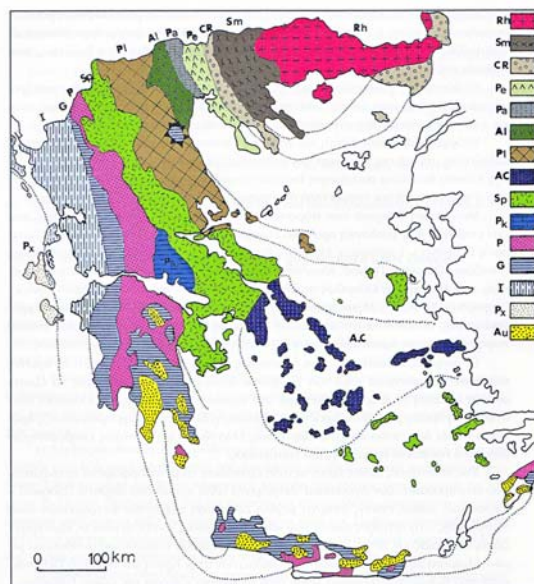


Σερβομακεδονική μάζα



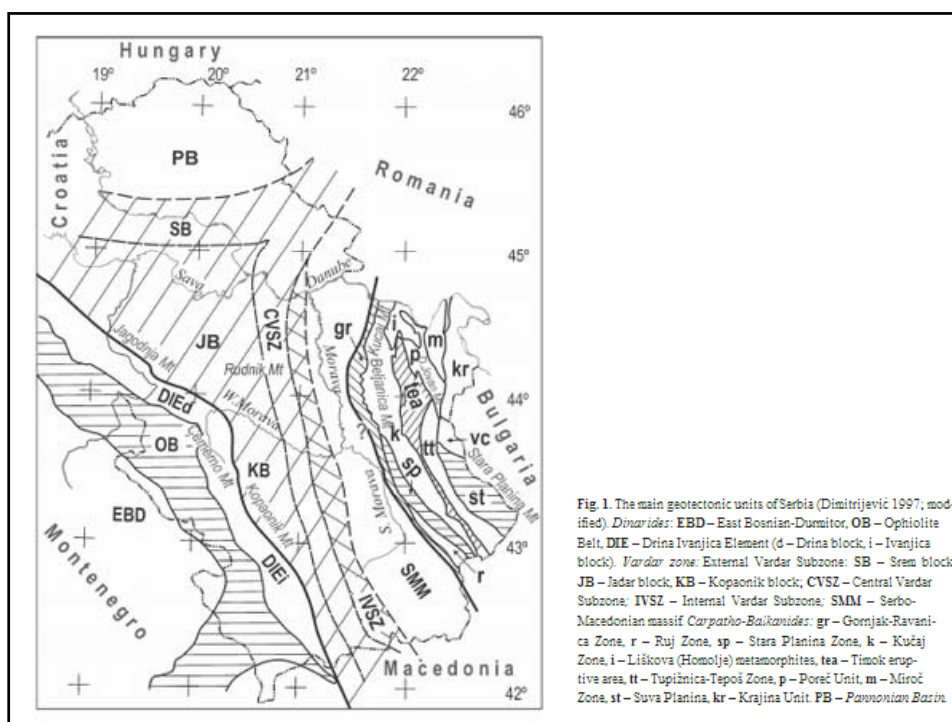
Σχ. 10. Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνικών ζωνών. Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοτική ζώνη, (Pe: Υποζώνη Παιονίας, Pz: Υποζώνη Πάικου, Al: Υποζώνη Αλμπανίας) = Ζώνη Αζιού, PI: Πιλαγονική ζώνη, AC: Αττικό-κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού-Γκιόνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης, I: Ιόνιος ζώνη, Px: Ζώνη Ποσειδών ή Προασπίλου, Au: Ενότητα «Πακαδείς ασβεστολιθοί-Γαλέα όρη» πιθανόν της Ιονίου ζώνης. (Κατά Mountrakis et al 1983).



Σχ. 19. Τεκτονικό σκαρίφημα της Σερβομακεδονικής μάζας. 1: μεταλλικά ιζήματα της κοιλάδας του Στρυμόνα, 2: ενότητα του Βερτίσκου, 3: ενότητα των Κερδυλλίων, 4: μάζα της Ροδόπης, 5: Περιφοδοτική ζώνη, 6: ανατολικό όριο της Σερβομακεδονικής (Γραμμή Στρυμόνα), 7: δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής.

ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ

- Παλιότερα πιστεύονταν ότι η μάζα της Ροδόπης εκτείνονταν προς Δυσμάς μέχρι τη Ζώνη Αξιού.
- Νεώτερες όμως έρευνες, που έγιναν αρχικά στη Γιουγκοσλαβία και στη Βουλγαρία διαχώρισαν το δυτικό τμήμα που περιλαμβάνεται μεταξύ της ζώνης Αξιού και του ποταμού Στρυμόνα και το ονόμασαν «**Σερβομακεδονική μάζα**» (Jaranov 1960, D:Tiitrievic & Ciric 1967).
- Αργότερα με έρευνες των Kockel & Walther (1965, 1968) και Mercier (1966) διαχωρίστηκε το αντίστοιχο τμήμα στον Ελληνικό χώρο, δηλαδή η περιοχή δυτικά του Στρυμόνα από τα σύνορα μέχρι και τη Χαλκιδική, και τοποθετήθηκε στη Σερβομακεδονική μάζα.
- Οι σημερινές όμως έρευνες στην τεκτονική και μεταμόρφωση επαναφέρουν την άποψη ότι αποτελεί μια ενιαία μάζα με τη Ροδόπη και ο διαχωρισμός τους είναι πολύ νέος, έγινε δηλαδή με την εφελκυστική τεκτονική του Τριτογενούς, κυρίως το Μειόκαινο, η οποία δημιούργησε τη Νεογενή λεκάνη του Στρυμόνα ανάμεσά τους.



ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ

- Άλλες μεταγενέστερες έρευνες διαχώρισαν μια επιπλέον ζώνη ανάμεσα στη Σερβομακεδονική και την Αξίου η οποία ονομάστηκε Περιροδοπική.
- Σύμφωνα με τα μοντέλα λιθοσφαιρικών πλακών που έχουν προταθεί μέχρι τώρα, η Σερβομακεδονική θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει ηπειρωτικό φλοιό, πιθανόν τμήμα της Ευρασίας μαζί με τη μάζα της Ροδόπης.
- Η κοινή γεωτεκτονική τοποθέτηση των δυο μαζών στο περιθώριο της Ευρασιατικής πλάκας δεν έχει επιβεβαιωθεί δεδομένου ότι θεωρείται επίσης πολύ πιθανόν να αντιπροσωπεύουν μαζί με την Πελαγονική ζώνη τμήματα του παλιού ηπειρωτικού φλοιού της Κιμμερικής ηπείρου.
- Η Σερβομακεδονική μάζα αποτελείται όπως και η Ροδόπη αποκλειστικά από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα.

Προέλευση των πετρωμάτων

- **Δημητριάδης (1974)** (Ρεντίνα, Ασπροβάλτα, Σταυρός, Ολυμπιάδα):
 - βιοτιτικοί γνεύσιοι, οι αμφιβολίτες και οι κεροστιλβικοί γνεύσιοι των περιοχών αυτών προέρχονται από αρχικά ιζηματογενή πετρώματα.
 - καλιοαστριούχος διμαρμαρυγιακός γνεύσιος της Ολυμπιάδας προέρχεται από K-ούχο μετασώματωση των αρχικών βιοτιτικών γνευσίων της περιοχής, ενώ το νοτιότερο τμήμα της εμφάνισης αυτής μπορεί να είναι πυριγενούς προέλευσης.
- **Κασώλη -Φουρναράκη (1931, 1982):**
 - οι αμφιβολίτες της σειράς Κερδυλίων και της σειράς Βερτίσκου είναι πυριγενούς προέλευσης και μάλλον σχηματίστηκαν από θολεϊτικού τύπου μάγμα.

Προέλευση των πετρωμάτων

- **Papadopoulos (1982):**
 - θεωρεί ότι οι αμφιβολίτες της σειράς Βερτίσκου βόρεια από τη λίμνη Βόλβη είναι πυριγενούς προέλευσης και προέρχονται από θολεϊτικής σύστασης μάγμα.
- **Dimitriadis and Dixon (1982) και Dixon and Dimitriadis (1984, 1989)** υποστηρίζουν για τα βασικά πετρώματα του συμπλέγματος της Βόλβης:
 - ότι δείχνουν εμπλουτισμό σε λιθόφιλα στοιχεία και
 - ότι παρουσιάζουν χαρακτήρες μεταξύ "αλκαλικών" και "επάνω από ζώνη υποβύθισης" πετρωμάτων.
 - ότι το οφιολιθικό σύμπλεγμα της Βόλβης σχετίζεται με κάποια Μεσοζωικής ηλικίας ανοίγματα λεκανών και αποκλείουν την περίπτωση να είναι κάποιο υπόλειμμα της Παλαιοιθηθύος.

Προέλευση των πετρωμάτων

- **Sapountzis et al (1990)** για τους αμφιβολίτες των Κερδυλλίων και του Βερτίσκου υποστηρίζουν:
 - ότι είναι πυριγενούς προέλευσης,
 - ότι το μητρικό τους πέτρωμα ήταν θολεϊτικού τύπου και
 - ότι αντιπροσωπεύουν μια διαφοροποιημένη θολεϊτική σειρά στην οποία συμμετέχουν πολύ πιθανό και μέλη ανδεσιτικής σύστασης.
 - Ακόμη επισημαίνουν ότι η τεκτονική τοποθέτηση των αμφιβολιτών έγινε σε περιβάλλον ωκεάνιου φλοιού.

