

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΡΑΚΗΣ.
ΑΠΟΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ
ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΕΛΛΗΝΙΔΩΝ**

Α. Μουντράκης*

**Introduction to the Geology of Macedonia and Thrace.
Aspects of the geotectonic evolution of the Hellenic Hinterland
and Internal Hellenides**

D. Mountrakis**

Summary

The chief aim of this introduction is to review the aspects of the geotectonic evolution of the Macedonia-Thrace region which are discussed during the last decade. Thus, it presents a recent summary of views about the location and multiplicity of Tethyan ocean and Neotethyan strands in the frame of the Eastern Mediterranean paleogeography and concludes a number of fundamental questions which arise for the structural geology of Macedonia and Thrace. The age of Paleotethys and Neotethys opening and destruction remains one of the main problems posed for the geological research in northern Greece in relation to the role of the Pelagonian zone. The later has become well enough known as a Cimmerian continental fragment and the question arises: was the Cimmerian a real-unique continent or it consisted of a number of continental fragments (Cimmerian islands) which were rifted-off Gondwana, in the Permo-Triassic and moved northwards in an open Tethyan ocean? And if so that, could also the Rhodopean and Serbomacedonian crystalline masses be considered as analogous Cimmerian continental fragments or they were a part of Eurasian continental margin representing the Hellenic Hinterland?

In close relation to the questions discussed above of the possible locations of the oceans and consequently the active subduction zones, is the interpretation of the HP/LT metamorphic belts (Early Cretaceous and Eocene) in Northern Greece after the evidence of eclogite facies metamorphism in Rhodopean-Serbomacedonian continental rocks, glaucophane facies in Peri-Rhodopean zone as well as along Olympos-Ossa-Pelion.

This in turn raises the problem of the origin of the different tectonic windows in Northern Greece. Well enough known is a clear connection between the Olympos, Ossa, Rhizomata and Krania carbonate windows belonging to the lower-plate beneath the Pelagonian upper-plate nappe. On the other hand the origin and significance of the possible Paikon window beneath both the ophiolitic nappe and the metamorphic rocks of possible Serbomacedonian or Pelagonian (?) affinities remain obscure, while recent kinematic analyses in Rhodopean and Serbomacedonian areas support the idea of an extensional exhumation of the Pangeon Mt and Athos Mt tectonic windows during the Tertiary postnappe stacking extension. Both these carbonate windows belong to the lower-plate which exhumated under the metamorphic rocks of Kerdillia and Sidironero units be-

* Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54006

** Dept. Of Geology, Univ. Of Thessaloniki, Thessaloniki 54006, Greece

longing to the upper-plate. Thus the kinematic analyses support the idea for a common origin of the Pelagonian, Serbomacedonian and Rhodopean crystalline masses from the Cimmerian Continent (upper-plate).

Περίληψη

Παρουσιάζεται μια θεώρηση των απόψεων που έχουν διατυπωθεί τα τελευταία χρόνια για τη γεωτεκτονική εξέλιξη της Μακεδονίας και της Θράκης. Αναλύεται ο προβληματισμός για τη θέση της Τηθύος στα πλαίσια της παλαιογεωγραφίας της Ανατολικής Μεσογείου καθώς και τα κυριότερα ερωτήματα που προκύπτουν για την τεκτονική γεωλογία του χώρου Μακεδονίας-Θράκης. Συζητούνται επίσης τα θέματα του χρόνου δημιουργίας και καταστροφής των ωκεάνιων περιοχών Παλαιοτηθύος και Νεοτηθύος και φυσικά ο ρόλος της Πελαγονικής ως ένα τμήμα της Κιμμερικής ηπείρου που αποσπάσθηκε από την Γκοντιβάνα. Το ερώτημα που περιμένει ακόμη την απόδειξη είναι αν οι κρυσταλλοσχιστώδεις μάζες της Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής ήταν τμήματα του Ευρασιατικού παραμορφώσιμου ηπειρωτικού περιθωρίου αντιπροσωπεύοντας την Ελληνική Ενδοχώρα ή ήταν παρόμοια με την Πελαγονική ηπειρωτικά τεμάχια της εννιαίας Κιμμερικής ηπείρου (ή "Κιμμερικά νησιά") που αποσπάσθηκαν χωρισμένα από την Γκοντιβάνα.

Ίμμεση σχέση με τα ερωτήματα της υποβύθισης των ωκεάνιων περιοχών Παλαιοτηθύος και Νεοτηθύος έχει το θέμα της ερμηνείας των ζωνών HP/LT μεταμόρφωσης (ηλικίας Κάτω Κρητιδικού και Ηωκαίνου) μετά τη διαπίστωση εκλογιτικής μεταμόρφωσης στη Ροδόπη και Σερβομακεδονική, καθώς και γλαυκοφανιτικής μεταμόρφωσης στην Περιροδοπική ζώνη και τον άξονα Ξλυμπου-Ψσσας-Πηλίου.

