

Πρακτικά	6ου	Συνεδρίου	Μάτος	1992
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	XXVIII/1	σελ.	Αθήνα
			179-193	1993
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.		pag.	Athens

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΒΑ
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ

Δ.ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ*, ST.DURR**

ABSTRACT

Various metamorphic rocks of four geotectonic units built the territory of NE Chalkidiki peninsula, which are the Vertiskos and the Kerdilion unit (=Serbo-macedonian Massif), the Nea Madytos unit and the Arnea granite. According to the new data the Vertiskos unit lies tectonically on the Kerdilion unit; their contact is proved to be a significant mylonite shear zone, the "Upper Marble Shear Zone". The equivalence of the Nea Madytos unit to the Svoula series has to be considered after the present as doubtful. The Arnaia granite is along an also significant shear zone on to the Vertiskos unit overthrust.

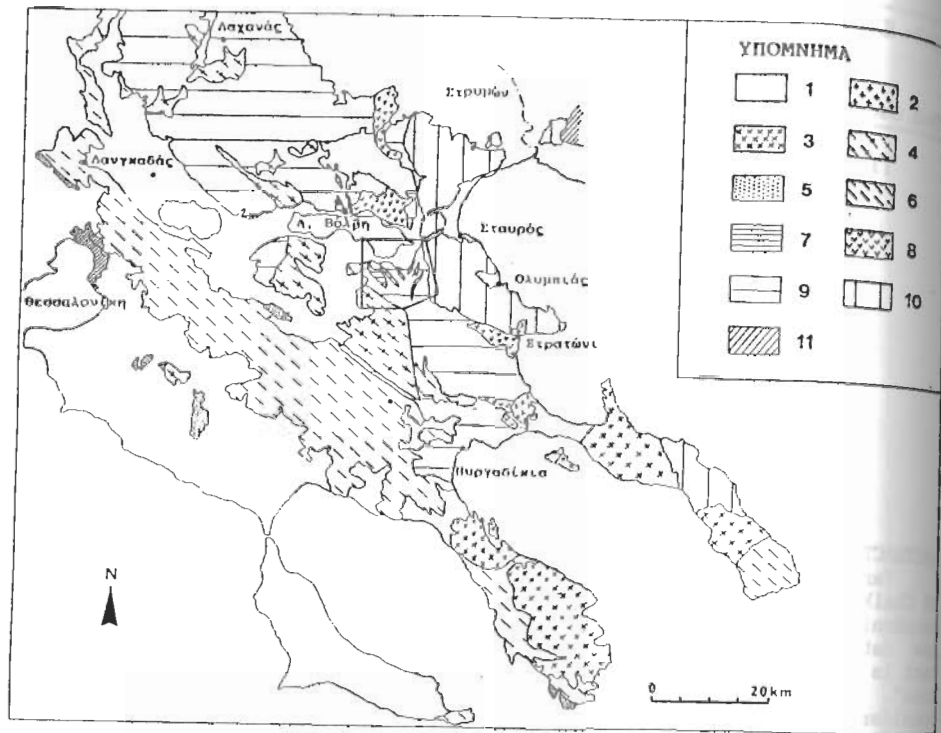
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πρώτες πληροφορίες για την Σερβομακεδονική Μάζα προέρχονται από τον ROSSMAY (1924), ο οποίος περιέλαβε όλα τα κρυσταλλικά πετρώματα του "προκάμβριου" υπόβαθρου της Βαλκανικής υπό τον όρο "Μάζα της Ροδόπης" ή "Θρακική Μάζα". Αργότερα ο OSSWALD (1931, 1938) παρατήρησε, ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα πετρώματα δυτικά και ανατολικά του Στρυμώνα. Πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν έκτοτε με το "κρυσταλλικό υπόβαθρο", πρώτος όμως ο DIMITROV (1955) ονομάζει την γεωλογική περιοχή ανατολικά του Στρυμώνα "Μάζα Ρίλας-Ροδόπης", ενώ η Σερβομακεδονική Μάζα χρωστάει το όνομα της στον ARSOVSKI (1961).

Η σημερινή εικόνα που έχουμε για την ΣΜΜ οφείλεται κατά μεγάλο ποσοστό στους DIMITRIJEVIC & CIRIC (1966) και DIMITRIJEVIC (1974). Στην Ελλάδα ο όρος "Σερβομακεδονική Μάζα" προτάθηκε και καθιερώθηκε από τους KOCKEL & WALTHER (1965, 1968) για τα κρυσταλλικά πετρώματα, που εξαπλώνονται με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ από την Αιμνη Δοϊράνη και το Οχυρό Ρούπελ στα βόρεια μέχρι το Άγιον Όρος στην Χαλκιδική. Οι ίδιοι συγγραφείς, καθώς και οι KOCKEL et al (1971, 1972, 1977) προχώρησαν στην διάκριση της "ελληνικής" ΣΜΜ σε δύο ενότητες - Βερτίσκου και Κερδιλίων -, τις οποίες προσπάθησαν να συσχετίσουν με συγκεκριμένα τμήματα της Γείρας Μάζας, που διέκριναν οι DIMITRIJEVIC & CIRIC (1966) στην Γιουγκοσλαβία. Από τους ίδιους επίσης (1977) προέρχεται και ο γεωλογικός χάρτης της Κεντρικής Μακεδονίας κλίμακας 1:100.000, στον οποίο φαίνεται η εξάπλωση της ΣΜΜ και του "μεσοζωικού καλύμματος της", της Περιροδοπικής ενότητας, στην Ελλάδα (Σικ. 1).

* Department of Geology, University of Athens, Panepistimioupoli, Zografou, 15704 Athens

** Geological Institute, University of Mainz, Saarstrasse 21, 6500 Mainz 1.

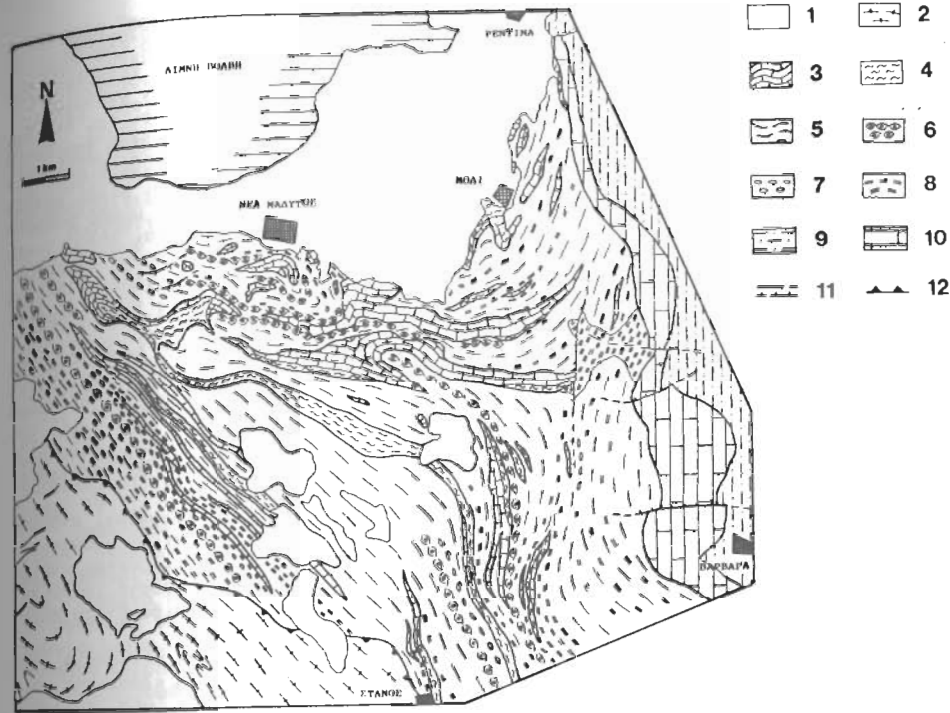


Εικ. 1: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής κατά KOCKEL et al (1977).
 1. Νεογένης - Τεταρτογενές 2. Γρανίτες Στρατωνίου και Ιερισσού 3. Γρανίτες Σιθωνίας 4. Γρανίτες Αρναίας, Λαχανά, Πανόθηγαδου 5. Χόλασσα Τιθωνίου 6. Περιροδοπική ενότητα 7. Ενότητα Νέας Μάδουτου 8. Συμπλεγμα Θερμιν - Βόλβης - Γοματιού 9. Ενότητα Βερτίσκου 10. Ενότητα Κερδυλίων 11. Ρήγμα

Προς Α η ΣΜΜ βρίσκεται τεκτονικά πάνω στα πετρώματα της "Μάζας της Ροδόπης" κατά μήκος της "Γραμμής του Στρυμώνα". Το όριο της προς Δ είναι επίσης τεκτονικό και χαρακτηρίζεται από λεπιώσεις πετρωμάτων της υπερκείμενης ΣΜΜ και της υποκείμενης Περιροδοπικής ενότητας.