Προέλευση των πετρωμάτων

- **Himmerkus et al (1990)** για τους ορθογνευσίους του Βερτίσκου και του Βερτίσκου υποστηρίζουν:
 - ότι προέρχονται από γρανίτες και γρανοδιορίτες,
 - Η πλειονότητα των γνευσίων προβάλλεται στο πεδίο των γρανιτοειδών ηφαιστειακού τόξου (volcanic-arc granitoids)
 - κάποιιοι από τους γρανίτες ήταν I-τύπου και κάποιοι S-τύπου
 - υποδεικνύοντας επηρεασμό τόσο από το μανδύα όσο και από το φλοιό
 - κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία των ορθογνευσίων υποδεικνύουν προέλευση από ηπειρωτικό μαγματικό τόξο, με ορισμένα να έχουν εξελιχθεί και περισσότερο.

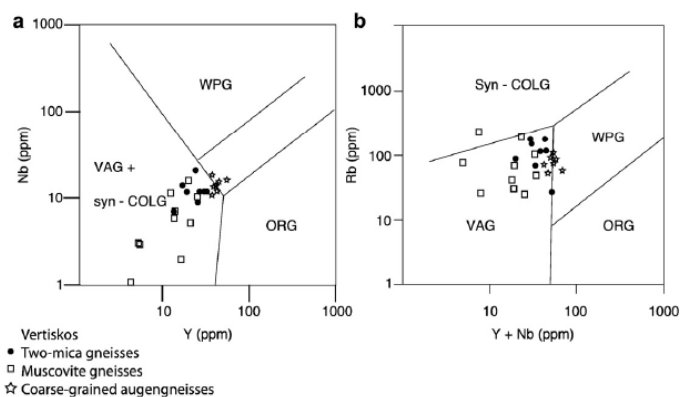


Fig. 3. Granite tectono-discriminant diagrams for the Vertiskos Terrane basement orthogneisses (after Pearce et al., 1994). The highly strained coarse-grained gneisses (SM 7, SM 19, SM 38, SM 40 and SM 49) are shown as stars; squares are the leucocratic muscovite gneisses and pegmatites, which exhibit anomalously low concentrations in trace elements (SM 1, SM 5, SH 69 a and SH 69). All other samples of the Vertiskos Unit, which demonstrate that the majority of the Vertiskos basement gneisses originated in a volcanic-arc setting, are shown as black circles.

Λιθοστρωματογραφία του κρυσταλλοσχιστώδους

- Το κρυσταλλοσχιστώδες της Σερβομακεδονικής διαιρείται σε δυο μεγάλες ενότητες πετρωμάτων:
 - την κατώτερη και αρχαιότερη ενότητα των Κερδυλλίων και
 - την ανώτερη (νεώτερη) ενότητα του Βερτίσκου (σχ. 19).
- Μεταξύ των δυο ενοτήτων, σύμφωνα με τους ερευνητές που έκαναν την αρχική διαίρεση (Kockel & Walther 1968), υπάρχει συμφωνία και ομαλή μετάβαση της κατώτερης προς την ανώτερη.
- Όμως ανάμεσα στις δυο σειρές - ενότητες υπάρχει μια σαφής τεκτονική επαφή, η φύση και η σημασία της οποίας δεν έχει ακόμη διευκρινισθεί.



Σχ. 19. Τεκτονικό σκαρίφημα της Σερβομακεδονικής μάζας. 1: μεταλλικά ιζημάτα της κοιλάδας του Στρυμώνα, 2: ενότητα του Βερτίσκου, 3: ενότητα των Κερβυλλίων, 4: μάζα της Ροδόπης, 5: Περιροδοπική ζώνη, 6: ανατολικό όριο της Σερβομακεδονικής (Γραμμή Στρυμώνα), 7: δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής.

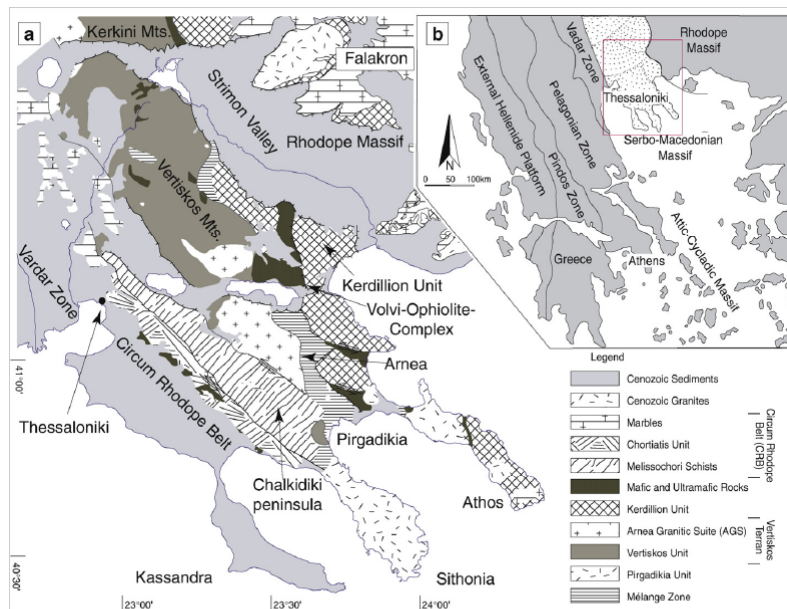
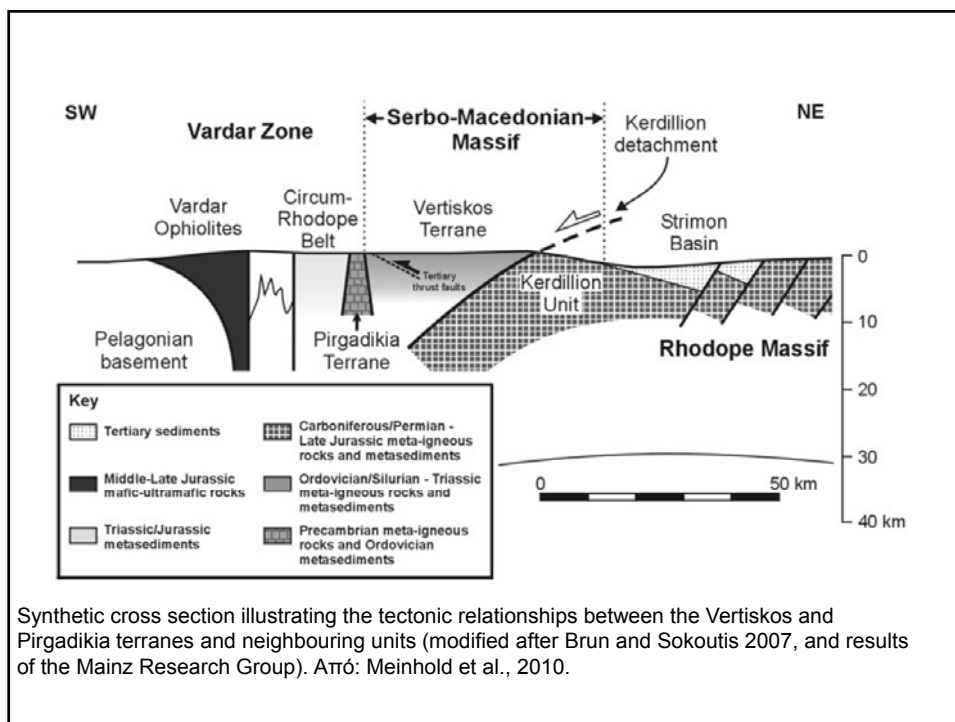
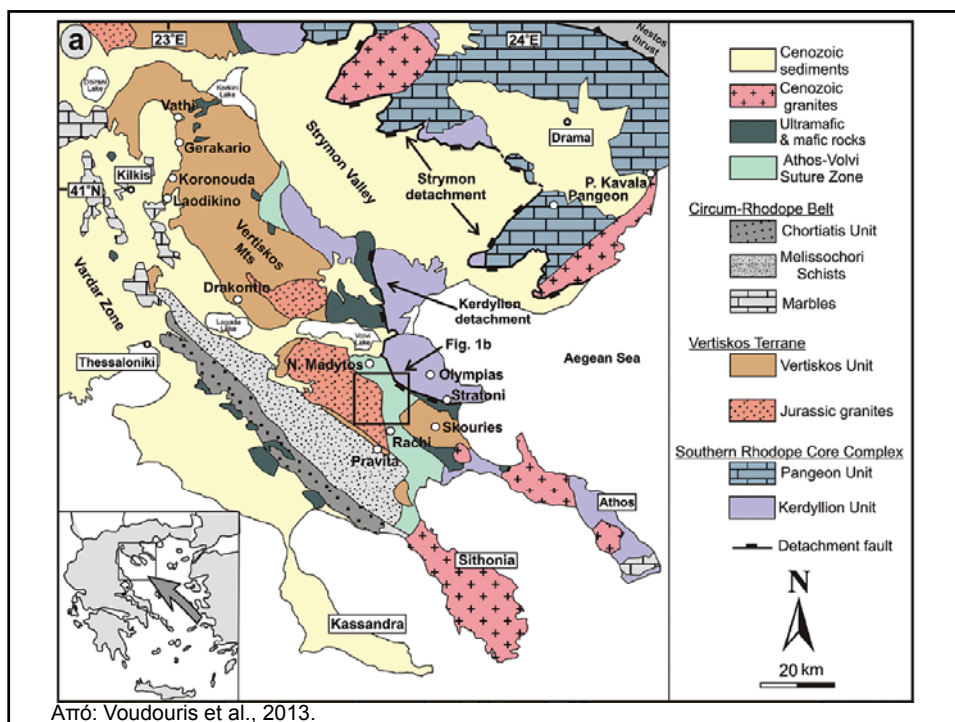