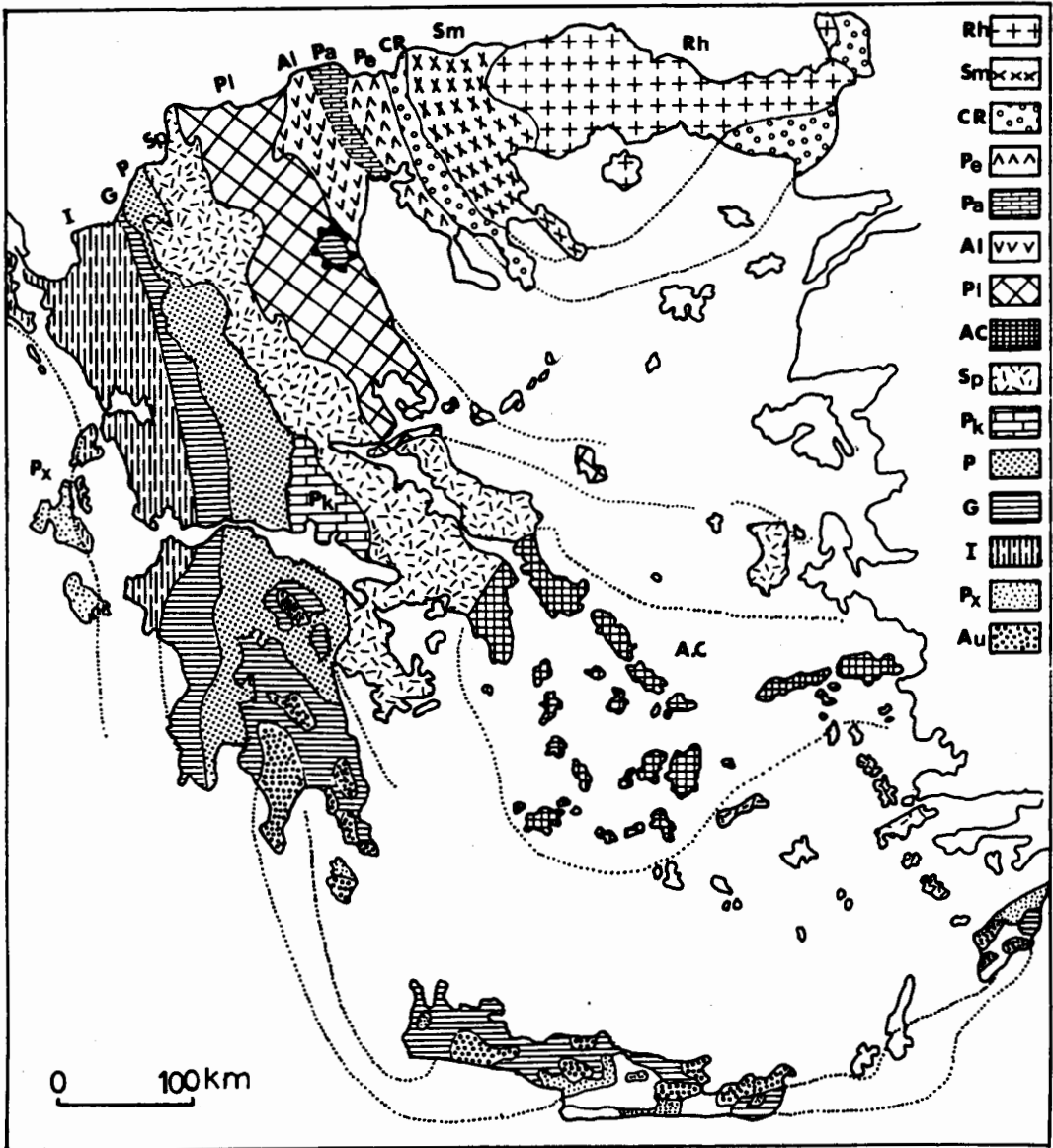
Σχετικό είναι επίσης και το θέμα των τεκτονικών παράθυρων στο Βορειοελλαδικό χώρο. Μέχρι στιγμής έχει διαπιστωθεί η κοινή προέλευση-τοποθέτηση των ανθρακικών τεκτονικών παράθυρων Ολύμπου, Ψσσας, Ριζωμάτων και Κρανιάς που ανήκουν στην Κάτω-πλάκα που βρίσκονταν κάτω από το Πελαγονικό κάλυμμα της Επάνω-πλάκας. Αντιθέτως παραμένει ασαφής η προέλευση και σημασία του πιθανού τεκτονικού παράθυρου του Πάικου που βρίσκεται κάτω από το οφειολιθικό τεκτονικό κάλυμμα και το κάλυμμα των κρυσταλλοσχιστωδών της Τζένας με χαρακτηριστές Πελαγονικής ή (;) Σερβομακεδονικής, υπόθεση που ενισχύει την άποψη για κοινή Κιμμερική προέλευση των κρυσταλλοσχιστωδών μαζών Πελαγονικής και Σερβομακεδονικής-Ροδόπης. Πρόσφατες έρευνες κινηματικής τεκτονικής ενισχύουν επίσης την ιδέα αυτή, ιδίως με τη διαπίστωση ότι τα τεκτονικά παράθυρα του όρους Παγγαίο και του όρους Άθως αποτελούν ανθρακικά τεκτονικά παράθυρα της Κάτω-πλάκας που έχει εκταφεί κατά την εφελκυστική τεκτονική του Τριτογενούς κάτω από τις υπερκείμενες κρυσταλλοσχιστώδεις μάζες Κερδυλλίων και Σιδηρόνερου της Επάνω-πλάκας. Έτσι ενισχύεται ακόμη περισσότερο η άποψη για κοινή Κιμμερική προέλευση (επάνω-πλάκας) των μαζών Πελαγονικής, Σερβομακεδονικής και Ροδόπης.

1. Εισαγωγή

Δεδομένου ότι το 7ο Συνέδριο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας δίδει έμφαση στη γεωλογία της Μακεδονίας και της Θράκης, στην εισαγωγική αυτή εργασία παρουσιάζονται περιληπτικά οι απόψεις που έχουν διατυπωθεί και συζητηθεί τα τελευταία χρόνια για τη γεωλογική εξέλιξη του Βορειοελλαδικού χώρου Μακεδονίας και Θράκης.

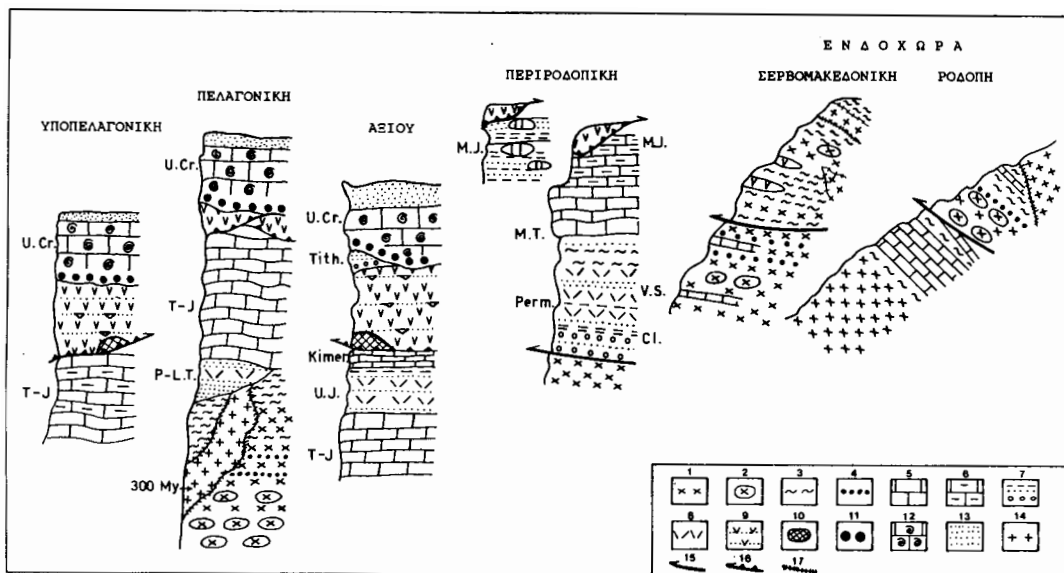
Πιο συγκεκριμένα οι περιοχές στις οποίες εστιάζεται η εισαγωγή αυτή, η παρουσίαση της γεωτεκτονικής εξέλιξης της Μακεδονίας και Θράκης είναι: (1) αυτές όπου υπάρχουν οι σημαντικότερες διαφορές απόψεων μεταξύ των ερευνητικών ομάδων που διερευνούν τα θέματα γεωτεκτονικής εξέλιξης και (2) εκείνες που πιστεύεται ότι αποτελούν "θέσεις κλειδιά" για την ερμηνεία των φαινομένων εξέλιξης και στις οποίες επικεντρώνονται πλέον οι ερευνητικές προσπάθειες των διαφόρων ομάδων.

