται ένας οριζτολογικός προσανατολισμός των φυλλόμορφων καθώς και των ετερομετρικών ορυκτών, όπως αστρίων, χαλαζία κ.ά. σύμφωνα με τη σχιστότητα, δημιουργώντας μία τυπική φολίδωση (foliation) κατά Mattauer (1973), ως μεταδιαγενετικό φαινόμενο που οφείλεται στις συνθήκες μεταμόρφωσης της μέσης πρασινοσχιστολιθικής φάσης, αποτελώντας μία σαφή ένδειξη ότι παραμόρφωση και μεταμόρφωση είναι σύγχρονα συμβάντα. Επίσης παρατηρείται κάμψη των φυλλόμορφων ορυκτών καθώς και των διδυμών των αστρίων.

Φαινόμενα σύγχρονης παραμόρφωσης και μεταμόρφωσης διαπιστώθηκαν τόσο σε φυλλιτικούς όσο και σε μετακροκαλοπαγείς σχηματισμούς. Συγκεκριμένα σε υποίσοκλίνη, ασύμμετρη πτυχή εντός μετακροκαλοπαγούς, η οποία υλοποιείται από υδροξείδια τιτανίου και λευκό μαρμαρυγία (σερικίτη), παρατηρείται κατά μήκος του εξωτερικού περιγράμματός της μία μετα-κρυσταλλική τεκτονική παραμόρφωση ( $Kg \rightarrow Fm$ ) που απεικονίζει την κάμψη, ενώ στο εσωτερικό της μία προ-κρυσταλλική τεκτονική παραμόρφωση ( $Fm \rightarrow Kg$ ), που εκδηλώνεται με τυχαία ανάπτυξη και τοποθέτηση των ορυκτών (χωρίς προσανατολισμό). Ο συσχετισμός των δύο αυτών εικόνων φανερώνει ότι έχουμε μία συν-κρυσταλλική τεκτονική παραμόρφωση (Ashgitei, 1963). Επίσης κατακερματισμένη στο ενδιάμεσό της χαλαζιακή κροκάλη, εντός μετακροκαλοπαγούς σχηματισμού, με σύγχρονη κνματοειδή κατάσταση που παρατηρείται στα άκρα της, αποτελεί μια τυπική εικόνα συν-κρυσταλλικής παραμόρφωσης ως προς το χαλαζία (Kaf, 1964).

Συνδυάζοντας παλαιοντολογικές, στρωματογραφικές και τεκτονικές παρατηρήσεις στην περιοχή έρευνας αποδεικνύεται, ότι η πλαστική παραμόρφωση και η σύγχρονη προς αυτήν μεταμόρφωση των μεταίζημάτων και του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου έλαβαν χώρα στη διάρκεια του Μέσου Ιουρασικού. Η παρατήρηση αυτή σχετίζεται με την απουσία όμοιων γεωλογικών συμβάντων στους υπερκείμενους επικλυσιγενείς, μαζώδεις ασβεστολίθους του Άνω Ιουρασικού, καθώς επίσης και από την εν γένει παραμόρφωση και μερικώς καταστροφή των Τριαδικής-Κάτω Ιουρασικής ηλικίας απολιθωμάτων, που εντοπίζονται στους κρυσταλλικούς ασβεστολίθους και πρασινολίθους της μεταίζηματογενούς σειράς (Σχ.2).