Fig. 1. a. Simplified geological map of the Greek Serbo-Macedonian Massif (SMM) and adjacent units (after Kockel et al., 1977, modified). The SMM is built of basement rocks of the Verrucosus, Arnea, Kerdillon and Pirgadiakia Units. It is bordered to the west by the low-grade rocks of the Circum Rhodope Belt (CRB), including the Svoula Schist Formation and the Chortiatia Unit, which may be interpreted as being part of the eastern Vardar Zone. The mélangé of the Athos-Volvi Zone marks the tectonic boundary between the Verrucosus Terrane and the adjacent Kerdillon Unit. b. Tectono-stratigraphic zones of the Hellenic orogen in Greece. The external Hellenide Platform is mainly built of Mesozoic clastic sediments and carbonates. The Pindos zone and the Vardar zone are ophiolitic units representing former oceanic basins (e.g. Robertson, 2002; Mousallam and Jung, 1998; Stampfli et al., 1998). The Internal Hellenides comprise the basement complexes of the Pelagonian Zone, the Attic-Cycladic Massif, the Serbo-Macedonian Massif, and the Rhodope Massif.



A. Η Ενότητα των Κερδυλλίων

- Καταλαμβάνει την Ανατολική Χαλκιδική μεταξύ των εκβολών του Στρυμώνα και του Στρατωνίου,
- έχει συνολικό πάχος περίπου 3000 μέτρα
- τα πετρώματα της συνιστούν τους βαθύτερους ορίζοντες της Σερβομακεδονικής μάζας και ίσως τους βαθύτερους ορίζοντες πετρωμάτων σ' όλη την Ελλάδα.
- Τα πετρώματα που κυρίως συγκροτούν την Ενότητα Κερδυλλίων είναι:
 - μιγματιτικοί βιοτικοί γνεύσιοι,
 - γρανατούχοι διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι,
 - αμφιβολίτες,
 - αμφιβολιτιωμένοι εκλογίτες και
 - μάρμαρα.

Λιθολογία της Ενότητας των Κερδυλλίων

- Οι λιθολογικές εναλλαγές της ενότητας από τους ανώτερους ορίζοντες προς τους κατώτερους διατάσσονται ως εξής:
 1. Ορίζοντας Ανώτερου μάρμαρου πάχους 30 έως 300 m, με παρεμβολές βιοτιτικών γνευσίων, βιοτιτικών - κεροστιλβικών γνευσίων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, επιδοτιτικών-ακτινολιθικών σχιστολίθων, και αμφιβολιτών.
 2. Ορίζοντας Βιοτιτικών γνευσίων πάχους 700-1000 m, με παρεμβολές βιοτιτικών - κεροστιλβικών γνευσίων, αμφιβολιτών και λεπτών ενστρώσεων μαρμάρων
 3. Ορίζοντας Ενδιάμεσου μάρμαρου πάχους 10-200 m, με παρεμβολές αμφιβολιτών και γνευσίων.
 4. Ορίζοντας Βιοτιτικών γνευσίων, πάχους περίπου 1000 m, με παρεμβολές αμφιβολιτών και ασβεστοπυριτικών πετρωμάτων.
 5. Ορίζοντας Κατώτερου μάρμαρου πάχους μέχρι 150 m.
 6. Ορίζοντας Βιοτιτικών γνευσίων, πάχους περίπου 700 m, αποτελούμενος από μιγματιτικούς γνευσίους και ορθοαμφιβολίτες.

Β. Η Ενότητα του Βερτίσκου

- Βρίσκεται δυτικά της προηγούμενης ενότητας, κατέχει τον κορμό της Χαλκιδικής και εκτείνεται προς Βορρά μέχρι τα σύνορα.
- Συνίσταται από μια ακολουθία:
 - μιγματιτικών, οφθαλμοειδών ορθογενευσίων,
 - μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και
 - λεπτών στρωμάτων μαρμάρων,
- Ενώ στους ανώτερους ιδίως ορίζοντές της συμμετέχουν:
 - μεταγάββροι-μεταδιαβάσες και ορθοαμφιβολίτες, που προήλθαν από μεταμόρφωση βασικών πυριγενών και βρίσκονται ως ενδιαστρώσεις και φακοειδή σώματα μέσα στους γνεύσιους. Συχνά επίσης παρεμβάλλονται με τεκτονικές επαφές μέσα στα άλλα πετρώματα και σερπεντινικά σώματα.

Συσχέτιση της ηλικίας των δύο ενοτήτων

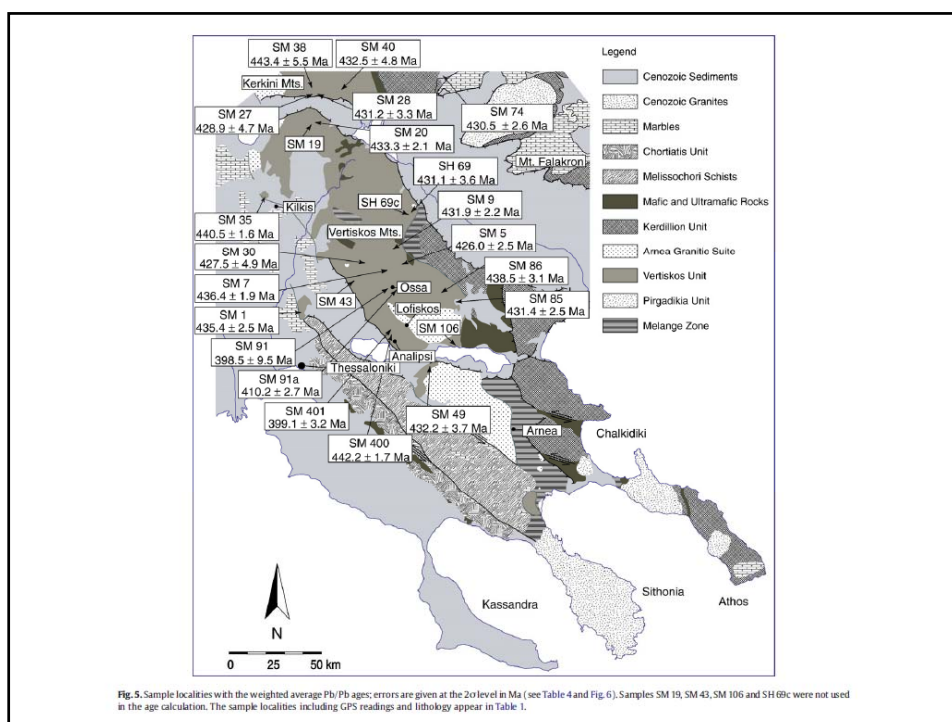
- Η διάκριση των δυο ενοτήτων στηρίχθηκε αρχικά σε ορισμένες λιθολογικές διαφορές αυτών οι οποίες εντοπίζονται στα εξής:
 - Ο βαθμός μεταμόρφωσης των πετρωμάτων θεωρήθηκε χαμηλότερος στην Ενότητα του Βερτίσκου κυρίως διότι παρατηρήθηκαν θέσεις με επίδραση πρασινοσχιστολιθικής μεταμόρφωσης.
 - Στη Ενότητα των Κερδυλλίων μεγάλη είναι η παρουσία μαρμάρων συχνά σε οριζοντες μεγάλου πάχους, σε αντίθεση με την Ενότητα Βερτίσκου όπου η παρουσία των μαρμάρων είναι σπάνια και υπό μορφή λεπτών ενστρώσεων.
 - Μέσα στα πετρώματα της Ενότητας Βερτίσκου παρεμβάλλονται τεκτονικά σχιστοποιημένα σερπεντινικά σώματα που απουσιάζουν από την Ενότητα Κερδυλλίων.

Συσχέτιση της ηλικίας των δύο ενοτήτων

- Σήμερα πιστεύεται ότι δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές στην ηλικία και τις συνθήκες μεταμόρφωσης (θα αναλυθούν στην επόμενη παράγραφο) των δύο ενοτήτων.
- Αναμφισβήτητα όμως υπάρχει μια σημαντική τεκτονική επαφή ανάμεσά τους, η οποία δεν έχει ακόμη προσδιοριστεί και η οποία έφερε τις δύο ενότητες σε επαφή, χωρίς όμως να αποδεικνύεται ότι η μία είναι παλιότερη από την άλλη.
- Πρόκειται επομένως μάλλον για δύο τεκτονικές ενότητες της ίδιας κρυσταλλοσχιστώδους μάζας.