Η περιοχή, που μελετήσαμε (Εικ. 2), βρίσκεται στην ΒΑ Χαλκιδική, νότια και ανατολικά της Λίμνης Βόλβης, ενώ στα όρια της βρίσκονται τα χωριά Νέα Μάδουτου, Σταυρός, Ολυμπιάδα, Βαρβάρη, Αρναία. Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη των KOCKEL et al (1977) στην περιοχή απαντώνται οι εξής γεωλογικές - γεωτεκτονικές ενότητες:

- Η ενότητα Κερδυλίων, η βαθύτερη ενότητα της ΣΜΜ, η οποία καλύπτει το ανατολικό τμήμα της περιοχής προς τον Στρυμωνικό Κόλπο.
- Η ενότητα Βερτίσκου, η ανώτερη ενότητα της ΣΜΜ καλύπτει το κεντρικό τμήμα της περιοχής.
- Ο γρανίτης της Αρναίας απαντάται στο ΝΔ τμήμα της περιοχής.
- Μεταίζηματα, κυρίως μάρμαρα και μεταπηλίτες, παρατηρούνται μέσα στην ενότητα Βερτίσκου σαν λεπτή και θεωρούνται από τους KOCKEL et al (1977) αντίστοιχα των πετρωμάτων της σειράς της Σβούλας της υποενότητας Μελισσοχωρίου - Χολωμώντας της Περιροδοπικής ενότητας. Στην παρούσα εργασία τα μεταίζηματα αυτά θα αναφέρονται ως "ενότητα Νέας Μάδουτου".



Εικ. 2: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Νέας Μάδουτου. 1. Νεογένης - Τεταρτογενές 2. Γρανίτες Αρναίας. Ενότητα Νέας Μάδουτου: 3. Μάρμαρα 4. Γραφίτικοι γνεύσιοι. Ενότητα Βερτίσκου: 5. Μοσχοβιτικοί και διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι 6. Γρανιτιτικοί γνεύσιοι 7. Οφθαλμώδεις γνεύσιοι 8. Αμφιβολίτες. Ενότητα Κερδυλίων: 9. Αν. Μάρμαρο 10. Γνεύσιοι 11. Ρήγμα 12. Επώθηση.

II. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ

II.1. Ενότητα Κερδυλίων

Η ενότητα Κερδυλίων είναι η κατώτερη και θεωρείται από τους KOCKEL et al (1977) σαν η αρχαιότερη από τις δύο ενότητες της ΣΜΜ, προκάμβριας ηλικίας.

Στην ΒΑ Χαλκιδική δομείται κατά κύριο λόγο από λεπτο- έως μεσοκρυσταλλικούς βιοιτιτικούς γνεύσιους, που παρουσιάζουν τέλεια μεταμορφική στρωμάτωση. Συνίσταται σχεδόν εξ ολοκλήρου από χαλαζία, πλαγιόκλαστα σύστασης ολιγοκλάστου και βιοτίτη, ενώ σε μικρότερο ποσοστό συμμετέχουν και καλιούχοι άστριοι. Πολύ συχνά είναι τα φαινόμενα μερικής ανάτηξης των λευκοκρατικών συστατικών του πετρώματος. Σπανιότερα εμφανίζεται γρανάτης ενώ ο χλωρίτης δημιουργείται από την "εξαλλοίωση" του βιοτίτη. Ασπές "στρώσεις" λίγων cm πλούσιες σε κροστίλη παρατηρήθηκαν μέσα στους τυπικούς βιοιτιτικούς γνεύσιους. Σε λίγες θέσεις, κυρίως κοντά στον Σταυρό, παρατηρήθηκαν πύο αδροκρυσταλλικές παραλλαγές, που εμφανίζονται όμως σαν στρωματώσεις πάχους λίγων cm ή dm εντελώς σύμφωνες στην μεταμορφική γραφική τους σύστασης πιστεύουμε, ότι η διαφορά στο μέγεθος των κρυστάλλων οφείλεται αποκλειστικά σε τεκτονικά αίτια.

Σύμφωνα με τους KOCKEL et al (1977), τον ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗ (1974) αλλά και κατά την άποψη μας οι βιοιτιτικοί γνεύσιοι προήλθαν από την μεταμόρφωση γραουβακών και αρκαζών.

Τον δεύτερο λόγο στην στρωματογραφική σύνθεση της ενότητας Κερδυλίων έχουν τα οφθαλμώδη γνεύσια. Συναντώνται σαν ενδοστρώσεις πάχους λίγων εκατοστών έως μερικών

δεκάδων μέτρων ή ακόμη σαν τεκτονικά φακοειδή ή απομονωμένα "boudins" μέσα στους βιοτιτικούς γνεύσιους. Αποτελούνται από κεροσίληρη και πλαγιόκλαστο (An 20 - 25 %) και προήλθαν από την μεταμόρφωση βασικών (πιθανόν βασαλτικών) εκχύσεων, που έλαβαν χώρα στην λεκάνη ιζηματογένεσης των μετακλαστικών βιοτιτικών γνευσίων.

Η λιθόστρωματογραφική στήλη της ενότητας Κερδυλίων περιλαμβάνει και δύο έως τρεις οριζόντες μαρμάρων, το πάχος των οποίων μεταβάλλεται. Η θέση την οποία κατέχουν οι οριζόντες αυτοί, οδήγησε τους KOCKEL et al (1977) να τους διακρίνουν σε "Ανώτερο", "Κατώτερο" και "Ενδιάμεσο Οριζόντα Μαρμάρου". Όλοι είναι μεταξύ τους ίδιοι ως προς την λιθολογία και συνίστανται από ασβεσίτη και μικρό ποσοστό χαλαζία, λευκού μαρμαρυγία και χλωρίτη. Σπανιότερα παρατηρούνται και δολομιτικές ενδισατρώσεις. Κατά την άποψη μας οι διαφορετικοί οριζόντες μαρμάρων αποτελούν ουσιαστικά σκέλη ισοκλινών πτυχών κλίμακας km, οι οποίες έχουν πτυχώσει ολόκληρη την μεταμορφωτική ακολουθία της ενότητας Κερδυλίων κατά την διάρκεια των αλληλεπόμενων παραμορφώσεων, που υπέστη (ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ, 1989).

Ενδιαφέρον όμως παρουσιάζει ο "Ανώτερος Οριζόντας Μαρμάρου" τόσο λόγω της θέσης του - παντού όπου η ενότητα Κερδυλίων έρχεται σε επαφή με την υπερκείμενη ενότητα Βερτίκου, είναι ο "Ανώτερος Οριζόντας Μαρμάρου", που έρχεται σε επαφή με διάφορους λιθολογικούς οριζόντες της ενότητας Βερτίκου - αλλά και λόγω του παραμορφωτικού ισοτύπου που παρουσιάζει και που τον διακρίνει από τους υπόλοιπους οριζόντες. Εξ αιτίας των ιδιαίτερων αυτών χαρακτηριστικών του θα εξεταστεί λεπτομερέστερα στο Κεφ. III.1.

Στο δυτικό τμήμα της περιοχής εξαπλώσεως της ενότητας Κερδυλίων, ανάμεσα στην Ρεντίνα και την Βάρβαρο, απαντώνται λεπτές στρώσεις μοσχοβιτικών γρανατιτικών γνευσίων μέσα στους κυριαρχούντες βιοτιτικούς γνεύσιους. Αποτελούνται κυρίως από χαλαζία, μοσχοβίτη, πλαγιόκλαστο, γρανάτη και σε μικρότερο ποσοστό ορθόκλαστο. Το πρωτογενές πέτρωμα των γνευσίων αυτών ήταν κατά πάσα πιθανότητα ηλιετικός.

Από όσα αναφερθηκαν πιο πάνω συμπεραίνεται, ότι η πρωτογενής ακολουθία της μεταμορφωμένης σήμερα ενότητας Κερδυλίων αποτέθηκε σε μια λεκάνη κλαστικής κατά κύριο λόγο ιζηματογένεσης (γραουβάκες, αρκόζες, λίγιοι ηλιετίτες) με μια τουλάχιστον φάση ανθρώπινης ιζηματογένεσης. Στην λεκάνη αυτή σημειώθηκαν κατά διαστήματα βασαλτικές πιθανότατα εκχύσεις.

Ένα ιδιαίτερο τέλος χαρακτηριστικό της ενότητας Κερδυλίων είναι οι πολυάριθμες απλιτικές και πηγματιτικές φλέβες, που διατρέχουν τα πέτρωματά της. Η ηλικία των φλεβών μπορεί να διακριθεί με βάση κυρίως την ένταση και το είδος της παραμόρφωσης τους. Υπάρχουν φλέβες, που έχουν διεκδοθεί κατά μήκος κυρίως νεότερων ολιγομειοκαινικών διαρρηξιών και δεν παρουσιάζουν ίχνη πλαστικής παραμόρφωσης. Αντίθετα υπάρχουν άλλες, που είναι ουσιαστικά παράλληλες στην κύρια δομή των μεταμορφωτών, ενώ και οι ίδιες είναι μεταμορφωμένες και παραμορφωμένες. Ανάμεσα στις δύο αυτές ακραίες περιπτώσεις εμφανίζονται όλες οι ενδιάμεσες καταστάσεις. Ας σημειωθεί, ότι οι φλέβες είναι πολυπληθέστερες στην ΝΑ περιοχή της ενότητας, δηλαδή πλησιάζοντας αφενός στον γρανοδiorίτη του Στρατωνίου ηλικίας 29 Ma, αφετέρου δε στον μιγματίτη της Ολυμπιάδας, τον οποίο οι KOCKEL et al (1977) αναφέρουν σαν "πλαγιόκλαστικό - μικροκλινικό γνεύσιο".

II.2 Ενότητα Βερτίκου

Η ενότητα Βερτίκου αποτελεί την ανώτερη ενότητα της ΣΜΗ και καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της Μάζας στην Ελλάδα. Οι συνθήκες επαφής της ενότητας αυτής με την υποκείμενη ενότητα Κερδυλίων θα εξεταστούν στο Κεφ. III.1.

Η ενότητα Βερτίκου, σε αντίθεση με την ενότητα Κερδυλίων, παρουσιάζει αρκετά μεγάλη πικουλίλα λιθολογικών τύπων, δεν περιέχει όμως μάρμαρα, ενώ σπάνια παρατηρήθηκαν ανατηκτικά φαινόμενα.