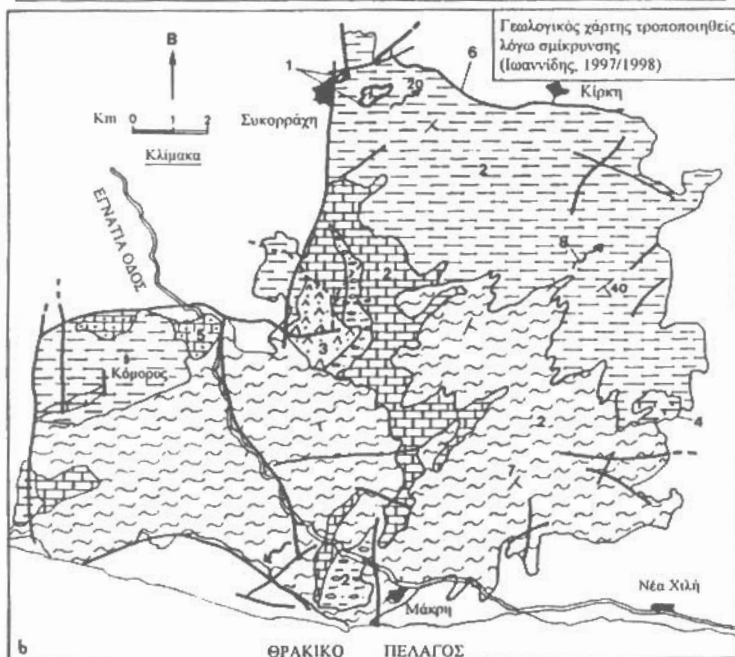
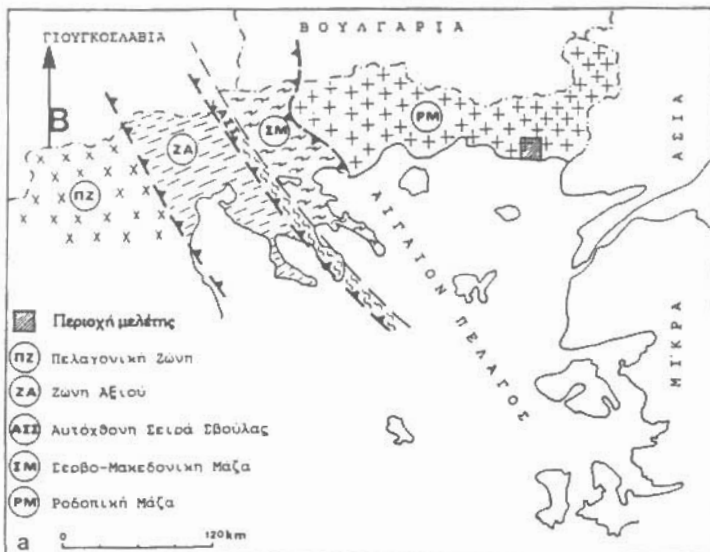
## 6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μεταίζηματογενείς σχηματισμοί που ερευνήθηκαν έχουν, προς τα υπερκείμενα κυρίως μέρη, σχέση πλευρικών μεταβάσεων μεταξύ τους. Τους πρωτόλιθους των πρασινολίθων απετέλεσαν πιθανόν ασβεστιτικές αργίλλοι ή ωάμη και μάργες, ενώ όλοι οι σχηματισμοί θεωρούνται ότι είναι κυρίως αυτόχθονοι, ενώ αργότερα μεταβάλλονται έως και σε παρα-αυτόχθονους.

Από τη μελέτη της ορυκτολογικής παραγένεσης προκύπτει, ότι η μεταμόρφωσή τους πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες χαμηλής έως μέσης πρασινοσχιστολιθικής φάσης, με απόκλιση από αυτήν προς την υψηλότερη. Οι αιτίες των διακυμάνσεων αυτών δεν ερευνήθηκαν, επειδή δεν αποτελούσαν αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Η παραπάνω διαπίστωση τεκμηριώνεται επίσης και από πειραματικά δεδομένα των μεθόδων γεωβαροθερμομετρίας που εφαρμόστηκαν στους πρασινολίθους, από τα οποία προκύπτει ότι οι μέσες τιμές πίεσης και θερμοκρασίας είναι:  $P=3.6 \text{ kbar}$  και  $T=384^\circ\text{C}$ .

Διαπιστώθηκαν δύο φάσεις παραμορφώσεων(πλαστικών): Η πρώτη εκδηλώνεται με τη δημιουργία κλειστών, ασύμμετρων, υποίσοκλινων πτυχών, με σύγχρονη προς αυτήν μεταμόρφωση, γεγονότα που υλοποιούνται στη διάρκεια του Μέσου Ιουρασικού, ενώ η δεύτερη συνδυάζεται με το σχηματισμό ανοιχτών πτυχών που επηρεάζουν τις αρχαιότερες, αποτελώντας έτσι νεότερο (τουλάχιστον του Άνω Ιουρασικού) παραμορφωτικό συμβάν, που δεν σχετίζεται με νέα μεταμορφωτική διεργασία.