Ηλικία της Σερβομακεδονικής Μάζας

- Η ηλικία του ενιαίου κρυσταλλοσχιστώδους της Σερβομακεδονικής θεωρείται πολύ παλιά. Γενικά τα πετρώματά της θεωρούνται τα παλιότερα στον Ελληνικό χώρο.
- Την ίδια άποψη δέχονται και οι ερευνητές στη Βουλγαρία και Γιουγκοσλαβία, όπου προεκτείνεται η Σερβομακεδονική, και της αποδίδουν ηλικία Προκάμβριο με ραδιοχρονολογήσεις 540-635 Ma. Για την ηλικία μεταμόρφωσης και μαγματισμού δίδουν ραδιο- χρονολογήσεις 300-350 Ma.
- Στην Ελλάδα οι αντίστοιχες έρευνες θεωρούν γενικά την ηλικία του κρυσταλλοσχιστώδους Παλαιοζωική (Kockel et al 1971) και την ηλικία μεταμόρφωσης του Ερκυνια (275-337 Ma) με ραδιοχρονολογήσεις σε μαρμαρυγίες των πηγματιτών.
- Νεότερες μετρήσεις υπολογίζουν την ηλικία του κρυσταλλοσχιστώδους Προκάμβριο (555-587 Ma) και τις διεισδύσεις των γρανιτών-ορθογνευσίων ως Σιλούριο (428-433 Ma) (Himmerkus et al 2006, 2009).
- Υπάρχουν βέβαια και ραδιοχρονολογήσεις που δίνουν πολύ νεότερες ηλικίες μεταμόρφωσης όπως Ιουρασικού - Κρητιδικού.



Συνθήκες μεταμόρφωσης

- Σε μεταβασικά πετρώματα (ορθοαμφιβολίτες) του κρυσταλλοσχιτώδους της Σερβομακεδονικής εντοπίσθηκαν υπολειμματικοί κρύσταλλοι ενδεικτικοί μιας εκλογιτικής φάσης μεταμόρφωσης που επέδρασε σε παλιά βασικά πυριγενή πετρώματα σε συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας ($T=700-1000$, $P=13-14$ kbars).
- Οι εκλογίτες αυτοί αλλοιώθηκαν αργότερα, όπως και στη Ροδόπη, από μια μεταγενέστερη αμφιβολιτική φάση μεταμόρφωσης και εμφανίζονται ως «αμφιβολιτωμένοι εκλογίτες».
- Η εκλογιτική φάση μεταμόρφωσης τοποθετείται στο Παλαιοζωϊκό προ-Ερκύνια αν και δεν υπάρχουν επ' αυτού αποδείξεις.

Συνθήκες μεταμόρφωσης (συνέχ.)

- Η αμφιβολιτική φάση ήταν η κύρια μεταμόρφωση στη Σερβομακεδονική και έλαβε χώρα σε συνθήκες μέσης πίεσης και θερμοκρασίας ($T=650^{\circ}-750^{\circ}$, $P=3,5-8,5$ kbars).
- Συνοδεύτηκε από παραμόρφωση και ανάπτυξη της κύριας σχιστότητας των πετρωμάτων.
- Συνοδεύτηκε επίσης από μερική ανάτηξη των υπαρχόντων πετρωμάτων με σχηματισμό μιγματιτικών πετρωμάτων, και γρανιτών συγγενετικών με τους μιγματίτες.
- Τοποθετείται κατ' άλλους μεν στο Ανω Παλαιοζωϊκό κατά την Ερκύνια ορογένεση, κατ' άλλους δε στο Ιουρασικό.
- Είναι πιθανόν ότι η αμφιβολιτική μεταμόρφωση εξελίχθηκε συνεχόμενη από το Ανω Παλαιοζωϊκό μέχρι το Ιουρασικό, γιαυτό και λαμβάνονται πολλές ενδιάμεσες τιμές στις ραδιοχρονολογήσεις.

Συνθήκες μεταμόρφωσης (συνέχ.)

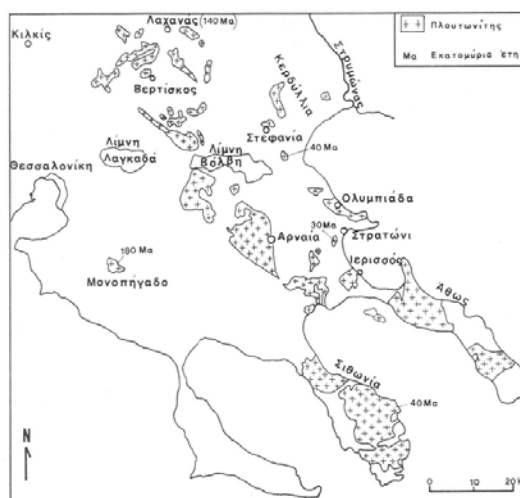
- Τέλος κατά θέσεις στα πετρώματα της Σερβομακεδονικής παρατηρείται επίδραση μιας ανάδρομης πρασινοσχιστολιθικής μεταμόρφωσης.
- Αυτή τοποθετείται κατ' άλλους μεν στο Κρητιδικό, από ορισμένες ραδιοχρονολογήσεις μεταμορφικών ορυκτών, κατ' άλλους δε στο Τριτογενές.
- Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η μεταμορφική εξέλιξη της Σερβομακεδονικής είναι ανάλογη με αυτή της Ροδόπης. Αναφέρονται όμως μεγάλες διαφορές στις ηλικίες εξέλιξης των δύο μαζών.

Συνθήκες μεταμόρφωσης (συνέχ.)

- Συγκεκριμένα η εκλογιτική μεταμόρφωση στη Ροδόπη τοποθετείται στο Ιουρασικό-Κρητιδικό, ενώ στη Σερβομακεδονική μέχρι στιγμής θεωρείται Παλαιοζωϊκή (προ-Ερκύνια) έως Ιουρασική.
- Επίσης η κύρια αμφιβολιτική μεταμόρφωση τοποθετείται για τη Ροδόπη στο Ηώκαινο, ενώ για τη Σερβομακεδονική θεωρείται ως Άνω Παλαιοζωϊκή (Ερκύνια).
- Ακόμη η ανάδρομη πρασινοσχιστολιθική φάση μεταμόρφωσης για τη Ροδόπη τοποθετείται στο Ολιγόκαινο, ενώ στη Σερβομακεδονική πιθανολογείται μεταξύ Άνω Ιουρασικού-Κάτω Κρητιδικού και Τριτογενούς ελλείψει γεωχρονολογικών δεδομένων.
- Οι διαφορές αυτές στις ηλικίες δεν έχουν ακόμη ερμηνευθεί ικανοποιητικά.

Μαγματισμός. Πλουτώνια και Ηφαιστειακά πετρ.

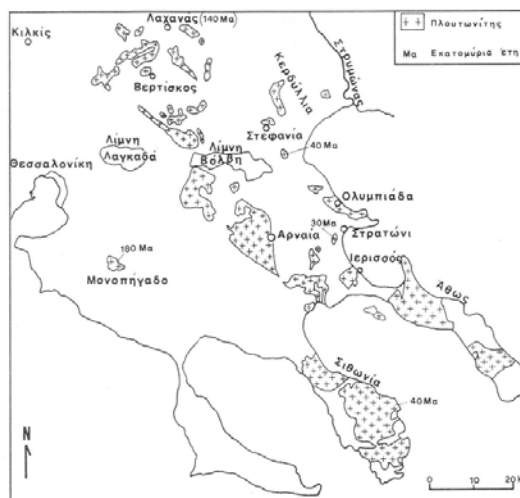
- Μεγάλοι όγκοι πυριγενών πετρωμάτων διακόπτουν τη συνέχεια των μεταμορφωμένων πετρωμάτων του κρυσταλλοσχιστώδους της Σερβομακεδονικής
- Τα πυριγενή πετρώματα προέρχονται από διάφορες μαγματικές εκδηλώσεις στη διάρκεια της γεωλογικής ιστορίας, που κατατάσσονται συμβατικά σε διάφορες φάσεις μαγματισμού.



Σχ. 20. Σκαρίφημα του ευρύτερου χώρου της Σερβομακεδονικής μάζας με τις κυριότερες πλουτωνικές εμφανίσεις και τις αντίστοιχες ηλικίες των ραδιοχρονολογήσεων.

1^η φάση μαγματισμού

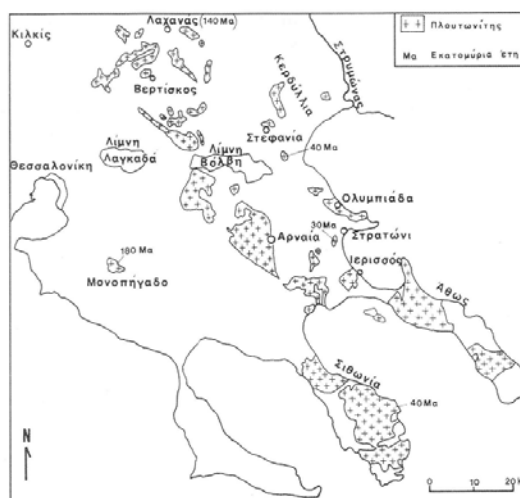
- Τα μεταβασικά πετρώματα (ορθο-αμφιβολίτες, μεταγάββροι, μεταδιάβασες), που βρίσκονται μέσα στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα των Ενοτήτων Κερδυλλίων και Βερτίσκου και περιέχουν τα υπολείμματα των εκλογιτών, θεωρήθηκαν ότι ανήκουν σε μια πρώτη φάση μαγματισμού βασικής - υπερβασικής σύστασης προαλπικής ηλικίας.
- Νεώτερες έρευνες ξεχώρισαν ορισμένα μετα - οφειολιθικά πετρώματα πιθανής προέλευσης από την ωκεάνια περιοχή της ζώνης Αξιού από όπου προήλθαν με τις τεκτονικές διεργασίες κλεισίματος του ωκεανού στο Ιουρασικό και βρίσκονται κυρίως στο χώρο επαφής των δύο Ενοτήτων Βερτίσκου και Κερδυλλίων βόρεια της λίμνης Βόλβης.