Την μεγαλύτερη εξαπλώση παρουσιάζουν οι διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι, που συνίστανται από χαλαζία, πλαγιόκλαστο, μοσχοβίτη και βιοτίτη. Σε μερικές θέσεις περιέχουν γρανάτη και σε μικρότερο ποσοστό μαγνησιούχο ή/και οιδηρούχο χλωρίτη και επίδοτο. Το μεγαλύτερο τμήμα του πέτρωματος καταλαμβάνουν τα πλαγιόκλαστα, ενώ ο μοσχοβίτης υπερτερεί του βιοτίτη. Με βάση την σύσταση τους οι διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι πρέπει να θεωρούνται μεταηλιετικής προέλευσης.

Ενα επίσης σημαντικό τμήμα της ενότητας Βερτίκου καταλαμβάνουν οι μοσχοβιτικοί γνεύσιοι, οι οποίοι εναλλάσσονται με τους διμαρμαρυγικούς και μαζί αποτελούν τους δύο κυριώτερους λιθολογικούς τύπους της ενότητας αυτής. Πετρογραφικά αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από χαλαζία, πλαγιόκλαστο και μοσχοβίτη. Σπάνια περιέχουν βιοτίτη και καλιούχο άστριο. Ο χλωρίτης που συναντάται σφειλάται ως επί το πλείστον σε διεργασίες διαφθορέσης. Σπανιότερα απουσιάζουν τα πλαγιόκλαστα ενώ παρουσιάζεται μεγάλο σχετικά ποσοστό μαγνησιούχο χλωρίτη. Οι μοσχοβιτικοί γνεύσιοι προήλθαν από την μεταμόρφωση αρχιλλικών ιζημάτων.

Μοσχοβιτικοί γρανατιτικοί γνεύσιοι εμφανίζονται σαν ενδισατρώσεις πάχους λίγων μέτρων μέσα στους διμαρμαρυγικούς και μοσχοβιτικούς γνεύσιους. Περιέχουν χαλαζία, πλαγιόκλαστο, μοσχοβίτη, γρανάτη, συχνά χλωρίτη και σε μικρότερο ποσοστό βιοτίτη και επίδοτο. Η σύσταση τους προδίδει μεταίζηματογενές πέτρωμα ηλιετικής ή γραουβακικής προέλευσης.

Ένας ιδιαίτερος τύπος της λιθολογικής στήλης της ενότητας Βερτίκου είναι οι σταυρολιθικοί κυανιτικοί γρανατιτικοί γνεύσιοι. Έκτός από σταυρόλιθο, κυανίτη και γρανάτη περιέχουν χαλαζία, μοσχοβίτη, βιοτίτη, χλωρίτη και λίγο ηλιετίτη και ειδες. Η σύσταση των γνευσίων αυτών αντιπροσωπεύει μεταηλιετικές πλούσιους σε Mg και Fe, που αποτελούν ιδεώδη πέτρωμα για τον καθορισμό του βαθμού μεταμόρφωσης. Ο ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ (1989) διεκρίνει στους γνεύσιους αυτούς τουλάχιστον τρεις χαρακτηριστικές παραγενέσεις, που αντιστοιχούν σε ισορυθμικές μεταμορφωτικές φάσεις (Κεφ. IV).

Οφθαλμώδεις γνεύσιοι εμφανίζονται υπό μορφή φακών πάχους λίγων μέτρων έως λίγων δεκάδων μέτρων και μήκους μερικών χιλιομέτρων μέσα στους διμαρμαρυγικούς και μοσχοβιτικούς γνεύσιους. Συνήθως συνυπάρχουν με τους γρανατιτικούς γνεύσιους. Συχνά παρουσιάζουν χαρακτηριστικά εντονότατης διατήρησης και μυλωνιτώσεως. Οι οφθαλμοί φθάνουν σε σχέσεις πλάτους/μήκους μεγαλύτερες του 1/10. Χαλαζίας, πλαγιόκλαστα, καλιούχοι άστριοι, μοσχοβίτης, βιοτίτης, χλωρίτης και σε μικρό ποσοστό κεροσίληρη και επίδοτο αποτελούν τα ορυκτολογικά συστατικά των γνευσίων αυτών. Οι οφθαλμώδεις γνεύσιοι αντιπροσωπεύουν μεταγραφουβακές πιθανόν ηλιετικού ή μαργακίτη χαρακτήρα.

Στην μεταμορφωτική ακολουθία της ενότητας Βερτίκου αρκετά συχνό είναι, οι αμφιβολίτες. Εμφανίζονται σαν ενδισατρώσεις πάχους λίγων μέτρων έως δεκάδων μέτρων εντελώς σύμφωνες προς την κυρία δομή των γνευσίων. Συχνά παρατηρούνται και σαν τεκτονικά φακοειδή σώματα και boudins, που εμφανίζονται απομονωμένα μέσα στους γνεύσιους. Διακρίνονται αφενός στρωματώδεις αμφιβολίτες, που αποτελούνται από κεροσίληρη, πλαγιόκλαστα και λιγώτερο χαλαζία, ασβεσίτη και επίδοτο, αφετέρου πιο ομοιογενείς και συμπαγείς αμφιβολίτες, που αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από κεροσίληρη. Σύμφωνα με την ΚΑΖΣΩΛΗ-ΦΟΥΡΝΑΡΑΚΗ (1981) οι αμφιβολίτες τόσο της ενότητας Βερτίκου αλλά και της ενότητας Κερδυλίων προέρχονται από την μεταμόρφωση βασικού μάγματος θολειτικού χαρακτήρα.

Από την παραπάνω λιθολογική περιγραφή της ενότητας Βερτίκου προκύπτει, ότι η μεταμορφωτική αυτή ακολουθία αντιπροσωπεύει μία ηφαιστειο-ιζηματογενή πρωτογενή ακολουθία, που δημιουργήθηκε σε μια λεκάνη κλαστικής ιζηματογένεσης με ηλιετίτες, αρχιλλούς, γραουβάκες και παράλληλες εκχύσεις βασικού υλικού.

II.3 Ενότητα Νέας Μάδυτου.

Με τον όρο "ενότητα Νέας Μάδυτου" αναφέρονται στην παρούσα εργασία τα μεταίζηματα, τα οποία συναντώνται στην ΒΑ Χαλκιδική υπό μορφή λεπτιωμένων και πτυχωμένων δομών μέσα στην ενότητα Βερτίκου. Τα πέτρωματά αυτά, κυρίως μάρμαρα και "φυλλίτες" θεωρούνται από τους KOCKEL et al (1977) ισοδύναμα των μεταίζημάτων της Σβούλας, που ανήκουν στην υποενότητα Μελισσοχωρίου - Χολωμόντα της Περιφερειακής ενότητας. Αντίστοιχη της ενότητας Νέας Μάδυτου, βόρεια της Αίγινας Βόλβης, θεωρούμε την "Πολύχρωμη Σειρά" (Bunte Serie) του PΑΡΑΔΟΠΟΥΛΟΣ (1982).

Η ενότητα Νέας Μάδυτου στην ΒΑ Χαλκιδική περιλαμβάνει κυρίως μάρμαρα και γραφτιτικούς γρανατιτικούς γνεύσιους (φυλλίτες κατά KOCKEL et al. 1977), ενώ παρατηρήθηκαν και αμφιβολίτες περιορισμένης έκτασης.

Τα ανθρακικά πέτρωματά εμφανίζονται σε διάφορες παραλλαγές. Αδροκροσταλλικά μάρμαρα εναλλάσσονται με λεπτοπλακώδεις οριζόντες πλούσιους σε φυλλο-

πυριτικά ορυκτά ή/και χαλαζία. Σπανιότερα παρατηρήθηκαν οριζόντες στους οποίους ο χαλαζίας υπερτερεί του ασβεστίτη. Οι ανθρακικοί οριζόντες που χαρτογραφήθηκαν στην υπό μελέτη περιοχή έχουν συνήθως πάχος λίγων δεκάδων μέτρων, που στα κορυφαία των μεγαπτυχών φθάνει σε λίγες εκατοντάδες μέτρα, ενώ στα σκέλη πολλές φορές δεν ξεπερνά τα 5-10 μέτρα.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των μαρμάρων της ενότητας Νέας Μαδύτου προέρχεται από λεπτοπλακώδεις πελαγικής φάσης ασβεστόλιθους, συχνά πλούσιους σε αργιλλικό, μαργαϊκό ή ακόμα και ψαμμιτικό υλικό. Δίπλα σ' αυτά συνυπάρχουν και μάρμαρα, η ύσταση και η υφή των οποίων προδίδει μεταανθρακικά πετρώματα νηρειακής προέλευσης.

Οι γραφιτικοί γραναίτικοι γνευσιοί δημιουργούν στο υπαίθρο, εξ' αιτίας του σκούρου έως μαύρου χρώματος τους, χαρακτηριστικούς οριζόντες. Συνήθως είναι έντονα αποσαθρωμένοι και αντί για γνευσίους βρίσκει κανείς "μαύρο χώμα" πλούσιο σε γρανάτες διαμέτρου 0,5-2 cm. Εκτός από γραφίτη και γρανάτη περιέχουν χαλαζία, μοσχοβίτη, βιοτίτη, λίγα πλαγιόκλαστα καθώς επίσης σταυρόλιθο και χλωριτοειδείς.

Σε λίγες περιπτώσεις παρατηρήθηκε στο υπαίθρο βαθμιαία μετάβαση από τους γνευσίους στα μάρμαρα. Η περιοχή της μεταβάσης παρουσιάζει πάχος μέχρι 1 m και χαρακτηρίζεται από εναλλαγές μεταανθρακικών και γνευσιακών οριζόντων πάχους μερικών cm.