Βάσει των απολιθωμάτων που βρέθηκαν προκύπτει, ότι η ίζηματογένεση αρχίζει με το κροκαλοπαγές επίκλυσης επί του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου στο Λιθανθρακοφόρο και συνεχίζεται με την απόθεση ασβεστολίθων, αργίλλων και μαργών μέχρι το Άνω Τριαδικό-Κάτω Ιουρασικό, με την παραδοχή ότι η παρουσία *Megalodon* συνηγορεί για Νόριο-Ραίτιο(:), δηλαδή νεότερο Άνω Τριαδικό προς Κάτω Ιουρασικό. Το περιβάλλον απόθεσης προσδιορίζεται ως μία ρηχή περιθωριακή θάλασσα που βαθαίνει σχετικά αργότερα, αλλ'αποτελεί μάλλον μια περιορισμένη υφαλοκρηπίδα. Στο Άνω Ιουρασικό θαλασσεινεί η περιοχή μελέτης και αποτίθενται μαζώδεις ασβεστόλιθοι, οι οποίοι δείχνουν σαφώς ότι υπέστησαν μόνον τις διεργασίες της διαγένεσης και μεταγενέστερα μερική πλαστική παραμόρφωση που δεν σχετίζεται με μεταμόρφωση. Τελικά η παρουσία μεταμορφωμένων κροκαλών από γενεσίους στο κροκαλοπαγές του Λιθανθρακοφόρου και οι ολισθόλιθοι γενεσιών στα υπερκείμενα μέρη των μεταίζημάτων, καθώς και η εκδήλωση Άνω Ιουρασικής επίκλυσης μαζωδών ασβεστολίθων, σχετίζονται με σαφείς πλέον ενδείξεις αυτόχθονων γεωλογικών διαδικασιών στην περιοχή και επιπλέον συνηγορούν ότι η μεταμόρφωση του υποβάθρου των πετρωμάτων της Α Ροδόπης είναι τουλάχιστον αρχαιότερη του Λιθανθρακοφόρου.



Εχ.1 α.Γεωτεκτονική ταξινόμηση των Εσωτερικών Ελληνίδων Ζωνών. β.1:Κρυσταλλοσχιστώδης υπόβαθρο (Προ-Παλαιοζωϊκό έως Παλαιοζωϊκό). 2:Μεταϊζηματογενής σειρά από μετακροκαλοπαγή έως μεταγραιοβάκες, κρυσταλλικούς ασβεστολίθους έως μάρμαρα, φυλλίτες και πρασινολίθους (Υποκείμενα προς υπερκείμενα-Λιθανθρακοφόρο έως Κάτω Ιουραϊκό). 3:Μεταβασίτες (Μεταγάββροι έως μεταδιαβάσεις, Προ-Μέσο Ιουραϊκό). 4:Ασβεστόλιθοι Άνω Ιουραϊκής ηλικίας. 5:Ασβεστόλιθοι Ηωκαινικής ηλικίας. 6:Ρήγματα. 7:Σχιστότητες. 8:Άξονες πτυχής.

Fig.1 a.Geotectonic classification scheme of the Internal Hellenide Zones. b.1:Crystalline basement (Precambrian to Palaeozoic). 2:Metasediments including from underlying to overlying: metaconglomerates to metagreywackes, crystalline limestones to marbles, phyllites and greenstones (Carboniferous to Lower Jurassic). 3:Metabasites (metagabbros to metadiabases, Pre-Middle Jurassic). 4:Limestones (Upper Jurassic). 5:Limestones (Eocene). 6:Faults. 7:Schistosity planes. 8:Fold axes.