Σχ. 20. Σκαρίφημα του ευρύτερου χώρου της Σερβομακεδονικής μάζας με τις κυριότερες πλουτωνικές εμφανίσεις και τις αντίστοιχες ηλικίες των ραδιοχρονολογήσεων.

2^η φάση μαγματισμού

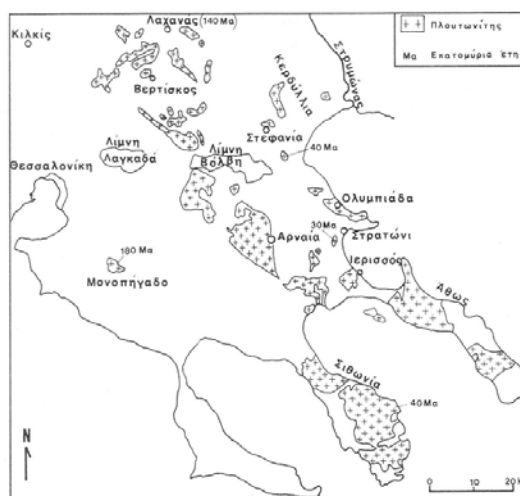
- Μια μαγματική φάση γρανιτικής σύστασης αντιπροσωπεύουν οι πλαγιокλαστικοί-μικροκλινικοί γνεύσιοι των περιοχών Κερδυλλίων, Ολυμπιάδας, Βερτίσκου κ.ά., που ήταν παλιοί γρανίτες.
- Η φάση αυτή πιστεύεται ότι είναι Ανω-Παλαιοζωικής ηλικίας συνδεδεμένη με την Ερκύνια ορογένεση, αν και δεν αποκλείεται να πρόκειται για παλιότερες μαγματικές εκδηλώσεις (ραδιοχρονολογήσεις σε αντίστοιχα γρανιτικά-ορθογενευσιακά πετρώματα έδωσαν ηλικία Σιλουρίου).



Σχ. 20. Σκαρίφημα του ευρύτερου χώρου της Σερβομακεδονικής μάζας με τις κυριότερες πλουτωνικές εμφανίσεις και τις αντίστοιχες ηλικίες των ραδιοχρονολογήσεων.

3^η φάση μαγματισμού

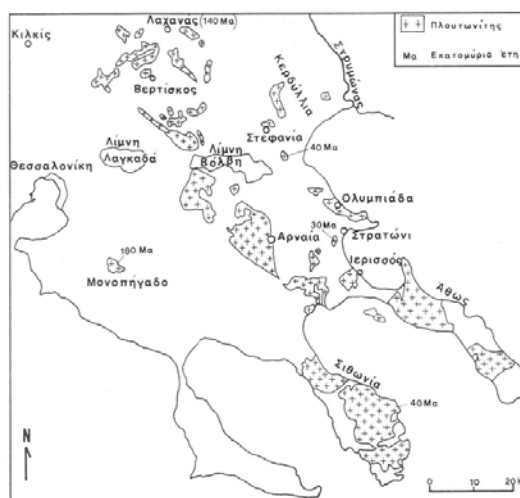
- Η επόμενη φάση μαγματισμού έλαβε χώρα στο Μεσοζωικό και δημιούργησε τους μεγάλους γρανιτικούς όγκους της Αρναίας (212-135 Ma) του Μονοπήγαδου, του Λαχανά, τον χαλαζιακό διορίτη του Φλαμουρίου στο όρος Βερτίσκος, και άλλους.
- Οι πλουτωνικοί αυτοί όγκοι ανάγονται στη βύθιση του ωκεανού της ζώνης Αξίου και θεωρούνται σύγχρονοι με την κύρια αλπική πτύχωση του Ιουρασικού καθώς εμφανίζονται ως προς αυτήν συγκινητικοί.
- Ορισμένοι από αυτούς αποδίδονται σε φαινόμενα θερμικής ανάτηξης που συνόδευσε την αμφιβολιτική μεταμόρφωση όπως ο γρανίτης της Αρναίας και του Πολυδενδρίου.



Σχ. 20. Σκαρίφημα του ευρύτερου χώρου της Σερβομακεδονικής μάζας με τις κυριότερες πλουτωνικές εμφανίσεις και τις αντίστοιχες ηλικίες των ραδιοχρονολογήσεων.

4^η φάση μαγματισμού

- Τέλος η τέταρτη μαγματική φάση ήταν του Τριτογενούς (Ηώκαινο- Ολιγοκαινο), μετά-ορογενετική, όξινη που δημιούργησε τον γρανίτη της Ιερισσού, τον γρανίτη της Σιθωνίας, τον γρανίτη της Μονής Γρηγορίου Αγίου Όρους, τον γρανοδιορίτη του Στρατωνίου, τους χαλαζιακούς διορίτες Μεγάλης Παναγιάς, Στεφανιάς και Στρυμώνα.
- Με τη φάση αυτή συνδέονται και ορισμένες εμφανίσεις πορφύρων και πηγματιτικών και απλιτικών φλεβών με πλούσια μεταλλοφορία.
- Τέλος στο βόρειο χώρο της Σερβομακεδονικής έχουν εντοπισθεί μερικές μικρές εμφανίσεις (Ποντοκερασιας, Στρυμονικού κλπ) ρυολίθων, ανδεσιτών που οφείλονται στην ηφαιστειότητα που εκδηλώθηκε στα τελευταία στάδια (23-28 Ma) της μαγματικής φάσης του Τριτογενούς.



Σχ. 20. Σκαρίφημα του ευρύτερου χώρου της Σερβομακεδονικής μάζας με τις κυριότερες πλουτωνικές εμφανίσεις και τις αντίστοιχες ηλικίες των ραδιοχρονολογήσεων.

Μεταμόρφωση και Παραμόρφωση

Έξι κύρια παραμορφωτικά επεισόδια, με τα πέντε πρώτα από αυτά να συνδέονται με αντίστοιχα μεταμορφικά επεισόδια (Σακελλαρίου, 1989):

- Παραμορφωτικό επεισόδιο (P1):
 - ηλικίας νεώτερης του Νεοπαλαιοζωικού
 - από αυτό διασώζονται μόνο τα υπολείμματα μιας πρώτης μεταμορφικής στρωμάτωσης S1.
 - συνδέεται με μία εκλογιτικής φάσης μεταμόρφωση με T: 700-1000° C και P: 13-14 kb.
- Παραμορφωτικό επεισόδιο (P2):
 - ηλικίας Κάτω- Μεσοζωικής
 - οδήγησε στη δημιουργία ισοκλινών πτυχών μέσης διεύθυνσης N120°. Ακόμη, η γένεση των πτυχών αυτών συνοδεύτηκε από τη δημιουργία της σχιστότητας S2 κατ' αξονικό επίπεδο, καθώς και της γράμμωσης L2.
 - συνδέεται με μεταμόρφωση μέσου αμφιβολιτικού βαθμού.

Μεταμόρφωση και Παραμόρφωση

- Παραμορφωτικό επεισόδιο (P3):
 - έδρασε στο Μέσο έως Ανω Ιουρασικό
 - χαρακτηρίζεται από ισοκλινείς κυρίως πτυχές με διεύθυνση αξόνων περίπου N130°. Επίσης η δημιουργία των πτυχών αυτών συνοδεύεται από την ανάπτυξη έντονης σχιστότητας S3 κατ' αξονικό επίπεδο, όπως και έντονης γράμμωσης.
 - συνοδεύεται από μεταμόρφωση κατώτερης αμφιβολιτικής φάσης.
- Παραμορφωτικό επεισόδιο (P4):
 - ηλικίας Κάτω- Κρητιδικής
 - συνοδεύεται από πτυχές κυρίως κλειστές, με άξονες οι οποίοι έχουν διεύθυνση N180°-200. Οι πτυχές αυτές συνδέονται με την ανάπτυξη νέας σχιστότητας S4 κατά το αξονικό τους επίπεδο και με γράμμωση L4.
 - συνοδεύεται από συνθήκες ανώτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης μεταμόρφωσης.

Μεταμόρφωση και Παραμόρφωση

- Παραμορφωτικό επεισόδιο (P5):
 - Ηωκαινικής ηλικίας
 - δημιούργησε κυρίως ανοιχτές έως κλειστές πτυχές που όμως μπορεί να είναι και ισοκλινείς. Έχουν μέση διεύθυνση αξόνων Α-Δ και συνοδεύονται από τη σχιστότητα S5 που εμφανίζεται τοπικά και ανάλογα με τη λιθολογία σαν ρηξισχιστότητα ή πτυχοσχιστότητα. Στα τελευταία στάδια του επεισοδίου αυτού δημιουργούνται kink πτυχές και μικροσκοπικές έως μακροσκοπικές ζώνες διάτμησης.
 - συνοδεύεται από μεταμόρφωση κατώτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης.
- Παραμορφωτικό επεισόδιο (P6):
 - συνοδεύεται από τη δημιουργία κανονικών ρηγμάτων.