Οι αμφιβολίτες εμφανίζονται σαν ενδιστρώσεις πάχους λίγων δεκάδων cm μέσα στα πλούσια σε φυλλοπυριτικά ορυκτά μάρμαρα. Περιέχουν σημαντικό ποσοστό ασβεστίτη και χαλαζία, ενώ απουσιάζουν από την σύστασή τους τα πλαγιόκλαστα. Εναλλαγές οριζόντων μαρμάρου, γνευσίων και αμφιβολιτών παρατηρήθηκαν σε μια περίπτωση στο δεύτερο ρέμα ανατολικά της Νέας Μαδύτου. Τόσο λόγω της θέσης τους, όσο και λόγω της σύστασής τους - υψηλό ποσοστό ασβεστίτη και χαλαζία, απουσία πλαγιόκλαστου - πιστεύουμε ότι πρόκειται για αμφιβολίτες μεταϊζηματογενούς προέλευσης. Πρωτογενώς αποτελούσαν προφανώς μαργαϊκές ενδιστρώσεις μέσα στους πελαγικούς ασβεστόλιθους.

Φαίνεται λοιπόν ότι η ενότητα Νέας Μαδύτου αντιπροσωπεύει μία μεταϊζηματογενή ακολουθία πελαγικού κυρίως χαρακτήρα με κλαστικά - πηλίτες, μάργες - και ασβεστολιθικά ιζημάτα, ενώ δεν λείπουν και οι ασβεστολιθοί νηρειακής φάσης. Το πρόβλημα της αντιστοιχίας της ενότητας αυτής με παρόμοια πετρώματα της Περιρροδικής ενότητας θα συζητηθεί στο Κεφ. IV.

II.4 Γρανίτης Αρναίας

Ο γρανίτης της Αρναίας καταλαμβάνει σημαντικό τμήμα της ΣΜΜ νότια της Λίμνης Βόλβης και δομεί το νοτιοδυτικό τμήμα της υπό μελέτη περιοχής. Τα γρανιτικά σώματα, που εμφανίζονται βόρεια της Λίμνης Βόλβης μέσα στην ενότητα Βερτίσκου, θεωρούνται από τους KOCKEL et al (1977) αντίστοιχα του γρανίτη της Αρναίας.

Ο γρανίτης είναι πολύ λευκοκρατικός και δομείται κατά κύριο λόγο από χαλαζία, άστριους, μοσχοβίτη και λιγότερο βιοτίτη. Κατά θέσεις το ποσοστό μοσχοβίτη/βιοτίτη παρουσιάζει διακυμάνσεις. Το πέτρωμα κατέχει σε ολόκληρη την εξάπλωσή του τέλεια ανεπτυγμένη σχιστότητα έως μεταμορφική στρωμάτωση, και γράμμωση πάνω στις επιφάνειες σχιστότητας λόγω του γραμμικού προσανατολισμού των ορυκτών. Η δομή αυτή δικαιολογεί τον χαρακτηρισμό του γρανίτη της Αρναίας σαν ορθόγνευσίου, ενώ σε μία ζώνη πάχους λίγων δεκάδων μέτρων κατά μήκος της επαφής του με την Ενότητα Βερτίσκου αποκτά δομή οφθαλμώδους γνεύσιου. Ο PAPAΔOYPOYΛOΣ (1982) επίσης χαρακτηρίζει την συνέχεια του γρανιτικού σώματος βόρεια της Λίμνης Βόλβης σαν οφθαλμώδη γνευσίο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι παρατηρήθηκαν πτυχές της μεταμορφικής στρωμάτωσης του γρανίτη τόσο σε κλίμακα μεσοσκοπική όσο και σε κλίμακα εκατοντάδων μέτρων. Οι τελευταίες αναγνωρίστηκαν από την μελέτη των αεροφωτογραφιών της περιοχής νοτιοανατολικά του χωριού Μελισσοουργός. Σε πολλές θέσεις τέλος παρατηρήθηκαν τεκτονικές επιφάνειες ολίσθησης μικρής γωνίας κλίσης έως οριζόντιες μέσα στον γρανίτη. Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι ο γρανίτης της Αρναίας έχει υποστεί έντονη παραμόρφωση υπό συνθήκες καλύτερου τεκτονικού ορόφου αλλά και θραυστικούς μορφής παραμόρφωση.

Μέσα στο γρανιτικό σώμα παρατηρούνται πολύ συχνά τετρακταειδείς μορφής σώματα πάχους λίγων εκατοστών έως μισού μέτρου και μήκους 10-20 cm.



Εικ. 3: Επιμήκη βιοτιτικά σώματα παράλληλα προς την σχιστότητα του γρανίτη της Αρναίας στο δρόμο Στανός - Μελισσοουργός.

Τα σώματα αυτά παρουσιάζουν πολύ μελανοκρατική σύσταση - βιοτιτικής ή/και κερσοτίλλης, χλωρίτης, συχνά γρανάτης, ελάχιστος χαλαζίας ή πλαγιόκλαστα - και είναι πάντα απολύτως σύμφωνα προς την μεταμορφική στρωμάτωση του γρανίτη. Πιστεύουμε ότι αποτελούν είτε ξενόλιθους, τους οποίους παρέσυρε το γρανιτικό μάγμα κατά την διείσδυσή του, ή υπολείμματα μεταμορφωμένων πετρωμάτων - γνευσίων, αμφιβολιτών - από την ανάπτυξη των οποίων προήλθε ο γρανίτης της Αρναίας. Την δεύτερη εκδοχή θεωρούμε πιο πιθανή, γιατί τα σώματα αυτά εμφανίζονται με μεγάλη συχνότητα σε ολόκληρο το γρανιτικό σώμα και όχι μόνο στα περιθώρια του, όπως συνήθως συμβαίνει με τους ξενόλιθους.

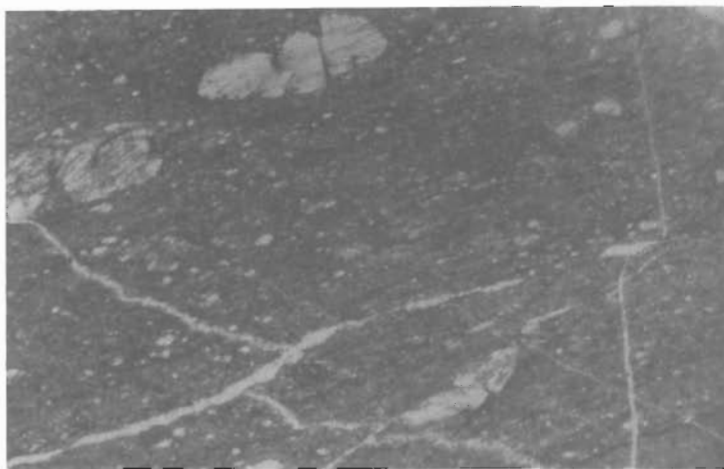
III. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΒΑ ΧΑΛΚΙΑΔΙΚΗΣ

III.1 Επαφή Ενότητας Κερδυλίων / Ενότητας Βερτίσκου : Ζώνη Διάτμησης Ανώτερου Μαρμάρου

Σύμφωνα με τους KOCKEL et al (1977) καμία αξιοσημείωτη ασυμφωνία δεν παρατηρείται μεταξύ των δύο ενότητων της ΣΜΜ, η επαφή των οποίων διαταράσσεται μόνο από νεώτερα ρήγματα. Όπως προέκυψε όμως από την χαρτογράφηση της περιοχής μεταξύ της Ρεντινάς και της Βαρβάρας διαφορετικοί λιθολογικοί οριζόντες της ενότητας Βερτίσκου έρχονται σε επαφή με τον "Ανώτερο Οριζόντα Μαρμάρου" της ενότητας Κερδυλίων. Επιπλέον, όπως διαφαίνεται από τα Κεφ. II.1 και II.2, είναι προφανείς οι λιθοστρωματογραφικές διαφορές των δύο ενότητων. Τέλος διαφορές σημειώθηκαν και με βάση ραδιοχρονολογικές μεθόδους, που εφαρμόστηκαν στα πετρώματα των δύο ενότητων. Ραδιοχρονολογήσεις που έγιναν από διάφορους ερευνητές σε μαρμαρυγίες και κερσοτίλλες στην ενότητα Βερτίσκου με τις μεθόδους K/Ar και Rb/Sr έδωσαν ηλικίες όχι νεώτερες του Κάτω Κρητιδικού. Αντίθετα οι ηλικίες που παρατηρήθηκαν στην ενότητα Κερδυλίων με αντίστοιχες ραδιοχρονολογικές μεθόδους δεν είναι αρχαιότερες του Ηνωμένου. Γίνεται λοιπόν φανερό, ότι υπάρχουν τόσο πρωταγενείς όσο και δευτερογενείς διαφορές ανάμεσα στις δύο ενότητες της ΣΜΜ.

Για τον λόγο αυτό μελέτησαμε τον "Ανώτερο Οριζόντα Μαρμάρου" με τον οποίο, όπως αναφέρθηκε, η ενότητα Κερδυλίων έρχεται σε επαφή με τους γνευσίους και αμφιβολίτες της ενότητας Βερτίσκου.

Η πετρογραφική σύσταση του μαρμάρου δεν παρουσιάζει διαφορές από τους υπόλοιπους οριζόντες μαρμάρων της ενότητας Κερδυλίων (Κεφ. II.1). Αρκετά συχνά όμως παρατηρούνται στο υπαίθρο μεσοσκοπικής κλίμακας ολισθήσεις με δημιουργία ψευδο-



Εικ. 4: Λεπτοτομή Κ 16, Αν. Μάρμαρο Εν. Κερδυλίων, Ρεντίνα. Μήκος φωτογραφίας 2mm. Η μικροκρυσταλλική ασβεστιτική κύρια μάζα με την πολύ έντονη διάτμηση και οι παραμορφωμένοι πορφυροκλάστες ασβεστίτη καταδεικνύουν την μυλονιτική δομή του Ανώτερου Μαρμάρου.