Σύμφωνα με τις κλασικές έρευνες που έγιναν στη Βόρεια Ελλάδα (Osswald (1938), Brunn (1956), Kopp (1964, 1966), Mercier (1968), Kronberg et al (1970), Kocckel et al (1971), Kauffmann et al (1976), Μουντράκης 1983, Μουντράκης et al 1983) ο χώρος της Ανατολικής Μακεδονίας και της Θράκης αντιπροσωπεύει (σχ. 1) την



Σχ. 1: Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιροδοπική ζώνη, (Pe: ζώνη Παιονίας, Pa: ζώνη Πάικου, Al:ζώνη Αλμωπίας) = ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικοκυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας, P:ζώνη Πίνδου, G: ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης, I: Ιόνιος ζώνη, Px: ζώνη Παξών ή Προασπουλία, Au: Ενότητα πλακωδών ασβεστολίθων πιθανόν της Ιονίου ζώνη.

Fig. 1: Structural zones of the Hellenides. Rh=Rhodope; Sm=Serbomacedonian; CR=Circum Rhodope; (Pe=Peonias, Pa=Paikon, Al=Almopias)=Axios zone; Pl=Pelagonian; AC=Attico-Cycladic; Sp=Subpelagonian; Pk=Parnasos; P=Pindos; G=Gavrovo-Tripolis; I=Ionian; Px=Paxos; Au=Plattenkalk-Talea Ori probably of Ionian zone.



Σχ. 2: Στήλες που απεικονίζουν τη λιθοστρωματογραφία και τη γενική δομή των Εσωτερικών Ελληνίδων και της Ελληνικής Ενδοχώρας. 1: γνεύσιοι, 2: οφθαλμογνεύσιοι, 3: σχιστόλιθοι, 4: αμφιβολίτες, 5: ασβεστόλιθοι ανακρυσταλλωμένοι και μάρμαρα, 6: ασβεστόλιθοι μαργαίκοι-πυριτικοί, 7: κλαστικά ιζήματα (ψαμίτιες, κροκαλοπαγή, φυλλίτες κλπ), 8: ηφαιστειακά υλικά, 9: οφειόλιθοι και συνοδά ακεάνια ιζήματα, 10: οφειολιθικά τεκτονικά μίγματα, 11: κροκαλοπαγής βάσης, 12: ασβεστόλιθοι ανακρητιδικοί, 13: φλύσχης, 14: πλουτιωνίτες, 15: επώθηση, 16: τεκτονική τοποθέτηση οφειολιθών, 17: μαγματική διείδυση, Cl: σχηματισμός μετακλαστικών ιζημάτων, V.S.: ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά, P: Πέρμιο, T: Τριαδικό, J: Ιουρασικό, Cr: Κρητιδικό, M: Μέσο, U: Άνω.

Fig. 2: Lithostratigraphic sections of the Internal Hellenides and the Hellenic Hinterland showing their general structural geology as well. 1, gneisses; 2, augen gneisses 3, schists; 4, amphibolites; 5, crystalline limestones and marbles; 6, marly limestones with interbedded cherts; 7, detrital sediments (sandstones, conglomerates, phyllites etc); 8, volcanic rocks, 9, ophiolites and fine grained deep-sea sediments; 10, ophiolitic melanges; 11, transgressive conglomerate; 12, Upper Cretaceous limestones; 13, flysch; 14, granites; 15, thrust; 16, obduction of the ophiolites; 17, magmatic intrusion; Cl, metaclastic sediments; V.S., volcanosedimentary series; P, Permian; T, Triassic; J, Jurassic; Cr, Cretaceous; M, Middle; U, Upper.

Ελληνική Ενδοχώρα (μάζες Ροδόπης και Σερβομακεδονικής), ενώ η Κεντρική και Δυτική Μακεδονία τις Εσωτερικές Ελληνίδες ζώνες δηλαδή την Περιροδοπική ζώνη, τη ζώνη Αξιού = (Παιονίας + Παίκου + Αλμωπίας), την Πελαγονική ζώνη και την Υποπελαγονική. Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται συνοπτικά η λιθοστρωματογραφία των ζωνών αυτών σύμφωνα με τις απόψεις πολλών ερευνητών (Brunn 1956, Bebien 1982, Celet & Clement 1991, Chatzidimitriadis et al 1985, Δημητριάδης 1974, Dixon & Dimitriadis 1984, Jones et al 1992, Κασώλη 1981, Κίλιας 1980, Kockel & Walther 1965, Kolokotroni & Dixon 1991, Liati 1986, Koukouvelas & Doutsos 1990, Mercier 1968, Meyer et al 1963, Μουνιρόκης 1976, 1983, Μποςκος et al 1989, Musalam & Jung 1986, Nance 1981, Papadopoulos & Kiliias 1985, Papanikolaou & Panagopoulos 1981, Πάτρας et al 1988, Soldatos & Christofides 1986, Σπυρόπουλος 1994, Zachos & Dimadis 1983).

2. Απόψεις για τη γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελληνικής Ενδοχώρας και των

Εσωτερικών Ελληνίδων

Καθοριστικής σημασίας για την ερμηνεία της εξέλιξης του ευρύτερου χώρου Εσωτερικών ζωνών και Ελληνικής Ενδοχώρας είναι οι οφειολιθικές εμφανίσεις (σχ. 3 και 4) στις ζώνες Αξιού (Εσωτερική οφειολιθική λωρίδα IRO) και Υποπελαγονική (Εξωτερική οφειολιθική λωρίδα ERO), στην προέλευση και τεκτονική τοποθέτηση των οποίων είχαν επικεντρωθεί για πολλά χρόνια οι έρευνες για τον καθορισμό της θέσης της Τηθύος. Και είναι γνωστές οι απόψεις που εκφράστηκαν για ταύτιση της Τηθύος είτε με τη ζώνη Αξιού (Zimmerman & Ross 1977, Vergely 1977) είτε με την Υποπελαγονική (Smith & Woodcock 1976, Smith 1977), για να καταλήξουν τελικά στην επικρατέστερη παραδοχή της διττής προέλευσης των οφειολίθων από δύο ωκεάνιες περιοχές εκατέρωθεν της Πελαγονικής, στα περιθώρια της οποίας βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένοι οι οφειόλιθοι (Mountrakis 1982, 1983; Robertson & Dixon 1984, Vergely 1984).