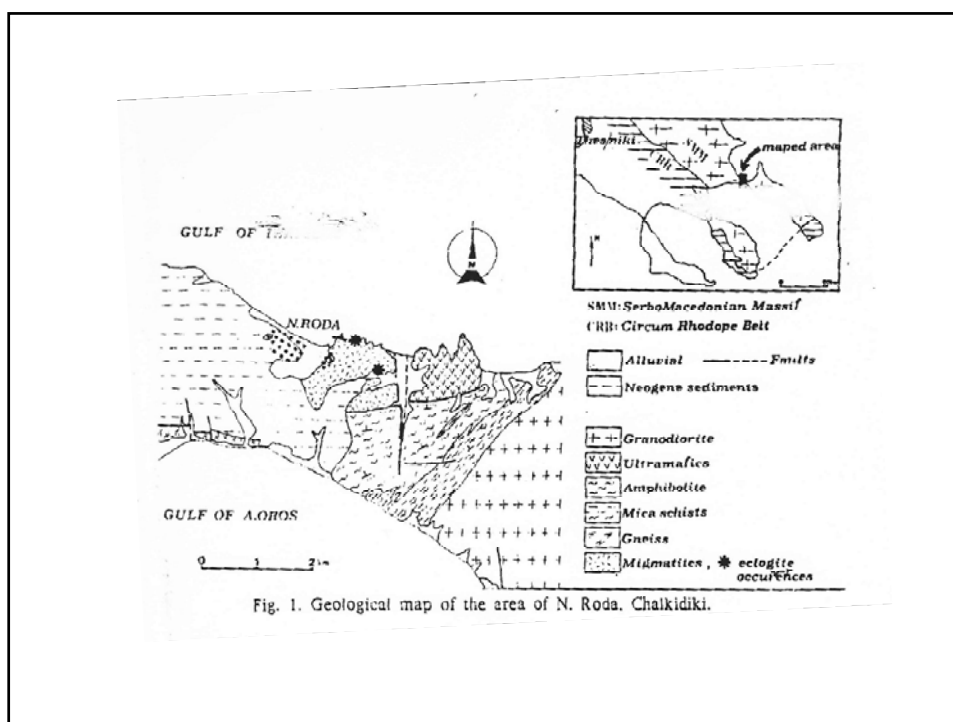


Fig. 2. a. Hornblende (hb) grown at the contact between garnet (gt) and clinopyroxene (cpx). N parallel, $\times 125$.
 b. Hornblende (hb) replacing garnet (gt). N parallel $\times 125$.
 c. Actinolitic amphibole (act) replacing clinopyroxene (cpx). N parallel $\times 125$.
 d. Idiomorphic hornblende (hb) grown with albite (ab) at the contact between garnet (gt) and clinopyroxene (cpx). N parallel $\times 125$.
 e. Idiomorphic pseudomorphs of hornblende (hb) including albite (ab) between garnet (gt) and clinopyroxene (cpx). N parallel $\times 125$.
 f. Formation of biotite (bio) by reaction between hornblende (hb) and white mica (wm). albite (ab) and chlorzoisite (cz) are likely products of the same reaction.

Μεταμορφική εξέλιξη

Οι Dimitriadis and Godelitsas (1991) μελετώντας ένα εκλογιτικό σώμα στα Ν. Ρόδα Χαλκιδικής προτείνουν τρία στάδια μεταμορφικής εξέλιξης του:

- Το εκλογιτικό στάδιο που έλαβε χώρα σε $T: 520-550^{\circ} C$ και σε P τουλάχιστον 12 kb.
- Το στάδιο της προϊούσας αμφιβολιτίωσης του εκλογίτη σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις.
- Το στάδιο της ανάδρομης πρασινοσχιστολιθικής μεταμόρφωσης του.



Μεταμορφική εξέλιξη

Ο Σιδηρόπουλος (1991), αναγνώρισε πέντε μεταμορφικά επεισόδια με βάση τη λιθολογία, την τεκτονική, την ορυκτοχημεία και τη γεωθερμοβαρομετρία :

- Το **M1** μεταμορφικό επεισόδιο.
 - Πρόκειται για ένα επεισόδιο υψηλής P και χαμηλής T,
 - στα όρια της εκλογιτικής με τη γλαυκοφανιτική φάση.
- Το **M2** μεταμορφικό επεισόδιο.
 - Πρόκειται για ένα επεισόδιο υψηλής P και υψηλής T,
 - στα όρια της αμφιβολιτικής, γρανουλιτικής και εκλογιτικής φάσης.

Μεταμορφική εξέλιξη

- Το **M3** μεταμορφικό επεισόδιο.
 - Πρόκειται για ένα επεισόδιο μέσης έως υψηλής P και μέσης T,
 - στη μέση με άνω αμφιβολιτική φάση.
- Το **M4** μεταμορφικό επεισόδιο.
 - Πρόκειται για ένα επεισόδιο μέσης έως υψηλής P και μέσης T,
 - στο όριο της αμφιβολιτικής με την πρασινοσχιστολιθική φάση.
- Το **M5** μεταμορφικό επεισόδιο.
 - Πρόκειται για ένα επεισόδιο χαμηλής P και χαμηλής T,
 - στην πρασινοσχιστολιθική φάση.

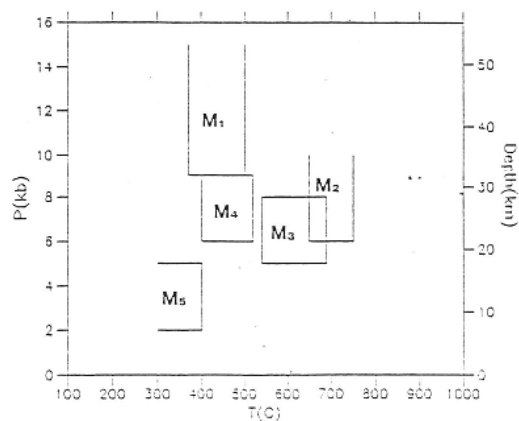
Σύμφωνα με Σιδηρόπουλο (1991)

Πίνακας 8.1. Συνοπτική παρουσίαση των μεταμορφικών επεισοδίων και συσχετισμός τους με τα παραμορφικά επεισόδια.

Μεταμορ. Επεισόδι.	Πηλίτες Ημιπηλīt.	Μάρμαρα	Ασβεστο- पुरιτικά	Μικροκρυσ- ταλινά	Αμφιβολι- τική	Μεταγραν. θεοδύρ.	Αμφιθο- λίτες	Εκλα- στικές	Μεταθλα- στικές	Υπερθλα- στικές	Γρανίτης Μυριόφυτ.	Παραμορ. Επεισόδι.
M1 <500°C >9-10kb								Gt, Cpx, Rt	Gt, Law; Pg			;
M2 650°- 700°C >8kb	Μερική τήξη Υπολειμ Bt(1), Mus(1) Ky		Di, Zo, Ca-anp, Qz, Pl, Cc	Αναδρυ- ση και έν- ταξη της δυσκρυσ- ταλινότητας του Mus.	Ενδοκρυσ- ταλινότητα ή δυσκρυσ- ταλινότητα λευκοσυσ- ταλινότητας	Γένεση του γρανίτη του Hbl(1) P1	Αμφιθο- λίωση Εκλογιτ., συμπλεκτ. Di+Ab ή Hbl+Ab			Anh		D1
M3 540°- 630°C 5-8kb	Gt(1), St, Ky, Bt(2), Mus(2), Pl, Qz Προς το τέλος Mus(3), St(2)	Tr, Cc, Doi, Qz	Tr αντικα- θιστά Di	Μυλωνι- τίωση Ανακρυ- σταλινότητα Qz	Βί- αντικα- θιστά Hbl	Μυλωνι- τίωση Ανακρυ- σταλινότητα Qz	Hbl(2) Pl, Bt, St, Zc τίωση	Ευσεχι- ζεται η αμφιβολι- τίωση		Tr O Anh αντικα- θιστάται από Tc		D2

Πίνακας 8.1. Συνοπτική παρουσίαση των μεταμορφωτικών επεισοδίων και συσχετισμός τους με τα παραμορφωτικά επεισόδια.

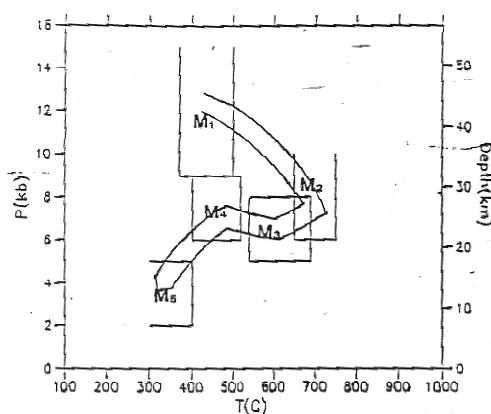
Μεταμορ. Επεισοδ.	Πηλίτες Ημιπηλίτ.	Μάρμαρα Ασβεστο- πυριτικά	Μικροί- τες	Αμφιβολ. μικροί- τες	Μεταγρ. θεοδωρ.	Αμφι- λίτες	Εκλα- γίτες	Μεταδασ. Πολυτιαν.	Υπερβα- σικά	Γρανίτες Μυριόφυτ.	Παραμορ. Επεισοδ.
M₁ 400°- 520°C S-Xb	Ctd, Chl, Gt(2), Bt(3), Zr, Pl Chl	Tc , αντικα- θιστά Tr	Ανάπτυξη θιστίτη σερικίτη	Gt , αντικα- θιστά Hbl	Ανάπτυξη θιστίτη θιστά	Act , αντικα- θιστά Hbl	Act, Chl, Zo, Ep, Ca, Sph	Αντικαθ. Gt από Chl, Ab και Pg από Zo, Ab	Εκτετα- μένη Σερπεντι- νίωση	Γένεση κρυσταλλί- νου Μυριό- φυτου Παραμορ. Ανακρυστ.	D₃
M₂ χαμηλές συνθή- κες	Chl αντικα- θιστά Gt(1,2) Bt		Chl, Ep αντικα- θιστά Bt	Chl, Ep αντικα- θιστά Bt						Chl, Ep αντικα- θιστά Bt	D₄ D₅



σχ. 8.16. Διάγραμμα P-T στο οποίο φαίνονται οι περιοχές συνθηκών των πέντε μεταμορφικών επεισοδίων που αναγνωρίστηκαν στην περιοχή μελέτης.