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



<p>Σχετική και απόλυτη ηλικία γεωλογικών σχηματισμών και συμβάντων</p>	<p>Η ηλικία των ασβεστολιθίων Αλικής βάσει των προσδιορισθέντων απολιθωμάτων είναι Άνω Ιουρασική. Διεργασίες που υπέστησαν είναι μόνο διανέσση με σαφείς καταμήσεις κάδρα στο περιβάλλον. Για την επάνω διαπίστωση συνυπογράφουν επίσης τα σιφούς, χωρίς τεκτονική παραμόρφωση, διαπιστωθέντα απολιθώματα. Οι ανοιχτές πτυχές είναι νεότερες τουλάχιστον του Άνω Ιουρασικού (Δεν έχουν παρατηρηθεί συντεκτονικές ενδείξεις)</p>	<p>Παλιοντολογικά ευρήματα, τεκτονικά και άλλα γεωλογικά συμβάντα</p>	<p>Απολιθώματα που βρέθηκαν στους ασβεστολιθούς Αλικής: Τριηματοφόρα (<i>Ophialimithium sp.</i>, <i>Rhynchocyclonema sp.</i> κ.ά), εχινόδερμα, θρυσόζωα, δίδυρα, γαστερόποδα, κοράλλια και φύκη.</p>	<p>Σχετική και απόλυτη ηλικία γεωλογικών σχηματισμών και συμβάντων</p>
<p>Παλιοντολογικά ευρήματα, τεκτονικά και άλλα γεωλογικά συμβάντα</p>	<p>Απολιθώματα που βρέθηκαν στους ασβεστολιθούς Αλικής: Τριηματοφόρα (<i>Ophialimithium sp.</i>, <i>Rhynchocyclonema sp.</i> κ.ά), εχινόδερμα, θρυσόζωα, δίδυρα, γαστερόποδα, κοράλλια και φύκη.</p>	<p>Παρουσία ανοιχτών πτυχών <math>2\alpha = 120^\circ - 140^\circ</math></p>	<p>Επίκλυση ζιγμάτων που αρχίζει στη διάρκεια του Κάτω Λιθάνθρακωφόρου με παρουσία τετρακοραλλίων (πεποκοραλλίων), που εξελίσσονται σε κυκλοκοραλλία στη διάρκεια του Τριαδικού έως και Κάτω Ιουρασικού</p>	<p>Παρουσία ανοιχτών πτυχών <math>2\alpha = 120^\circ - 140^\circ</math></p>
<p>Παλιοντολογικά ευρήματα, τεκτονικά και άλλα γεωλογικά συμβάντα</p>	<p>Επίκλυση ζιγμάτων που αρχίζει στη διάρκεια του Κάτω Λιθάνθρακωφόρου με παρουσία τετρακοραλλίων (πεποκοραλλίων), που εξελίσσονται σε κυκλοκοραλλία στη διάρκεια του Τριαδικού έως και Κάτω Ιουρασικού</p>	<p>Επίκλυση ζιγμάτων που αρχίζει στη διάρκεια του Κάτω Λιθάνθρακωφόρου με παρουσία τετρακοραλλίων (πεποκοραλλίων), που εξελίσσονται σε κυκλοκοραλλία στη διάρκεια του Τριαδικού έως και Κάτω Ιουρασικού</p>	<p>Επίκλυση ζιγμάτων που αρχίζει στη διάρκεια του Κάτω Λιθάνθρακωφόρου με παρουσία τετρακοραλλίων (πεποκοραλλίων), που εξελίσσονται σε κυκλοκοραλλία στη διάρκεια του Τριαδικού έως και Κάτω Ιουρασικού</p>	<p>Επίκλυση ζιγμάτων που αρχίζει στη διάρκεια του Κάτω Λιθάνθρακωφόρου με παρουσία τετρακοραλλίων (πεποκοραλλίων), που εξελίσσονται σε κυκλοκοραλλία στη διάρκεια του Τριαδικού έως και Κάτω Ιουρασικού</p>
<p>Παλιοντολογικά ευρήματα, τεκτονικά και άλλα γεωλογικά συμβάντα</p>	<p>Επίκλυση ζιγμάτων που αρχίζει στη διάρκεια του Κάτω Λιθάνθρακωφόρου με παρουσία τετρακοραλλίων (πεποκοραλλίων), που εξελίσσονται σε κυκλοκοραλλία στη διάρκεια του Τριαδικού έως και Κάτω Ιουρασικού</p>	<p>Επίκλυση ζιγμάτων που αρχίζει στη διάρκεια του Κάτω Λιθάνθρακωφόρου με παρουσία τετρακοραλλίων (πεποκοραλλίων), που εξελίσσονται σε κυκλοκοραλλία στη διάρκεια του Τριαδικού έως και Κάτω Ιουρασικού</p>	<p>Επίκλυση ζιγμάτων που αρχίζει στη διάρκεια του Κάτω Λιθάνθρακωφόρου με παρουσία τετρακοραλλίων (πεποκοραλλίων), που εξελίσσονται σε κυκλοκοραλλία στη διάρκεια του Τριαδικού έως και Κάτω Ιουρασικού</p>	<p>Επίκλυση ζιγμάτων που αρχίζει στη διάρκεια του Κάτω Λιθάνθρακωφόρου με παρουσία τετρακοραλλίων (πεποκοραλλίων), που εξελίσσονται σε κυκλοκοραλλία στη διάρκεια του Τριαδικού έως και Κάτω Ιουρασικού</p>