Η Πελαγονική ζώνη θεωρείται πλέον ως παλιό ηπειρωτικό τέμαχος της Κιμμερικής (Cimmerian) ηπείρου (Mountrakis 1983, 1984, 1986, Robertson et al 1991) που αποσπάστηκε από την Γκοντβάνα στο Πέρμιο και κινήθηκε προς τα ΒΑ συμπιέζοντας και καταστρέφοντας τον ωκεάνιο φλοιό της Τηθύος (Παλαιοτηθύος;) για να συγκρουσθεί τελικά με την Ευρασία την περίοδο του Ιουρασικού προκαλώντας την Κιμμερική ορογένεση (πρώτη Αλπική ορογένεση). Εμφανίζεται έτσι το ηπειρωτικό τέμαχος της Πελαγονικής με την κρυσταλλοσχιζτώδη προ-αλπική μάζα της να περιβάλλεται από τις δύο οφειολιθικές λωρίδες IRO και ERO (σχ. 4).

Με την ηπειρωτική διάρρηξη στη Γκοντβάνα και την αποκόλληση της Κιμμερικής ηπείρου θεωρείται ότι δημιουργήθηκε στα νοτιοδυτικά αυτής ο ωκεάνιος χώρος της Νεοτηθύος που λειτούργησε από το Τριαδικό ως το Τριτογενές. Για τον Ελληνικό χώρο η Νεοτηθύς αντιπροσωπεύεται από τις ζώνες Υποπελαγονική και Πίνδου και πιστεύεται ότι έκλεισε οριστικά το Ηώκαινο-Ολιγόκαινο αφού προηγήθηκε μια ενδοωκεάνια υποβύθιση (Jones & Robertson 1991) το Κρητιδικό πριν το οριστικό κλείσιμο του ωκεανού.

Παρ' όλο ότι η παραπάνω πρόταση γεωτεκτονικής εξέλιξης με την αντίληψη της διττής προέλευσης των οφειολίθων από δύο ωκεάνιες περιοχές έχει πλέον συγκεκριμένο υποστηρίχθει για τον Ελληνικό χώρο (Mountrakis 1983, 1986, Mountrakis et al 1987, Robertson & Dixon 1984, Vergely 1984), εντούτοις παραμένουν ορισμένα βασικά ερωτηματικά, όπως ο χρόνος έναρξης και τερματισμού της λειτουργίας των δύο ωκεάνιων χώρων εκατέρωθεν της Πελαγονικής που φαίνεται σχεδόν να ταυτίζεται, σε αντίθεση με την αρχική παραδοχή για δύο χρονικά διάκριτων ωκεανών της Παλαιοτηθύος και Νεοτηθύος. Το πρόβλημα αυτό αν και έγιναν διάφορες προσπάθειες να ερμηνευθεί, είτε με την παραδοχή διάφορων κλάδων της Τηθύος (Robertson & Dixon 1984, Vergely 1984), είτε με την παραδοχή ειδικών συνθηκών στο χώρο προσέγγισης των δύο ωκεανών (Mountrakis 1986), παραμένει πάντοτε ανοιχτό προς διερεύνηση.

Το παραπάνω πρόβλημα εντάσσεται στο γενικότερο ερώτημα σε ευρύτερη ηπειρωτική κλίμακα, αν το ηπειρωτικό τέμαχος της Πελαγονικής ανήκε σε μια εννιαία Κιμμερική ήπειρο που μετακινήθηκε προς το Ευρασιατικό περιθώριο και η διάσπασή της σε μικρότερα τεμάχη έγινε αργότερα κατά τη σύγκρουση τους με την Ευρασία, ή η Πελαγονική ανήκε σε ένα σύνολο "Κιμμερικών τεμαχών νησιών" που αποκολλήθηκαν με μια σχεδόν ταυτόχρονη διάσπαση από την Γκοντβάνα και μετακινήθηκαν το ένα πλησίον του άλλου προς την Ευρασία έχοντας ανάμεσά τους ωκεάνιους διαύλους της εννιαίας Τηθύος (σχ. 5 και 6).

Σε συνάρτηση με το θέμα αυτό βρίσκεται βέβαια και το ερώτημα εάν οι μάζες της Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής ήταν πράγματι η Ελληνική Ενδοχώρα, δηλαδή τμήματα του Ευρασιατικού περιθωρίου στο οποίο συγκολλήθηκαν ωκεάνια τμήματα της Παλαιοτηθύος (ζώνη Αξιού) κατά τη διάρκεια της ηπειρωτικής σύγκρουσης με την Κιμμερική ήπειρο (ζώνη Πελαγονική) ή ήταν και η Ροδόπη και η Σερβομακεδονική παρόμοια με την Πελαγονική Κιμμερική ηπειρωτικά τεμάχη (Κιμμερικά νησιά) που αποσπάστηκαν από την Γκοντβάνα και μετακινήθηκαν προς την Ευρασία σύμφωνα με τη γεωτεκτονική διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω στα σχήματα 5 και 6.

Την απάντηση στα παραπάνω ερωτήματα θα πρέπει να την περιμένουμε περισσότερο από τη βοήθεια των χρονολογήσεων, της στρωματογραφίας των ιζημάτων των ωκεάνιων λεκανών και του παλαιομαγνητισμού, που μπορεί αποφασιστικά να συμβάλει στην έρευνα για το πού ανήκαν τα παλιά ηπειρωτικά τεμάχια τα οποία σήμερα συμμετέχουν στο ελληνικό-ορογενές συγκολλημένα στην Ευρασία.

Έχει πάντως σχεδόν πλήρως αποδειχθεί και με στρωματογραφικά, ιζηματολογικά και πετρολογικά στοιχεία η Πέρμια ηλικία αρχικής ηπειρωτικής διάρρηξης στο χώρο της ζώνης Αξιού και στο Δυτικό Πελαγονικό περιθώριο. (Mountrakis et al 1983, Mountrakis 1986). Πρόσφατες μάλιστα στρωματογραφικές έρευνες δείχνουν ότι σχεδόν το σύνολο των προ-οφειολιθικών ωκεάνιων ιζημάτων της ζώνης Αξιού ήταν Τριαδικά (Stais & Ferriere 1991). Σήμερα στο Συνέδριο παρουσιάζονται ορισμένα επιπλέον αποτελέσματα των ερευνών αυτών (Ferriere & Stais 1994). Ίτσι είναι πολύ πιθανόν ότι η λειτουργία της ωκεάνιας λεκάνης της ζώνης Αξιού τερματίστηκε πριν το Μέσο Άνω Ιουρασικό. Το ερώτημα βέβαια που παραμένει είναι το ανώτερο όριο των ιζημάτων και των δύο ωκεάνιων λεκανών, πριν την υποβύθιση και την καταστροφή των ωκεάνιων φλοιών, πριν την τοποθέτηση των οφειολίθων.