ταχυλίτη κατά μήκος αυτών. Οι ολισθήσεις αυτές έχουν κλίση 60°-80° προς Δ, και χαρακτηρίζονται από κανονική φορά διάτμησης. Επιπλέον είναι έντονη η κατάλωση του μαρμάρου και γίνεται ακόμη εντονότερη πλησιάζοντας στην επαφή με την ενότητα Βερτίοκου.

Ενας αρκετά μεγάλος αριθμός δειγμάτων συλλέχθηκε από τον "Ανώτερο Οριζόντιο Μάρμαρο" από την περιοχή μεταξύ Ρεντίνας και Βαρβάρις, τα οποία στο μικροσκοπίο παρουσιάζουν την εξής εικόνα:

Οι περισσότερες λεπτές τομές αποτελούνται από λεπτοκρυσταλλική, ανακρυσταλλωμένη, ασβεστιτική κύρια μάζα με εντονότατη διάτμηση-μυλονίωση, μέσα στην οποία διατηρούνται πολύ έντονα παραμορφωμένοι πορφυροκλάστες ασβεστίτη (Εικ. 4). Η δομή αυτή, που κυριαρχεί σε ολόκληρο σχεδόν τον οριζόντιο του μαρμάρου, τον κατατάσσει στους ορθο- έως υπερμυλονίτες και τον αναδεικνύει σε σημαντική ζώνη διάτμησης-μυλονίωσης μεταξύ των δύο ενοτήτων της ΣΜΜ. Δυστυχώς δεν κατέστη δυνατόν να καθοριστούν το μέγεθος και η φορά της κίνησης κατά μήκος της ζώνης.

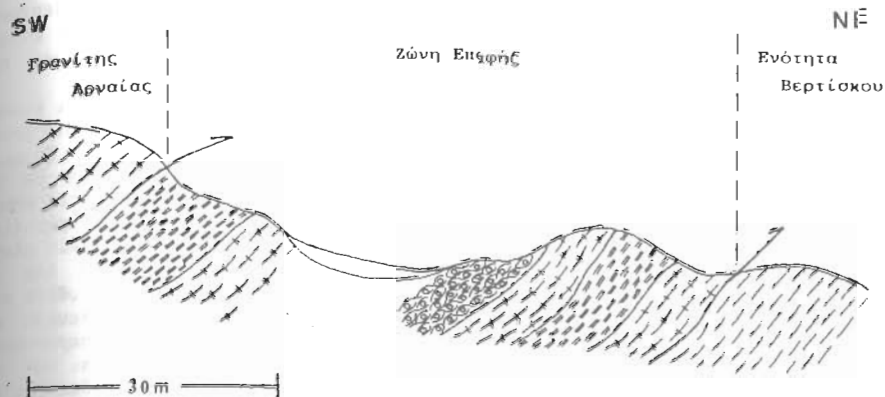
Σε όσες τομές δεν παρατηρήθηκε μυλονίωση του μαρμάρου, οι κρυστάλλοι ασβεστίτη ήταν εντονότατα παραμορφωμένοι. Ο μυλονιτικός ιός του μαρμάρου αργότερα διαταράχθηκε ελαφρά από την διάλυση του ασβεστιτικού υλικού κατά μήκος νεώτερων στυλολίθων και την απόθεση του σε μικροσκοπικά ασβεστιτικά φλεβίδια.

Για τους παραπάνω λόγους διαχωρίζουμε τον "Ανώτερο Οριζόντιο Μάρμαρο" από την ενότητα Κερδυλίων σαν ανεξάρτητη Τεκτονική Ενότητα και τον ονομάζουμε "Ζώνη Διάτμησης Ανώτερου Μαρμάρου".

Κατά μήκος της μυλονιτικής αυτής ζώνης έλαβαν χώρα σημαντικές κινήσεις αγνώστου προς το παρόν μεγέθους και φοράς μεταξύ των ενοτήτων Κερδυλίων και Βερτίοκου, η επαφή των οποίων οφείλει πλέον να θεωρείται τεκτονική. Ανεξάρτητα παραμένει η ηλικία δημιουργίας της ζώνης διάτμησης, όπως επίσης δεν γνωρίζουμε αν λειτουργήσει μία ή περισσότερες φορές. Σίγουρα όμως η Ζώνη Διάτμησης Ανώτερου Μαρμάρου μπορεί να εξηγήσει τις δευτερογενείς τουλάχιστον διαφορές των ενοτήτων Κερδυλίων και Βερτίοκου.

III.2 Επαφή Ενότητας Βερτίοκου / Ενότητας Νέας Μάδυτου

Τα μεταίζηματα της ενότητας Νέας Μάδυτου συναντώνται με την ενότητα Βερτίοκου. Οι λεπτιώσεων και οσκληρών μαγπαλιτών μέσα στην ενότητα Βερτίοκου. Οι



Εικ. 5: Σχηματική τομή της επαφής του γρανίτη της Αρναίας με την ενότητα Βερτίοκου, 1 km ΒΔ του Στανού. Ισχύει το υπόμνημα της Εικ. 2.

(1977) θεωρούν ότι τα πετρώματά αυτά και γενικότερα η ενότητα της Περιφορούικης αποτελεί το μεσοζωικό επικλυσίγενές κάλυμμα της ΣΜΜ. Πουθενά στην περιοχή που μελετήσαμε δεν παρατηρήσαμε επικλυσίγενη σχέση των μεταίζημάτων της Νέας Μάδυτου με την ενότητα Βερτίοκου, γεγονός αναμενόμενο, αφού τα πετρώματα των δύο ενοτήτων έχουν υποστεί σύμφωνα με τον ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ (1989) τουλάχιστον τέσσερις φάσεις παραμόρφωσης και μεταμόρφωσης.

Στο υπαίθριο σχηματίζει κανείς την εντύπωση σύμφωνης εναλλαγής των πετρωμάτων των δύο ενοτήτων, αφού η κύρια τεκτονομεταμορφική δόμη τους οφείλεται στην ίδια φάση και έλαβε χώρα μετά την τεκτονικής ή μη προέλευσης γέννησή τους. Μόνο στην κλίμακα του χαρτί παρατηρούμε σε λίγες περιπτώσεις, όπως ΝΝΔ της Νέας Μάδυτου, ότι πετρώματα της ομώνυμης ενότητας συναντούν με πολύ μικρά γωνία διαφορετικούς οριζόντιους της ενότητας Βερτίοκου.

Συχνά πιστοποιήθηκαν κατά μήκος των επαφών των πετρωμάτων των δύο ενοτήτων διαφορικές κινήσεις λιγότερο ή περισσότερο πλαστικού χαρακτήρα με δημιουργία ή όχι στην στενή ζώνη της επαφής συνκηνηματικών μικροπτυχών και οχλιστότητας. Τα φαινόμενα αυτά περιορίζονται κοντά στην επαφή των μαρμάρων κυρίως με τους γνεώσιους της ενότητας Βερτίοκου και οφείλονται στην διαφορετική συμπεριφορά των πετρωμάτων αυτών κατά την διάρκεια των νεώτερων παραμορφωτικών φάσεων. Δυστυχώς δεν προσφέρουν τίποτα στην εξεύρεση της αρχικής σχέσης επαφής μεταξύ των δύο ενοτήτων.

Προσωπική μας άποψη είναι ότι η αρχική σχέση επαφής της ενότητας Νέας Μάδυτου με την ενότητα Βερτίοκου ήταν τεκτονικού χαρακτήρα.

III.3 Επαφή Ενότητας Βερτίοκου / Γρανίτη Αρναίας

Στο Κεφ. II.4 αναφέρθηκε, ότι ο γρανίτης της Αρναίας, ο οποίος σε όλη του την εξάπλωση παρουσιάζει μία ήρεμη σχετικά μεταμορφική θραύση, στην περιοχή κοντά στην επαφή με την ενότητα Βερτίοκου αποκτά ορθοκλίση ιός, δηλ. εμφανίζει εντονότερη διάτμηση.