Σχ. 2 Γενικά στρωματογραφικά και γεωλογικά δεδομένα της Ενότητας Μάκρης  
Fig. 2. General stratigraphic and geological data of the Makri Unit

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ASHGIREI, G., D. (1963): *Strukturgeologie*. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.
- BORSI, S., FERRARA, G., & MERCIER, J. (1965): Détermination de l'âge des séries métamorphiques du Massif Serbo-Macédonien au Nord-Est de Thessalonique (Grèce) par les méthodes Rb/Sr et K/Ar. *Soc. Geol. du Nord Annales*, 223-225. Lille.
- BRAUN, E. VON (1968): Die mesozoischen Hüllgesteine der SE-Rhodopen in Westthrazien (Griechenland). *Geol. Jb.*, 85, 565-584. Hannover.
- BRAUN, E. VON (1993): The Rhodope Question viewed from Eastern Greece. *Z. dt. geol. Ges.*, 144, 406-418. Hannover.
- BRAUN, E. VON (1995): The Rhodope Composite Terrane. XV Congress of The Carpatho-Balkan Geological Ass. Athens. In Press.
- BRINKMANN, R. (1959): *Abriss der Geologie*. Zweiter Band. Historische Geologie. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.
- BUCHER, K. & FREY, M. (1994): *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 6th Edition, Complete Revision of Winkler's Textbook. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, etc.
- CHELIOTIS, I. (1986): *Geology, mineralization and rock geochemistry of a volcanic-sedimentary formation in the Xylagani-Maronia area, NE Greece*. M.Sc. Thesis. Univ. of Leicester. England.
- JOWETT, E., C. (1991): Fitting iron and magnesium into the hydrothermal chlorite geothermometer. *Geol. Assoc. Can. / Mineral. Assoc. Can. / Soc. Econ. Geol. Joint Ann. Meet., Abstracts with Programs*, 16, A62.
- ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ, Ν. (1997/1998): Γεωλογική μελέτη των ιζημάτων χαμηλής μεταμόρφωσης, Νεοπαλαοζωϊκής έως Άνω Τριαδικής-Κάτω Ιουρασιακής ηλικίας καθώς και των ασβεστολίθων του Άνω Ιουρασιακού, στην περιοχή Νέας Μάκρης, δυτικά της Αλεξανδρουπόλεως, νομός Έβρου. Διδακτορική διατριβή. Α.Π.Θ.
- KARL, F. (1964): *Anwendung der Gefügekunde in der Petrotektonik*. Teil I Grundbegriffe. Tektonische Hefte 5. Verlag Ellen Pilger, Clausthal-Zellerfeld.
- KAUFFMANN, G., KOCKEL, F. & MOLLAT, H. (1976): Notes on the stratigraphic and paleogeographic position of the Svoula Formation in the innermost zone of the Hellenides (Northern Greece). *Bull. Soc. géol. France*, (7) 18/2, 225-230. Paris.
- KERN, H. (1968): *Zur Geochemie und Lagerstättenkunde des Chroms und zur Mikroskopie und Genese der Chromerze*. Heft 6. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart.
- ΚΟΥΡΗΣ, Χ. (1980): Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, κλ. 1:50000. Φύλλο Μέση-Ξυλαγανή. Ι.Γ.Μ.Ε. Αθήνα.
- MAGGANAS, A. (1988): *Mineralogical, Petrological and Geochemical study on Metabasic and Metaultrabasic rocks of Circum-Rhodope Belt in Thrace area*. Ph.D. thesis, University of Athens, Greece.
- ΜΑΡΑΤΟΣ, Γ. & ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β. (1964α): Συμβολή εις τον προσδιορισμόν της ηλικίας ορίζοντος του κρυσταλλοσχιστώδους της Ροδόπης. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ.*, 6, 1, 25-35.
- ΜΑΡΑΤΟΣ, Γ. & ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β. (1964β): Νεώτερα δεδομένα επί της ηλικίας των φυλλιτών Ροδόπης. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ.*, 6, 1, 113-131.
- ΜΑΡΑΤΟΣ, Γ. & ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β. (1964, γ): Στρώματα Μελίας-Αλεξανδρουπόλεως. Η ηλικία και η τοποθέτησίς των εις την δομήν της Ροδόπης. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ.*, 6, 1, 132-146.
- ΜΑΡΑΤΟΣ, Γ. & ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β. (1965): Η ανευρεθείσα πανίς εις τους ασβεστολίθους Αλικής-Αλεξανδρουπόλεως (Φυλλίται-Ροδόπης). *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ.*, 6, 2, 348-352.
- MARATOS, G., ANDRONOPOULOS, V. & KOUKOUZAS, K. (1977): *Geological map of Greece*. Alexandroupolis sheet (1:50,000). I.G.M.E. Athens.
- MATTAUER, M. (1937): *Φηρικά Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.* Hermann. Paris.