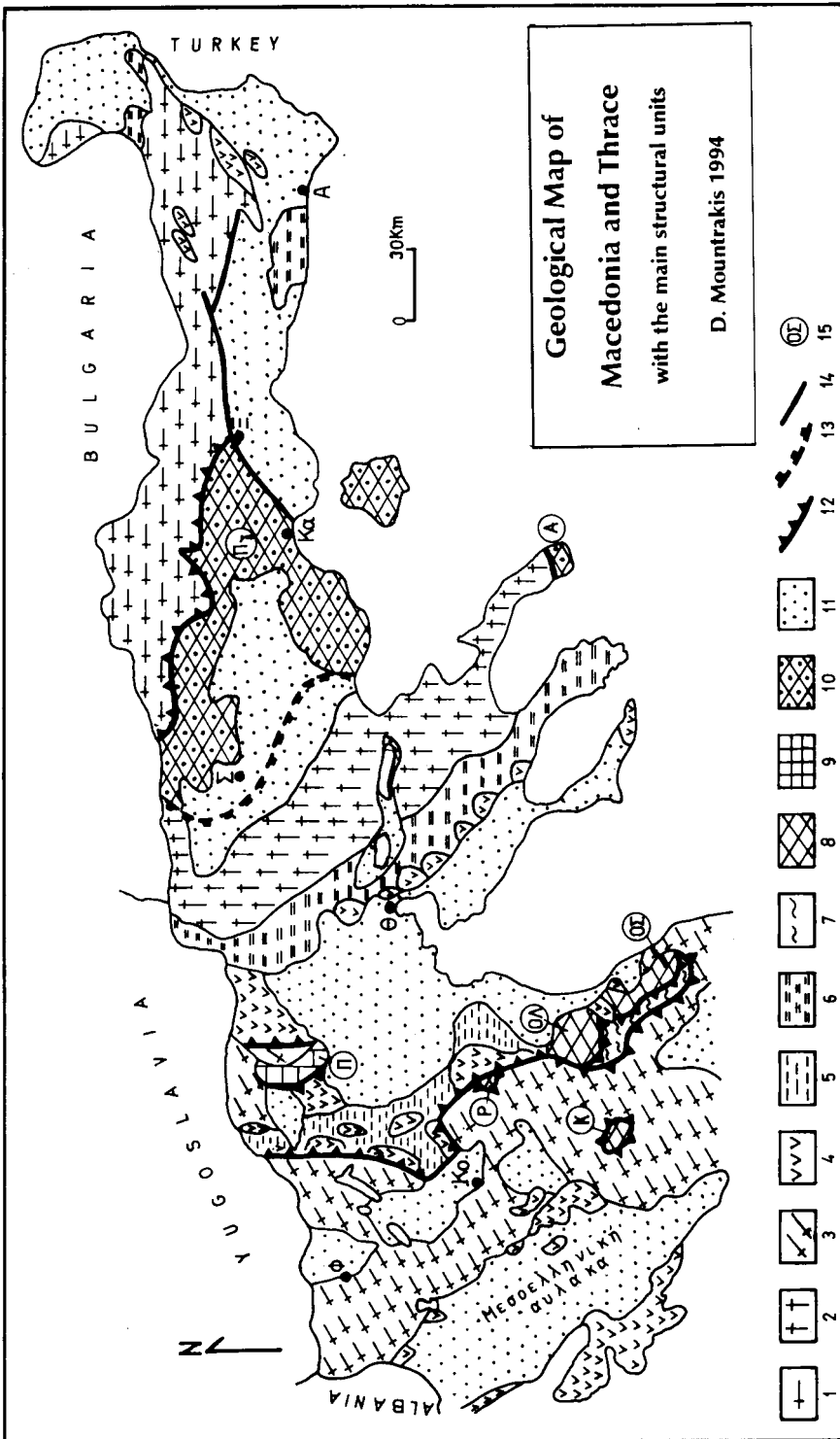
Σε άμεση σχέση με το παραπάνω πρόβλημα βρίσκονται οι έρευνες για τη μεταμόρφωση υψηλής πίεσης, οι οποίες έχουν ενταθεί τον τελευταίο καιρό στο βορειοελλαδικό χώρο και έχουν εντοπίσει ήδη μια υπολειμματική παλιά εκλογιτική μεταμόρφωση στην Ενδοχώρα (Ροδόπη και Σερβομακεδονική (Liati 1988, Mposkos 1989, Dimitriadis & Godelitsas 1991) καθώς και υπολείματα γλαυκοφανιτικής μεταμόρφωσης στα Περιοδοπικά ιζήματα της Περιοδοπικής ζώνης και τη ζώνη Πάικου (Michard et al 1994). Αυτά βέβαια εκτός της γνωστής Ηωκαινικής υψηλής πίεσης μεταμόρφωσης στον άξονα Πιερίων-Ολύμπου-Όσσα-Καμβουνίων-Πηλίου. (Godfriaux 1968, Godfriaux & Pichon 1979, Kiliyas & Mountrakis 1984, 1987, 1989, Papanikolaou 1984, Katsikatsos et al 1986, Schermer et al 1989, Vergely & Mercier 1990). Η πιθανή σχέση των παραπάνω μεταμορφικών ζωνών υψηλής πίεσης δημιουργεί την υπόνοια για μια διαφορετική θεώρηση του θέματος της τοποθέτησης του παλιού ωκεάνιου χώρου.

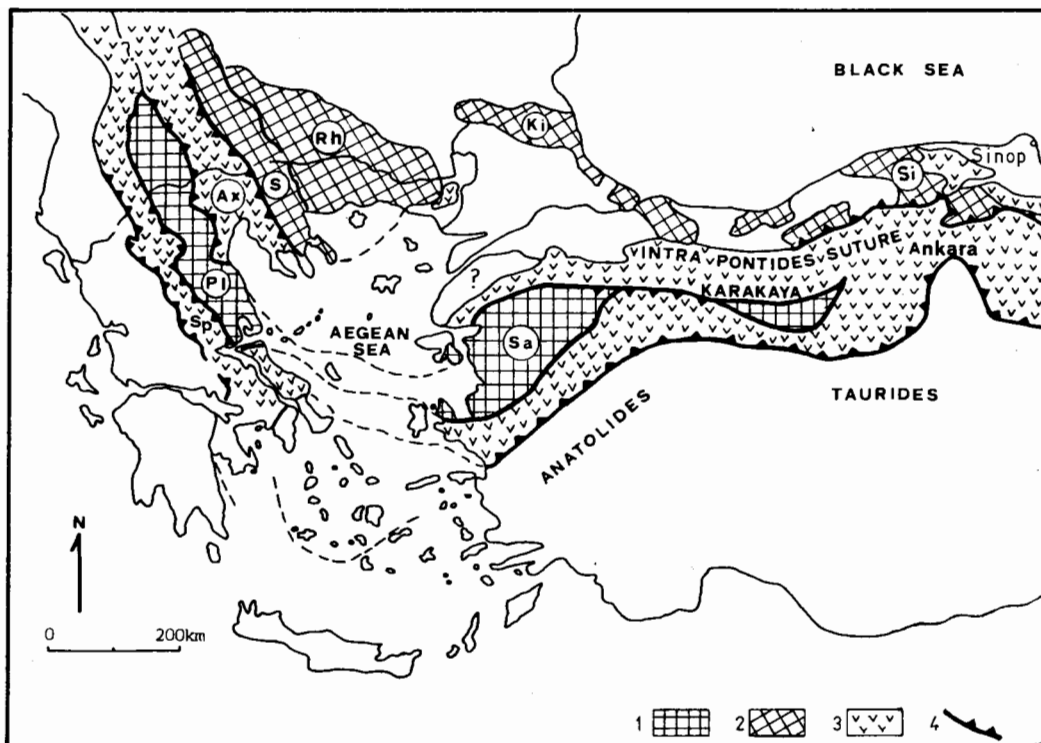
3. Ερωτήματα και υποθέσεις για τη γεωλογία της Μακεδονίας και της Θράκης