Η ίδια η ζώνη της επαφής ανάμεσα στον γρανίτη και την ενότητα Βερτίοκου παρουσιάζει την δομή, που φαίνεται στην Εικ. 5. Σε μία ζώνη πλάτους 100-150 m μεταξύ του γρανιτικού κώματος και της ενότητας Βερτίοκου επικρατεί μία τεκτονικής προέλευσης εναλλαγή γρανιτικών, γνευσιακών και αμφιβολιτικών φακοειδών σωματιδίων διαστάσεων παχούς έως 10-20 m και πολύ μεγαλύτερου μήκους. Οι επαφές μεταξύ των διαφορετικών οστώσεων τεκτονικών φακοειδών είναι επίσης τεκτονικές. Τα ίδια τα πετρώματα, που συμμετέχουν στην ζώνη της επαφής, τόσο μακροσκοπικά όσο και τα μικροσκοπικά, παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ως προς τον ιός τους, σε σχέση με τα οριζοντιοκίνητα αντίστοιχα τους, δηλ. το υπόλοιπο γρανιτικό σωμα της Αρναίας

και τους γνευσίους και αμφιβολίτες της ενότητας Βερτίσκου. Είναι πιο λεπτοκρυσταλλικά με πολύ εντονότερα ίχνη πλαστικής παραμόρφωσης καθώς επίσης και έντονης μυλονιτώσης. Η ζώνη της επαφής σε ολόκληρη την υπό μελέτη περιοχή κλίνει προς ΝΔ κάτω από τον γρανίτη της Αρναίας.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό, ότι ο γρανίτης της Αρναίας έχει κινηθεί πάνω από την ενότητα Βερτίσκου κατά μήκος μιάς σημαντικής ζώνης διατήρησης-επώθησης αγνούοντας προς το παρόν τη φορά και το μέγεθος της κίνησης. Χαρακτηριστικό είναι επίσης, ότι πούθενά κατά μήκος της επαφής του γρανίτη με την ενότητα Βερτίσκου δεν παρατηρούνται φαινόμενα, που συνοδεύουν συνήθως τις επαφές μαγματικών σωμάτων με τα περιβάλλοντα πετρώματα, όπως άλωσ επαφής, κερατιτώση κ.λ.π.. Επίσης δεν παρατηρήθηκε αύξηση του αριθμού των απλιτοπηγματιτικών φλεβών πλησιάζοντας προς τον γρανίτη, όπως θα περίμενε κανείς στην περίπτωση της μαγματικής επαφής. Στο ίδιο συμπέρασμα οδηγεί και το γεγονός, ότι πούθενά στην περιοχή, που μελετήθηκε, δεν παρατηρήθηκαν φλέβες γρανιτικής προέλευσης στα μεταίζηματα της ενότητας Νέας Μάδυτου. Ας σημειωθεί, ότι σε αρκετές περιπτώσεις όπως στο Στανό, η επιφανειακή απόσταση μεταξύ του ορίου του γρανίτη και των πετρωμάτων της ενότητας Νέας Μάδυτου δεν είναι μεγαλύτερη από λίγες δεκάδες έως λίγες εκατοντάδες μέτρα.

III.4 Επαφή Γρανίτη Αρναίας / Περιροδοπικής Ενότητας

Αντίστοιχη ελλειψη φαινομενων μαγματικής επαφής παρατηρήθηκε και στο νοτιοδυτικό όριο του γρανίτη της Αρναίας προς την Περιροδοπική ενότητα, εκτός της περιοχής του χάρτη. Αντίθετα με τους KOCKEL et al (1977), οι οποίοι αναφέρουν, ότι πηγματιτικές φλέβες προερχόμενες από τον γρανίτη της Αρναίας διατρέχουν τα μεταίζηματα της Περιροδοπικής, διαπιστώσαμε σε ολόκληρη σχεδόν την περιοχή της επαφής μόνο "καθάρως" μετατεκτονικές χαλαζιακές φλέβες μέσα στα πετρώματα της ενότητας αυτής, οι οποίες οφείλονται προφανώς σε νεώτερες υδροθερμικές δράσεις. Εξάλλου η ίδια η μορφή της επαφής του γρανίτη της Αρναίας με την Περιροδοπική ενότητα, όπως φαίνεται από τον γεωλογικό χάρτη των KOCKEL et al (1977) - ευθεία γραμμή - αποτελεί αρκετά σαφή ένδειξη για την αποδοχή χαρακτήρα μη μαγματικού για την εν λόγω επαφή.

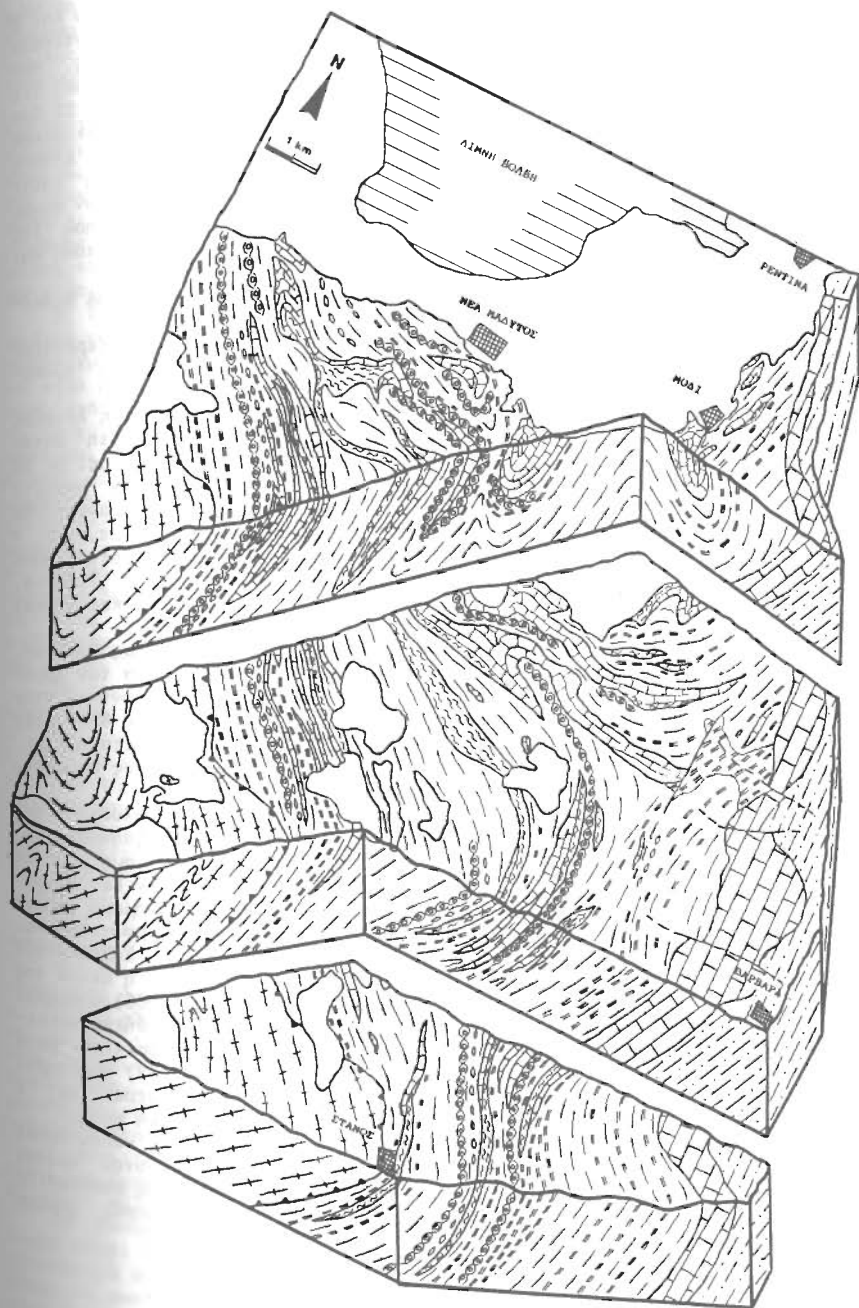
Πιο σημαντικό όμως από τα παραπάνω είναι η ανεύρεση στοιχείων τεκτονικής κίνησης κατά μήκος της επαφής αυτής. Σύμφωνα με τον χάρτη των KOCKEL et al (1977) μεταξύ του γρανίτη της Αρναίας και της Περιροδοπικής ενότητας παρεμβάλλεται μια στενή λωρίδα πλαγιόκλαστικών-μικροκλιτικών γνευσίων, την οποία κατατάσσουν στην ενότητα Βερτίσκου.

Οι γνευσίοι αυτοί ορυκτολογικά δεν διαφέρουν από τον γρανίτη της Αρναίας. Στο μικροσκόπιο όμως αποκαλύπτεται μια πολύ όμορφη μυλονιτική δομή με πλήρως ανακρυσταλλωμένη μικροκρυσταλλική κύρια μάζα και πολύ έντονη κατακλάση των πορφυροκλαστών των αστρών, που δίνει στους γνευσίους αυτούς τον χαρακτήρα ορθομυλονίτη. Ως εκ τούτου λοιπόν πιστεύουμε, ότι οι "πλαγιόκλαστικοί-μικροκλιτικοί γνευσίοι" δεν έχουν σχέση με την ενότητα Βερτίσκου αλλά αποτελούν τμήμα του γρανίτη της Αρναίας, που λειτούργησε σαν μυλονιτική διατημητική ζώνη. Κατά μήκος της ζώνης αυτής έλαβε χώρα η κίνηση του γρανίτη πάνω στην Περιροδοπική ενότητα στο Αν. Ιουραϊκό ή στο Κατ. Κρητιδικό.

IV. ΗΛΙΚΙΑ - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ - ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ

Ο SAKELLARIOY (1989) παρατηρεί, ότι η ιστορία της γένεσης του τεκτονομεταμορφικού ιστού των πετρωμάτων της ΒΑ Χαλκιδικής είναι αρκετά σύνθετη. Τουλάχιστον πέντε φάσεις παραμόρφωσης και μεταμόρφωσης γίνονται διακριτές στις ενότητες Βερτίσκου και Κερδυλίων. Η κύρια δομή των πετρωμάτων χρωμαίνεται στην τρίτη φάση, η οποία χαρακτηρίζεται από μεταμόρφωση βαθμού αμφιβολιτικής φάσης και έντονη παραμόρφωση. Υπολειμματικές μορφές της δομής των προηγούμενων τεκτονομεταμορφικών φάσεων εμφανίζονται σε όλους σχεδόν τους τύπους των πετρωμάτων με μεγάλη συχνότητα.

Στην τρίτη φάση παραμόρφωσης και μεταμόρφωσης οφείλουν την κύρια δομή τους



Εικ. 6: Σχηματική, τριδιάστατη απεικόνιση της γεωλογικής δομής της περιοχής Νέας Μάδυτου. Ισχύει το υπόμνημα της Εικ. 2.