- ΜΠΟΣΚΟΣ,Ε., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ,Π. & ΠΕΡΔΙΚΑΤΣΗΣ,Β.(1988): Το κρυσταλλικό υπόβαθρο της Ροδόπικης μάζας ανατολικά της Κομοτηνής. Δελτ.Ελλ. Γεωλ.Εταιρ., 20, 2, 259-273.
- ORLOV,A.,YU., MARKOVSKI,P.,B., RUZHENTSEV,E.,V. & SOKOLOV,S.,B. (1971): Fundamentals of paleontology. Porifera, Archaeocyatha, Coelenterata, Vermes.Voll.II.Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem.
- PAPADOPOULOS,P.(1980,1982): Map sheets:Fere-Peplos-Enos-Maronia 1:50.000,-Sappe-Kardamos-Virsini-Derio-Soufli-Didimoticho - 1:50.000, - Alexandroupolis 1:25.000. IGME. Athens.
- PAPADOPOULOS,P.,ARVANITIDES,N.D.& ZANAS,I.(1989): Some preliminary geological aspects on the Makri unit (phyllite series), peri-Rhodope zone. Geol.Rhodop.,1,34-42.
- ΠΟΜΩΝΗ - ΠΑΠΑΓΩΑΝΝΟΥ, Φ., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Π. (1988): Δολομιτίωση των ασβεστολίθων της μεταίζηματογενούς σειράς της ενότητας Μάκρης (ΝΑ-ΡΟΔΟΠΗΣ). Δελτ.Ελλ.Γεωλ.Ετ., 22/2, 429-447. ΑΘΗΝΑ.
- TRIBOULET, C. (1992): The (Na-Ca) amphibole-albite-chlorite-epidote-quartz geothermobarometer in the system S-A-F-M-C-N-H<sub>2</sub>O. 1. An empirical calibration. J. Metamorphic Geol., 10, 545-556.
- TROGER,E.(1969): Optisch Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Teil 2. Textband.E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- TURNER,F.,& VERHOOGEN,J.(1960): Igneous and metamorphic petrology. New York.2.Auf.
- WIMMENAUER,W.(1985): Petrographie der magmatischen und metamorphen Gestein. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart.
- WINKLER,H.,G.,F.(1967): Die Genese der metamorphen Gestein.2. Auflage. Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- WINKLER,H.,G.,F.(1979): Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin.
- ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ,Α.,Ε.(1990α): Πετροτεκτονικές συγκρίσεις στις μάζες Ροδόπης-Σερβομακεδονικής καθώς και στην αυτόχθονη σειρά της Σβούλας. Μια συμβολή στη γεωλογία των εσωτερικών Ελληνίδων ζωνών. Β.Ελλάδα. Βραβείο Ακαδημίας Αθηνών. Ορυκτός Πλούτος, 68, 19-40.
- ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ, Α., Ε. (1990 β): Συμβολή στη γεωλογία των Εσωτερικών Ελληνίδων Ζωνών. Νέες απόψεις περί της γεωλογίας της Σερβομακεδονικής μάζας και της αυτόχθονης σειράς της Σβούλας/Βόρεια Ελλάδα. Annal. Geol. des pays Hellén., Athens, 34/2, 187-222.