Η σχέση με το ερώτημα της πιθανής θέσης του παλιού ωκεανού έχει και το μεγάλο θέμα των τεκτονικών παράθυρων στον Εσωτερικό Ελληνικό χώρο. Είναι γνωστό ότι μετά τη σπουδαία ανακάλυψη του τεκτονικού παράθυρου του Ολύμπου (Godfriaux 1968) διάφορες έρευνες που έγιναν στην ευρύτερη περιοχή ανακάλυψαν κάτω από

Σχ. 3: Γεωλογικός χάρτης της Μακεδονίας-Θράκης με τις κύριες τεκτονικές ενότητες. 1: μεταμορφωμένα πετρώματα της Ενότητας Σιδηρόνερου (Μάζα της Ροδόπης), 2: Κρυσταλλοσχιστώδης μάζα Σερβομακεδονικής, 3: Κρυσταλλοσχιστώδης μάζα της Πελαγονικής ζώνης, 4: Οφειόλιθοι, 5: Πελαγικά ιζήματα ζώνης Αξιού, 6: μετα-ιζήματα της Περιοδοπικής ζώνης, 7: ΗΡ/ΛΤ σειρά Αμπελάκια, 8: Τεκτονικά παράθυρα στο κάλυμμα της Πελαγονικής (ΟΛ: Όλυμπος, ΟΣ: Όσσα, Κ: Κρανιά, Ρ: Ριζώματα), 9: Τεκτονικό παράθυρο του Πάικου (?), 10: Πιθανά τεκτονικά παράθυρα στην Ελληνική Ενδοχώρα (Πγ: Παγγαίο, Α: Athos), 11: Μεταλπικά ιζήματα (Μολάσσα, Νεογενή-Τεταρτογενή), 12: Μεγάλες επωθήσεις, 13: Ρήγμα εφελακυστικής αποκόλλησης, 14: Κύριες τεκτονικές επαφές, 15: τεκτονικά παράθυρα.

Fig. 3: Geological map of Macedonia and Thrace with the main structural units. 1, metamorphic rocks of the Sidironero Unit (Rhodopian massif); 2, metamorphic rocks of the Serbomacedonian massif; 3, metamorphic rocks of the Pelagonian zone; 4, ophiolites; 5, deep-sea sediments of the Axios zone; 6, meta-sediments of the Circum Rhodope zone; 7, HP/LT Ampelakia series; 8, tectonic windows under the Pelagonian nappe (OL: Olympos; OS: Ossa, K: Krania, P: Rhizomata); 9, tectonic window of Paikon (?); 10, possible tectonic windows in the Hellenic Hinterland (Πγ, Pageon, A, Athos); 11, post-alpine sediments (Molassic, neogene-quadernary sediments); 12, Mayor thrust; 13, detachment; 14, main tectonic contact; 15, tectonic windows.





Σχ. 4: Κατανομή των ηπειρωτικών τεμαχών προέλευσης Κιμμερικής ηπείρου στο χώρο της Ανατολικής Μεσογείου. 1. Ηπειρωτικά τεμάχια Κιμμερικής ηπείρου, (Pl: Πελαγονική, Sa: Sakarya), 2. Ενότητες ηπειρωτικού φλοιού πιθανόν της Κιμμερικής ηπείρου ή του Ευρασιατικού περιθωρίου (Rh:Ροδόπη, S: Σερβομακεδονική, Ki:Kirkklareli, Si: Σινώπης), 3: Οφειολιθικές συρραφές της Τηθούς (Ax: οφειολιθική συρραφή ΙΡΟ της ζώνης Αξίου και οφειολιθική συρραφή Intra Pontides, πιθανόν της Παλαίο-Τηθούς. Sp:οφειολιθική συρραφή ΕΡΟ της Υποπελαγονικής ζώνης και οφειολιθική συρραφή Karakaya της Νέο-Τηθούς). 4: Επωθήσεις των οφειολίθων της Τηθούς.

Fig. 4: Cimmerian continental fragments in the Eastern Mediterranean region. 1: Cimmerian continental fragments (Pl, Pelagonian; Sa, Sakarya); 2: continental units possibly of Cimmerian origin as well, or belonging to the Eurasian continental margin (Rh, Rhodopian, S, Serbomacedonian, Ki, Kirkklareli, Si, Sinop); 3. Tethyan ophiolitic sutures, (Ax: Axios-Vardar suture IRO, Intra Pontides suture, possibly Paleo-Tethyan; Sp: Subpelagonian suture ERO, Karakaya suture, possibly Neo-Tethyan), 4. Tethyan thrust.

τα ίδια καλύμματα του Πελαγονικού κρυσταλλοσχιστώδους (ηπειρωτικής προέλευσης), των γλαυκοφανιτικών σχιστολίθων και των οφειολίθων (ωκεάνιας προέλευσης) και άλλα ανάλογα τεκτονικά παράθυρα όπως της \square σσας, των Ριζωμάτων και της Κρανιάς (Godfriaux & Pichon 1979, Kiliass & Mountrakis, 1984, 1987) που μαζί με τον \square λυμπο αντιπροσωπεύουν παλιά περιοχή ηπειρωτικής πλατφόρμας.