και οι άλλες δυο ενότητες της ΒΑ Χαλκιδικής, δηλ. η ενότητα Νέας Μάδυτου και ο γρανίτης της Αρναίας. Για τον γρανίτη η φάση αυτή ήταν η αρχαιότερη. Αντίθετα στην ενότητα Νέας Μάδυτου διακρίθηκαν τέσσερις συνθετες φάσεις, που αντιστοιχούν με βάση το είδος της παραμόρφωσης και της μεταμόρφωσης με τις τέσσερις τελευταίες φάσεις των ενότητων Βερτίσκου και Κερδυλίων. Οι δύο νεώτερες φάσεις, που επέδρασαν στα πετρώματα όλων των ενότητων της ΒΑ Χαλκιδικής χαρακτηρίζονται από χαμηλότερες συνθήκες μεταμόρφωσης και λιγώτερο έντονη παραμόρφωση, και δεν κατάφεραν να απαλείψουν τον ιστό που δημιούργησε η τρίτη τεκτονομεταμορφική φάση. Η επίδραση των αλληπαλλήλων παραμορφωτικών φάσεων είναι εμφανής όχι μόνο σε μεσοσκοπική ή μικροσκοπική κλίμακα. Η χαρτογράφηση της περιοχής νότια της Νέας Μάδυτου αποκάλυψε την επίδραση και επικάλυψη τους και στην κλίμακα του χάρτη (Εικ. 6).

Οι ηλικίες που αναφέρονται στην βιβλιογραφία για τις ενότητες της ΒΑ Χαλκιδικής έχουν ως εξής:

Οι KOCKEL et al (1977) παραλληλίζοντας τα πετρώματα των ενότητων Κερδυλίων και Βερτίσκου με πετρώματα που εμφανίζονται στην Γιουγκοσλαβία αποδίδουν προκάμβρια ηλικία στις δύο ενότητες της ΣΜΜ στην Ελλάδα.

Οι ίδιοι συγγραφείς αποδίδουν Ιουρασική ηλικία στον γρανίτη της Αρναίας αναφέροντας, ότι απλιτοπηγματιτικές φλέβες προερχόμενες από τον γρανίτη αυτόν διατρέχουν πετρώματα του Κατώτερου Ιουρασικού της Περιροδοπικής ενότητας. Οι DE WET et al (1989) χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Rb/Sr ολικού πετρώματος στον γρανίτη μετρούν ηλικία 155±11 Ma, την οποία θεωρούν σαν ελάχιστη ηλικία του γρανίτη. Με βάση τις δικές μας παρατηρήσεις, που εκτέθηκαν στο Κεφ. III.3 πιστεύουμε, ότι η κρυστάλλωση του γρανίτη της Αρναίας έλαβε χώρα πριν την κύρια ορογενετική φάση της Περιροδοπικής ενότητας, που τοποθετείται στο Ανω Ιουρασικό πριν το Τιθωνίο. Όπως αναφέρθηκε, στη φάση αυτή οφείλεται και η δημιουργία της πρώτης και κύριας παραμορφωτικής δομής του γρανίτη.

Προβληματική πρέπει επίσης να θεωρείται η ηλικία της ενότητας Νέας Μάδυτου. Οι KOCKEL et al (1977) θεωρούν, ότι τα πετρώματα της είναι αντίστοιχα των τριαδικού-ιουρασικών μαρμάρων και φυλλιτών της σειράς της Σβούλας, η οποία ανήκει στην υποενότητα Μελίσσοχωρίου - Χολομώντα της Περιροδοπικής ενότητας. Οι δύο αυτές μεταϊζηματογενείς ακολουθίες αποτελούνται κυρίως από μάρμαρα και μεταπηλίτες, γεγονός που αποτέλεσε και το κύριο λόγο αντιστοιχίσε τους από τους παραπάνω συγγραφείς. Παρά ταύτα όμως εμφανίζουν και σημαντικές διαφορές.

Και' αρχήν απουσιάζει παντελώς από την ενότητα Νέας Μάδυτου ο φλύσχος της Σβούλας, που καταλαμβάνει ένα σημαντικό ποσοστό της επιφανειακής εξάπλωσης της ομώνυμης σειράς. Δεύτερον παρατηρήθηκαν στην ενότητα Νέας Μάδυτου αμφιβολίες μεταϊζηματογενούς πιθανότατα προέλευσης, ανάλογο πέτρωμα των οποίων δεν αναφέρεται για την σειρά της Σβούλας. Τρίτον τέλος, σύμφωνα με τα μέχρι σήμερα γνωστά δεδομένα, παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές στην ιστορία των παραμορφωτικών και μεταμορφικών φάσεων των δύο ακολουθιών. Οι ΠΑΤΡΑΣ κ. ά. (1986) και ο ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ (in print) δέχονται για την Περιροδοπική ενότητα, στην οποία ανήκει η σειρά της Σβούλας, τρεις φάσεις παραμόρφωσης, ενώ ο KOCKEL (in JACOBSSHAGEN, 1986) αναφέρει για την ίδια ενότητα μια πρώτη μεσο-ανωιουρασική μεταμόρφωση σε συνθήκες ανώτερης ηρασινοσχιστολιθικής φάσης και μια δεύτερη ανχιμεταμορφικού χαρακτήρα μετά το Τιθωνίο. Αντίθετα στην ενότητα Νέας Μάδυτου ο ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ (1989) παρατηρεί τέσσερις παραμορφωτικές και ισάριθμες μεταμορφικές φάσεις και αναφέρει ότι ο βαθμός μεταμόρφωσης των πετρωμάτων της τοποθετείται στην αμφιβολιτική φάση.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω γίνεται σαφές, ότι το πρόβλημα της ισοδυναμίας των πετρωμάτων της σειράς της Σβούλας με αυτά της ενότητας Νέας Μάδυτου πρέπει τουλάχιστον να μείνει ανοιχτό, αν και πιστεύουμε, ότι οι δύο αυτές ακολουθίες μεταϊζηματογενών πετρωμάτων αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς γεωτεκτονικούς χώρους με διαφορετική εξέλιξη και ιστορία.

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέχρι πρότινος ήταν γενικά παραδεκτό, ότι μεταξύ των δύο ενότητα μεταμορφωμένων ενότητων της ΣΜΜ, του Βερτίσκου και των Κερδυλίων, επικρατεί μία σχέση πρωτογενούς συμφωνίας, η οποία ουσιαστικά διατηρήθηκε παρά την έντονη μεταμόρ-

φωση και παραμόρφωση τους. Η άποψη αυτή όμως δεν μπορούσε να δώσει πειστική εξήγηση ούτε για τις πρωτογενείς λιθολογικές διαφορές μεταξύ τους, αλλά ούτε και για τις δευτερογενείς, κυρίως τις διαφορετικές ραδιοχρονολογικές ηλικίες, που ήταν γνωστές από τις δυο ενότητες.

Η πιστοποίηση μίας σημαντικής ζώνης διάτμησης και μυλονιτίωσης μεταξύ των δύο ενότητων της ΣΜΜ, της "ζώνης Διάτμησης Ανώτερου Μαρμάρου", που ταυτίζεται ουσιαστικά με τον ανώτερο ορίζοντα μαρμάρου της ενότητας Κερδυλίων, έρχεται να εξηγήσει και' αρχήν τις μεταξύ τους διαφορές. Αν και τα ακριβή χαρακτηριστικά της ζώνης αυτής, όπως η φορά και το μέγεθος της κίνησης και το ποτε και πόσες φορές λειτούργησε, δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητά, ανατρέπει την μέχρι τώρα ισχύουσα άποψη. Οι ενότητες της ΣΜΜ αποδεσμεύονται η μία από την άλλη καθώς επίσης και από την λογική της "άκαμπτης μάζας" και δικαιούνται ξεχωριστό η κάθε μία ρόλο στην γεωτεκτονική εξέλιξη της περιοχής.

Η ζώνη Διάτμησης Ανώτερου Μαρμάρου αποτελεί πιθανότατα την βάση για την επίλυση και άλλων ανοικτών προβλημάτων της γεωλογίας της ΣΜΜ. Αναφέρουμε για παράδειγμα την ύπαρξη μεγάλων ή μικρότερων μεταβασικών και μεταυπερβασικών οματών κατά μήκος της επαφής των δυο ενότητων, η κοντά α' αυτήν μέσα στην υπερκείμενη ενότητα Βερτίσκου. Οι KOCKEL et al (1977) τους αποδίδουν προκάμβρια ηλικία και τα εντάσσουν στην ΣΜΜ. Αντίθετα οι DIXON & DIMITRIADIS (1984) υποθέτουν, ότι πρόκειται για μεσοζωικής ηλικίας επί τόπου (in situ) διεκδύσεις βασικού-υπερβασικού μάγματος. Πιστεύουμε, ότι είναι πολύ πιθανό η παρουσία των βασικών-υπερβασικών αυτών οματών να έχει άμεση σχέση με την τεκτονική επαφή μεταξύ των δυο ενότητων της ΣΜΜ. Συνεχίζοντας μπορούμε να υποθέσουμε, ότι προηλίκον από έναν ωκεάνιο χώρο, ο οποίος σε κάποια περίοδο της γεωλογικής ιστορίας, πιθανόν στο Ανώτερο Παλαιοζωικό ή στο Κατώτερο Μεσοζωικό, καταλάμβανε τον χώρο ανάμεσα στις ενότητες Βερτίσκου και Κερδυλίων και σήμερα χαρακτηρίζει το όριο της μεταξύ τους σύγκλισης. Ο ωκεανός αυτός, εάν η υπόθεσή μας είναι σωστή, λειτούργησε πιθανότατα ανεξάρτητα από την αλμπική Τηθύ, ενώ δεν θα ήταν ίσως αδικαιολόγητη η συσχέτιση του με την Παλαιο-Τηθύ (SENGÖR, 1984).