Προσπάθεια αναπαράστασης μιας P-T-t πορείας

- Αν στο διάγραμμα του σχήματος 8.16 συνδέσουμε τα πεδία Φυσικών συνθηκών των πέντε μεταμορφικών επεισοδίων που αναγνωρίσαμε στην περιοχή μελέτης, θα έχουμε ένα φαινομενικά τυπικό P-T-t διάγραμμα.
- Η καμπύλη που συνδέει μεταξύ τους τα πεδία των πέντε επεισοδίων θα αντιστοιχούσε σε μία P-T-t πορεία (σχήμα 10.1).
- Η συνεχής P-T-t πορεία σε ένα τέτοιο διάγραμμα υποτίθεται ότι αντιπροσωπεύει την πορεία που ακολουθεί ένα πέτρωμα ή ένα σύστημα πετρωμάτων στο πεδίο πίεσης και θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο.



σχ. 10.1. Φαινομενική P-T-t πορεία που "ακολουθήσε" το σύστημα των πετρωμάτων στην περιοχή μελέτης.

Μερικά στοιχεία για τις P-T-t πορείας

- Οι πρώτες θεωρητικές μελέτες P-T-t πορειών αφορούσαν περιπτώσεις εξέλιξης παχυσμένου ηπειρωτικού φλοιού (England and Richardson, 1977, England and Thompson, 1384).
- Τα κύρια χαρακτηριστικά μιας τέτοιας πορείας είναι μία περίοδος θερμικής επαναφοράς (thermal relaxation) που χαρακτηρίζεται από αύξηση της θερμοκρασίας.
- Αυτή ακολουθεί το στάδιο επίτευξης του μέγιστου της πίεσης κατά το γεγονός που προκάλεσε την πάχυνση του φλοιού.
- Το μέγιστο της θερμοκρασίας που επιτυγχάνεται κατά τη θερμική επαναφορά ακολουθείται από μία περίοδο ψύξης, καθώς το σύστημα επανέρχεται προς την επιφάνεια της γης.
- Στην περίπτωση αυτή έχουμε μία δεξιόστροφη P-T-t πορεία κατά την οποία το μέγιστο της θερμοκρασίας έπεται σημαντικά από άποψη χρόνου σε σχέση με την επίτευξη του μέγιστου της πίεσης.

Μερικά στοιχεία για τις P-T-t πορείας

- Μία διαφορετική P-T-t πορεία μπορεί να προκύψει όταν έχουμε θέρμανση των πετρωμάτων και ταυτόχρονη αύξηση της πίεσης που ακολουθείται από μία περίοδο ψύξης, η οποία όμως δε συνοδεύεται από σημαντική άνοδο του συστήματος ώστε να έχουμε πτώση της πίεσης.
- Στην περίπτωση αυτή έχουμε μία αριστερόστροφη P-T-t πορεία.
- Πρέπει να σημειωθεί ότι είναι σχεδόν αδύνατο να διατηρηθούν στα πετρώματα όλα τα στοιχεία εκείνα που μας αποκαλύπτουν μία ολοκληρωμένη P-T-t πορεία.
- Έτσι, αυτό που μπορούμε να αναπαραστήσουμε κάθε φορά είναι ένα περισσότερα τμήματα μιας τέτοιας πορείας, και συνήθως από το ανάδρομο κομμάτι της διαδρομής.

Μερικά στοιχεία για τις P-T-t πορείας

- Σύμφωνα με τον Harley (1939) υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων αποσπασματικών P-T-t πορειών, που χαρακτηρίζουν κυρίως ανάδρομες μεταμορφικές ιστορίες:
 - α. Αυτοί που δείχνουν ισοβαρή ψύξη (isobaric cooling, IBC), και
 - β. Αυτοί που δείχνουν ισόθερμη αποσυμπίεση (isothermal decompression, ITD).

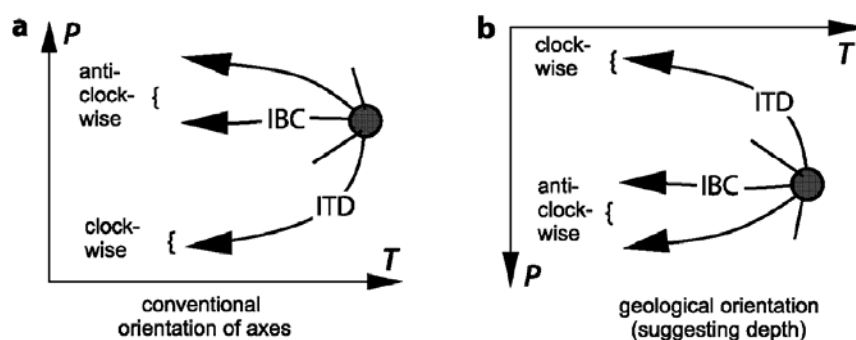
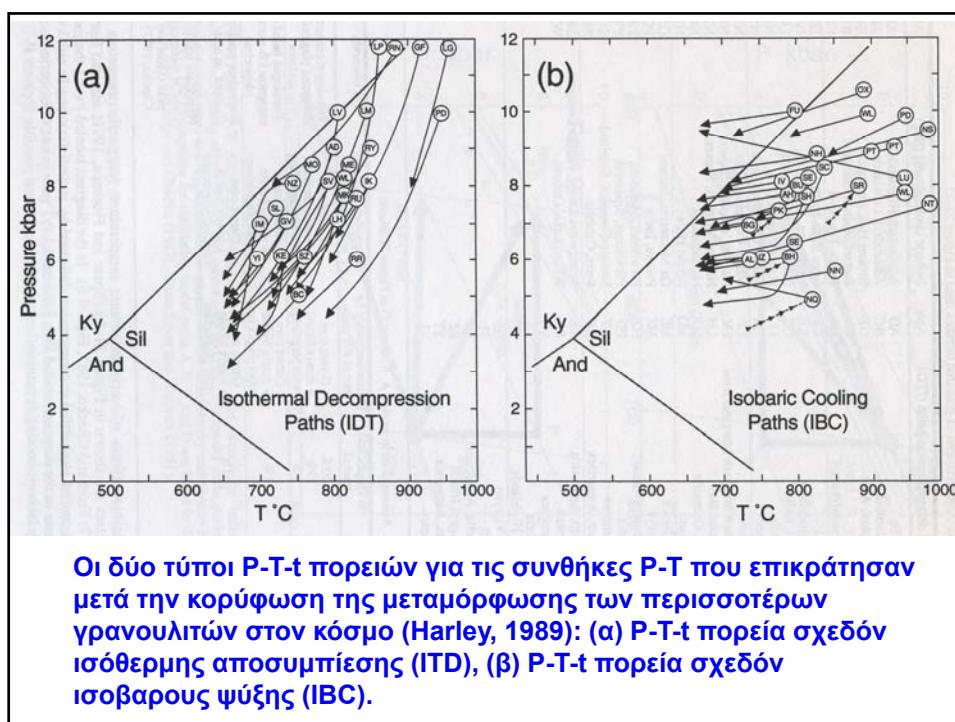


Figure 7.7. Directions of P - T -paths in different presentations. The thick dot is the metamorphic peak. **a** In the conventional representation, isothermal decompression paths follow a clockwise path and isobaric cooling paths have an anticlockwise shape. **b** In the geologically most commonly used representation pressure is usually plotted to increase downwards to indicate that it increases with depth in the crust. Then, “anticlockwise paths” actually follow a clockwise path and vice versa



Μερικά στοιχεία για τις P-T-t πορείες

- Οι γεωτεκτονικές συνθήκες που ευνοούν την IBC πορεία είναι αυτές της πάχυνσης του φλοιού ή της μαγματικής προσθήκης (magmatic accretion) (Ellis, 1987, Bohlen, 1987, Bohlen and Mezger, 1989, Harley, 1989), ενώ οι Santiford and Powell (1986) προτείνουν ακόμα και τη λιθοσφαιρική έκταση ως υπαίτιο για IBC πορείες.
- Μία IBC πορεία μπορεί να είναι η ανάδρομη συνέχεια μιας δεξιόστροφης ή αριστερόστροφης προϊούσας πορείας.
- Άλλοι υποστηρίζουν ότι η IBC πορεία είναι πάντοτε κλάδος μίας πλήρους αριστερόστροφης πορείας.

Μερικά στοιχεία για τις P-T-t πορείας

- Αντίθετα, μια ITD πορεία είναι κλάδος μιας πλήρους δεξιόστροφης πορείας (Hoi lister, 1982, Brown and Earle, 1982, Droop and Bucher-Nurminen, 1984., Harris and Holland, 1984) που έχει όμως πιά απότομες κλίσεις από τη δεξιόστροφη P-T-t πορεία του προτύπου των England and Richardson (1977) και England and Thompson (198^Λ) για την περίπτωση ανόδου του φλοιού εξαιτίας της επιφανειακής διάβρωσης.
- Σύμφωνα με τον Harley (1989) μία τέτοια γρήγορη άνοδος του συστήματος, όπως υποδεικνύεται από μια ITD πορεία, μπορεί να γίνει με απότομες ανοδικές κινήσεις του φλοιού.
- Κάτι τέτοιο μπορεί να είναι αποτέλεσμα διαπυρικής ανοδικής κίνησης του πυρήνα μιας μιγματιτικής ζώνης (Jones and Brown, 1990), ή μιας παραμόρφωσης που συνοδεύει τήξη (Hoi lister and Crawford, 1985), ή τέλος μιας τεκτονικής λέπτυνσης εξαιτίας έκτασης του ήδη παχυσμένου φλοιού (Sender et al, 1987).