Οι παραπάνω έρευνες προς την κατεύθυνση των τεκτονικών παράθυρων οδήγησαν και σε μια νέα άποψη και για την ερμηνεία της δομής του όρους Πάικου και συγκεκριμένα διατυπώθηκε η άποψη ότι το Πάικο αποτελεί ένα μεγάλο τεκτονικό παράθυρο κάτω από το οφειολιθικό κάλυμμα της ζώνης Αξίου (σχ. 7). Διατυπώθηκε μάλιστα επιπλέον και η άποψη (Godfriaux & Ricou 1990, 1991, Burg et al 1992) ότι τα μεταμορφωμένα πετρώματα που περιβάλλουν το παράθυρο από τα Βόρεια (στο όρος Τζένα) έχουν σαφείς ομοιότητες όχι τόσο με το κρυσταλλοσχιστώδες της Πελαγονικής που θα φαινόταν περισσότερο πιθανόν, αλλά με το κρυσταλλοσχιστώ-

Σχ. 5. Παλαιογεωγραφικά σκαριφήματα που απεικονίζουν τη γεωδυναμική εξέλιξη του συστήματος Παλαιοτηθύος-Νεοτηθύος-Κιμμερικής Ηπείρου, από το Πέρμιο μέχρι το Τριτογενές, στην Ανατολική Μεσόγειο.


Rod: Ροδόπη, Sb: Σερβομακεδονική.

Τεμάχια της Κιμμερικής Ηπείρου στην Ελλάδα και Μικρά Ασία, Pel: Πελαγονική, Sa: Sakarya, Ki: Kirklareli, Ba: Bayburt.

Fig. 5. Sketch of the paleogeography showing the geodynamic evolution of the Paleotethys-Neotethys-Cimmerian Continent system in Eastern Mediterranean region, during Permian to Tertiary times.

Rod, Rhodope; Sb, Serbomacedonian. Cimmerian continental fragments in Greece and Turkey: Pel, Pelagonian; Sa, Sakarya; Ki, Kirklareli; Ba, Bayburt.


 Ηπειρωτικός φλοιός της Ευρασίας
Eurasia Continent

 Ηπειρωτικός φλοιός της Gondwana και της Κιμμερικής ηπείρου
Gondwana and Cimmerian continental crust.

BA κίνηση της Κιμμερικής Ηπείρου, συρρίκνωση της Παλαιοτηθύος και διεύρυνση της Νεοτηθύος
The NE-ward motion of the Cimmerian Continent, Paleotethys is consumed and Neotethys opens.

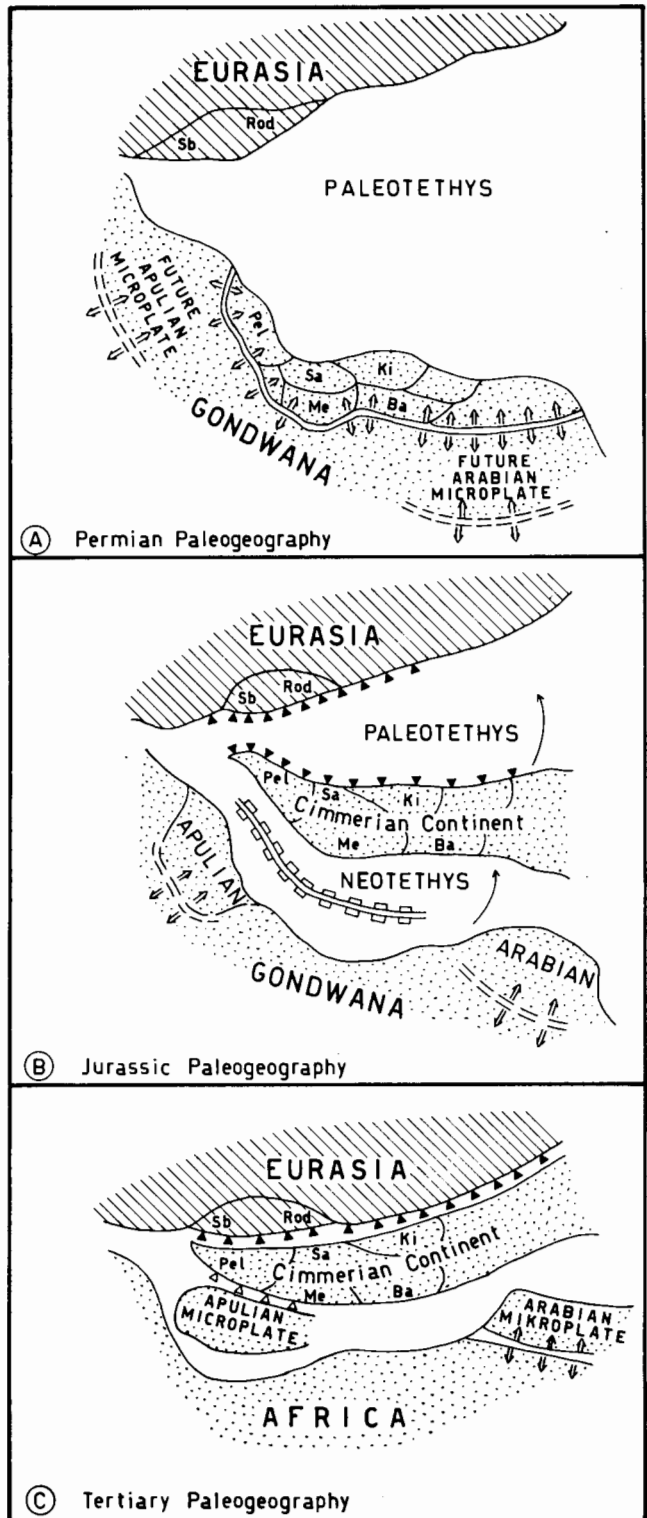
 Αρχική ηπειρωτική διάρρηξη
Initial continental rifting

 Μελλοντική ηπειρωτική διάρρηξη
Future continental rifting

 Νέα μεσοωκεάνια ράχη
New middle-oceanic ridge

▲ ▲ ▲ Ορογένεση Ιουρασικού (Κιμμερική). Υποβύθιση ωκεάνιου φλοιού Παλαιοτηθύος και σύγκρουση Κιμμερικής ηπείρου με την Ευρασία
Jurassic Orogen (Cimmerian). Subduction of Paleotethys and collision of the Cimmerian continent to Eurasia