Με την ίδια λογική μπορεί να εξηγηθεί και η παρουσία της ενότητας Νέας Μάδυτου μέσα στην ενότητα Βερτίσκου. Όπως διαφάνηκε στο Κεφ. IV., η ισοδυναμία της ενότητας αυτής με την σειρά της Σβούλας παρουσιάζει αδύνατα σημεία, που την καθιστούν αμφισβητήσιμη, ενώ διαχωρίζεται τόσο λιθολογικά όσο και τεκτονομεταμορφικά από την ενότητα Βερτίσκου. Κατά πόσο πιθανότητα η ενότητα Νέας Μάδυτου αντιπροσωπεύει έναν ξεχωριστό γεωτεκτονικό χώρο, ο οποίος δεν μπορεί να εξηγηθεί με τις μέχρι σήμερα γνωστές για τον χώρο της Χαλκιδικής αποψεις. Θα μπορούσε όμως αντίθετα να αντιπροσωπεύει τα ιζήματα του ωκεάνιου χώρου, από τον οποίο όπως υποτέθηκε, προηλίκον τα βασικά-υπερβασικά ομάτα, που εμφανίζονται μέσα στην ενότητα Βερτίσκου.

Τον γεωτεκτονικό του ρόλο τέλος αναζητεί και ο γρανίτης της Αρναίας. Ο γρανίτης αυτός, ο οποίος παρουσιάζει φαινόμενα έντονης πλαστικής παραμόρφωσης σε όλες τις κλίμακες παρατήρησης, είναι επωημένος πάνω στην ενότητα Βερτίσκου κατά μήκος μίας διατμητικής-μυλονιτικής ζώνης, που κλίνει προς ΝΑ. Αντίθετα απ' ότι οι KOCKEL et al (1977) υποστηρίζουν, πρέπει επίσης να δεχτούμε, ότι και η επαφή του γρανίτη της Αρναίας με την Περιροδοπική ενότητα είναι τεκτονική. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται τόσο από την έλλειψη μαγματικών φαινομένων αλλά και από την ύπαρξη μυλονιτών σημαντικού πάχους κατά μήκος της επαφής (Κεφ. III.4). Ετσι αμφισβητείται πλέον η άποψη, ότι ο γρανίτης είναι ανωιουρασικής ηλικίας, η οποία βασίστηκε στην μαγματικού χαρακτήρα επαφή του με την Περιροδοπική. Πιστεύουμε, ότι ο γρανίτης της Αρναίας είναι αρχαιότερος τουλάχιστον της πρώτης ορογενετικής φάσης της Περιροδοπικής ενότητας, η οποία έλαβε χώρα στο Μέσο-Ανω Ιουρασικό, και ότι είναι αλλόχθονος.

Με βάση όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, γίνεται φανερό, ότι η εικόνα που είχαμε μέχρι σήμερα για μία συμπαγή και άκαμπτη Σερβομακεδονική Μάζα, η οποία λειτούργησε σαν ενδιάμεση μάζα ("median crystalline massif" ή "Zwischengebirge") πρέπει να αναθεωρηθεί. Αποτελείται από ένα σύνολο γεωτεκτονικών ενότητων διαφορετικής προέλευσης και ξεχωριστής εξέλιξης, οι οποίες μέσα από κάποιες, άγνωστες ακόμα διαδικασίες δημιούργησαν την λεγόμενη Σερβομακεδονική Μάζα. Η εξέλιξη της έρευνας οφείλει να στραφεί στην αποκωδικοποίηση του ρόλου τόσο των διαφόρων γεωτεκτονικών ενότητων ξεχωριστά, όσο και της Μάζας συνολικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- APSOVSKI, M. (1961): Bemerkungen zur tektonischen Entwicklung des pelagonischen Horst-Antiklinoriums und seine Stellung im Rahmen der alpidischen Struktur von Mazedonien. Bull. Inst. Geol. Rep. Maced., 8: 65-95, Skopje.
- DE WET, A.P., MILLER, J.A., BICKLE, M.J., CHAPMAN, H.J. (1989): Geology and geochronology of the Arnea. Sithonia and Ouranopolis intrusions, Chalkidiki Peninsula, northern Greece. Tectonophysics, 161: 65-79.
- ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ, Σ. (1974): Πετρολογική μελέτη των μαγματικών γνευσιών και αμφιβολιτών της περιοχής Ραντίνας, Ασπροβάλτας, Σταυρού, Ολυμπιάδος. Διδ. Διατρ., 282 σελ., Θεσσαλονίκη.
- DIMITRIJEVIC, M.D. (1974): Sur l' age du metamorphisme et des plissements dans la masse serbomacedoine. Bull. VI. Congr. Assoc. geol. Carpat-Balkanique, 1, (3): 339-347.
- DIMITRIJEVIC, M.D., CIRIC, B. (1966): Der tektonische Bau des Serbomazedonischen Massivs. Geotektonika. 9: 32-41, Moskau.
- DIMITROW, S. (1955): Stand und Aufgaben der Untersuchung der magmatischen und metamorphen Komplexe Bulgariens. IZV. Akad. Nank. SSR, Ser. Geol., 1: 5-15.
- DIXON, J.E., DIMITRIADIS, S. (1984): Metamorphosed ophiolitic rocks from the Serbo-Macedonian Massif, near Lake Volvi, north-east Greece. Geol. Soc., Sp. Publ. 17, p. 603-619.
- HARRE, W., KOCKEL, F., KREUZER, H., LENZ, H., MILLER, P., WALTHER, H.W. (1968): über Rejuvenationen im Serbo-Mazedonischen Massiv (Deutung radiometrischer Altersbestimmungen). Rep. 23rd Ses., (Czechoslovakia 1968), Acad. Prague/23rd Int. Geol. Cong., 6: 223-236.
- JACOBSHAGEN, V. (ed.) (1986): Géologie von Griechenland. Beitr. Reg. Geol. Erde, 19, 363 S., Berlin.
- ΚΑΣΣΩΛΗ-ΦΟΥΡΝΑΡΑΚΗ, Α. (1981): Συμβολή στην ορυκτολογική και πετρολογική μελέτη των αμφιβολιτικών πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής Μάζας. Διδ. Διατρ., 231 σελ., Θεσσαλονίκη.
- 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 (N. Greece). Bull. Soc. geol. France, (VII), 18: 225-230.
- KIRIAKIDIS, L.G., TSOKAS, G.N., BROOKS, M. (1988): Gravity modelling of the Arnea granite and its continuation below the Mygdonia graben sediments. Bull. Geol. Soc. Greece, XXIII/3: 227-237.
- KOCKEL, F., WALTHER, H.W. (1965): Die Strimon-Linie als Grenze zwischen Serbo-Mazedonischem und Rila-Rhodope Massiv in Ost-Mazedonien. Geol. Jb., 83: 575-602.
- KOCKEL, F., WALTHER, H.W. (1968): Zur geologischen Entwicklung des südlichen Serbo-Mazedonischen Massivs (N. Griechenland). Bull. geol. Inst., Bulg. Akad. Sc. Ser. Geotect., Strat., Lithol., 17: 133-142, Sofia.
- KOCKEL, F., MOLLAT, H., WALTHER, H.W. (1971): Geologie des Serbo-Mazedonischen Massivs und seines mesozoischen Rahmens (Nordgriechenland). Geol. Jb., 89: 529-551.
- KOCKEL, F., MOLLAT, H., WALTHER, H.W. (1972): New facts and ideas on the Innermost Zones of the Hellenides (a comprehensive view). Z. dtsh. geol. Ges., 123: 349-352.
- KOCKEL, F., MOLLAT, H., WALTHER, H.W. (1977): Erläuterungen zur geologischen Karte der Chalkidiki und angrenzender Gebiete 1:100.000 (Nord Griechenland). BGR, 119 S., Hannover.
- KOSMATT, F. (1924): Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Mit einer übersicht des Dinarischen Gebirgsbaus. in: Die Kriegschauplaetze 1914-1918 geologisch dargestellt, Borntraeger, Berlin.
- OSSWALD, K. (1931): Geologische übersichtskarte von Mazedonien 1:300.000, 2 Bl., ch. geol. Land., Athen.
- OSSWALD, K. (1938): Geologische Geschichte von Griechisch-Nordmazedonien. Denkschr. geol. Land. Griech., 3: 141 S.
- PAPADOPOULOS, C. (1982): Geologie des Serbo-Mazedonischen Massivs nordlich Volvi-Sees. Diss., 159 S., Wien.

- PAPADOPOULOS, C., KILIAS, A. (1985): Altersbeziehungen zwischen Metamorphose und Deformation im zentralen Teil des Serbomazedonischen Massivs (Vertiskos-Gebirge, Nord-Griechenland). Geol. Rdsh., 74, (1): 77-85.
- ΠΑΠΑΔ, Δ., ΚΙΛΙΑΣ, Ε., ΚΑΤΕΧΑΝΗΤΡΙΑΔΗΣ, Ε., ΚΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (1986): Μελέτη των παραμορφωτικών φάσεων των βωτιστικών Ελληνίδων στο χώρο της βόρειας Ελλάδας. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ. XX/1, 139-159.
- ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ, Δ. (1989): Γεωλογία της Σερβομακεδονικής Μάζας στην βορειοανατολική Χαλκιδική. Β. Ελλάδα - Παραμόρφωση και Μεταμόρφωση. Γεωλ. Μονογρ., 2: 177 σελ., Αθήνα.
- SENGOR, A.M.C., YILMAZ, Y., SUNGURLU, O. (1984): Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Palaeo-Tethys. Geol. Soc. London, Sp. Publ., 17: 77-112.