Μερικά στοιχεία για τις P-T-t πορείας

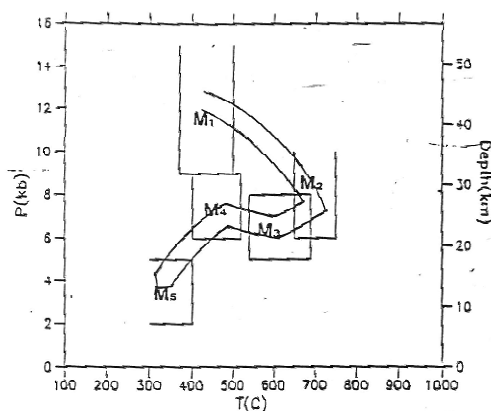
- Όλα τα προηγούμενα όμως αφορούν την περίπτωση κατά την οποία μία P-T-t πορεία εξελίσσεται στη διάρκεια ενός μόνο ορογενετικού κύκλου.
- Αν υποθέσουμε ότι κάτι τέτοιο συμβαίνει και στην περιοχή μελέτης, τότε το διάγραμμα του σχήματος 10.1 πλησιάζει μεν περισσότερο σε μια δεξιόστροφη πορεία, δεν μπορεί όμως να θεωρηθεί ως μια τυπική IBC ή ITD πορεία.
- Παρόλα αυτά διακρίνονται τμήματα στην πορεία αυτή που το καθένα έχει αναγνωρίσιμα χαρακτηριστικά ενός από τους δύο τύπους.

Μερικά στοιχεία για τις P-T-t πορείας

- Όπως έχει συνειδητοποιηθεί τα τελευταία χρόνια οι πραγματικές P-T-t πορείες που ακολουθούν τμήματα του φλοιού μπορεί να είναι εξαιρετικά πολύπλοκες, εξαιτίας είτε των θερμικών επιπλοκών που εισάγουν οι πτυχώσεις μεγάλης κλίμακας, είτε της δυνατότητας πλευρικής θερμικής μεταφοράς σε συνδυασμό με κατακόρυφες κινήσεις, είτε της παρεμβολής μαγματικών γεγονότων.
- Οι πορείες αυτές μπορεί να απέχουν σημαντικά από τα εντελώς θεωρητικά και απλουστευμένα μοντέλα που έγιναν πολύ δημοφιλή τα τελευταία χρόνια.

Μερικά στοιχεία για τις P-T-t πορείας

- Η Φαινομενική λοιπόν P-T-t "πορεία" που παρουσιάζεται στο διάγραμμα του σχήματος 10.1 μπορεί να μην αντιπροσωπεύει ακριβώς κάποια πραγματική τέτοια πορεία, αφού τα μεταμορφικά επεισόδια που συνδέει είναι "στιγμές" μιας μακράς εξελικτικής διαδρομής, της οποίας οι πολλές άλλες "στιγμές" μας είναι άγνωστες.
- Εξάλλου, η φαινομενική αυτή πορεία μπορεί να είναι τεχνητή σύνθεση τμημάτων διαφορετικών μεταξύ τους επιμέρους πορειών, που ανήκουν σε διαφορετικούς ορογενετικούς κύκλους.



σχ. 10.1. Φαινομενική P-T-t πορεία που "ακολουθήσε" το σύστημα των πετρωμάτων στην περιοχή μελέτης.

Μερικά στοιχεία για τις P-T-t πορείας

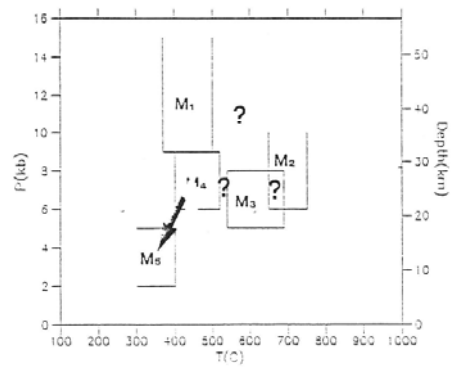
- Η παράμετρος t στην P-T-t πορεία του διαγράμματος του σχήματος 10.1 δεν έχει απόλυτη αριθμητική έκφραση αλλά μόνο συγκριτική.
- Δεν γνωρίζουμε δηλ. την απόλυτη ηλικία του κάθε μεταμορφικού επεισοδίου, αλλά μόνο τη χρονική σειρά που αυτά έλαβαν χώρα (πρώτα το M1, στη συνέχεια το M2 κ.λ.π.).
- Είναι δυνατό λοιπόν η χρονική απόσταση ορισμένων από αυτά τα επεισόδια να είναι τόσο μεγάλη ώστε να αποκλείει τη συμμετοχή όλων στον ίδιο ορογενετικό κύκλο ή σε μια συνεχόμενη αλληλουχία γεωτεκτονικών συμβάντων.

Μερικά στοιχεία για τις P-T-t πορείας

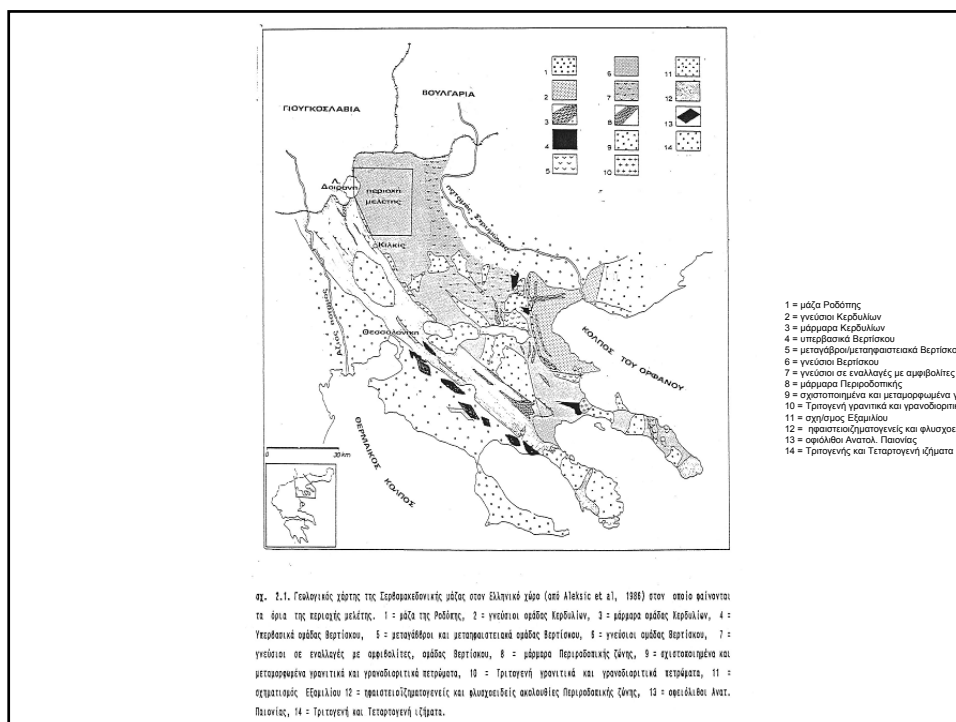
- Για τα μεταμορφικά επεισόδια M3 και M4 υπάρχουν ενδείξεις ότι πρόκειται για επεισόδια προϊούσας και όχι ανάδρομης μεταμόρφωσης.
- Αυτό σημαίνει ότι πιθανότατα είναι λανθασμένη μία απ' ευθείας σύνδεση τους στον κλάδο μιας ανάδρομης πορείας P-T-t, όπως αυτή που υποδηλώνεται στο σχήμα 10.1.
- Τέλος, υπάρχουν στοιχεία, που μαρτυρούν ότι ένα τμήμα της γεωτεκτονικής εξέλιξης της ευρύτερης Σερβομακεδονικής μάζας πραγματοποιήθηκε στο Μεσοζωικό, ενώ η μάζα αυτή σχετίζεται επίσης με ορογενετικούς κύκλους Παλαιοζωικής ηλικίας.

Μερικά στοιχεία για τις P-T-t πορείας

- Θα ήταν πιθανότατα λάθος να συνδεθούν μεταξύ τους τα πέντε μεταμορφικά επεισόδια που διακρίθηκαν με μία απλή δεξιόστροφη P-T-t πορεία, όπως αυτή του σχήματος 10.1.
- Το πιθανότερο είναι ότι αυτά αντιπροσωπεύουν τμήματα περισσότερων ορογενετικών κύκλων και κατ' επέκταση μιας πολύ περισσότερο πολύπλοκης πραγματικής p.πορείας.
- Πιο ρεαλιστικό ίσως θα ήταν το γεμάτο αβεβαιότητες "διάγραμμα" του σχήματος 10.2.



σχ. 10.2. P-T-t διάγραμμα όπου φαίνονται οι περιοχές φυσικών συνθηκών των διαδοχικών μεταμορφικών επεισοδίων και όπου σημειώνονται οι αβεβαιότητες της μεταξύ τους σύνδεσης.



Vertiskos Terrane