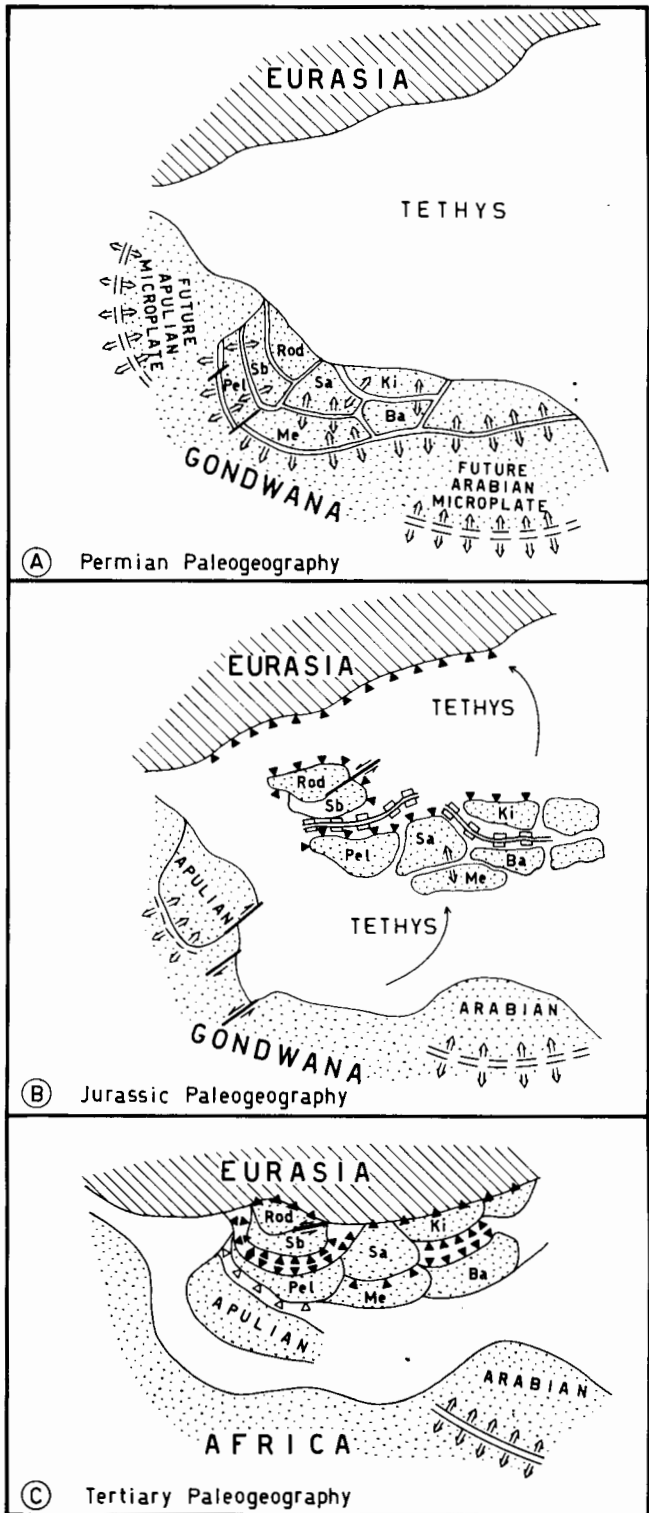
△ △ △ Ορογένεση Τριτογενούς. Υποβύθιση ωκεάνιου φλοιού Νεοτηθύος και σύγκρουση Απουλιας μικροπλάκας με την Κιμμερική ήπειρο.
Tertiary orogen. Subduction of Neotethys and collision of the Apulian microplate to Cimmerian continent.

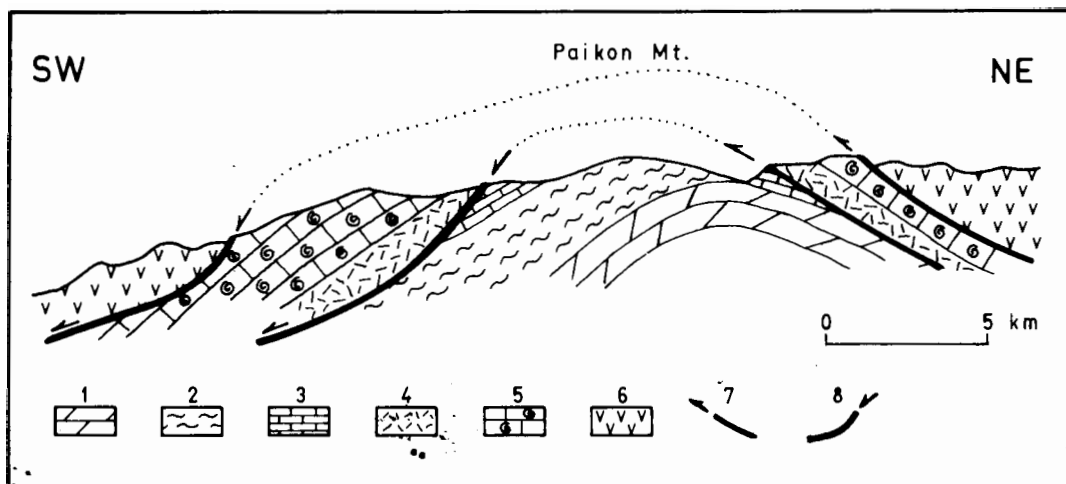


Σχ. 6. Παλαιογεωγραφικά σκαριφήματα που απεικονίζουν μια εναλλακτική υπόθεση για τη γεωδυναμική εξέλιξη της Ανατολικής Μεσογείου σε ένα ανοιχτό - ενιαίο σύστημα "Τηθύος-Κιμμερικών νησιών" από το Πέρμιο μέχρι το Τριτογενές. Συμβολισμοί όπως στο σχήμα 5.

Fig. 6. Sketch of the paleogeography showing an alternative model of the geodynamic evolution in an open-unique "Tethyan-Cimmerian Islands" system in Eastern Mediterranean region, during Permian to Tertiary times. For key see Fig. 5.

-  Ηπειρωτικός φλοιός της Ευρασίας
Eurasia Continent
-  Ηπειρωτικός φλοιός της Gondwana και των Κιμμερικών τεμαχών
Gondwana and Cimmerian continental fragments crust.
-  ΒΑ κίνηση των Κιμμερικών τεμαχών (νησιών) στο ανοιχτό σύστημα της ενιαίας Τηθύος.
The NE-ward motion of the Cimmerian fragments (Islands) in the open-unique Tethyan ocean.
-  Αρχική ηπειρωτική διάρρηξη
Initial continental rifting
-  Μελλοντική ηπειρωτική διάρρηξη
Future continental rifting
-  Νέα μεσοωκεάνια ράχη
New middle-oceanic ridge
-  Οφειολιθική συρραφή ζώνης Αξιού
Ophiolitic suture of the Axios-Vardar zone
-  Ορογένεση Ιουρασικού (Κιμμερική). Υποβύθιση ωκεάνιου φλοιού και σύγκρουση των "Κιμμερικών Νησιών" με την Ευρασία
Jurassic Orogen (Cimmerian). Subduction of oceanic crust and collision of the "Cimmerian Islands" to Eurasia
-  Ορογένεση Τριτογενούς. Υποβύθιση ωκεάνιου φλοιού και σύγκρουση Απουλίας μικροπλάκας με τα Κιμμερικά Τεμάχη.
Tertiary orogen. Subduction of oceanic crust and collision of the Apulian microplate to the Cimmerian continental fragments.





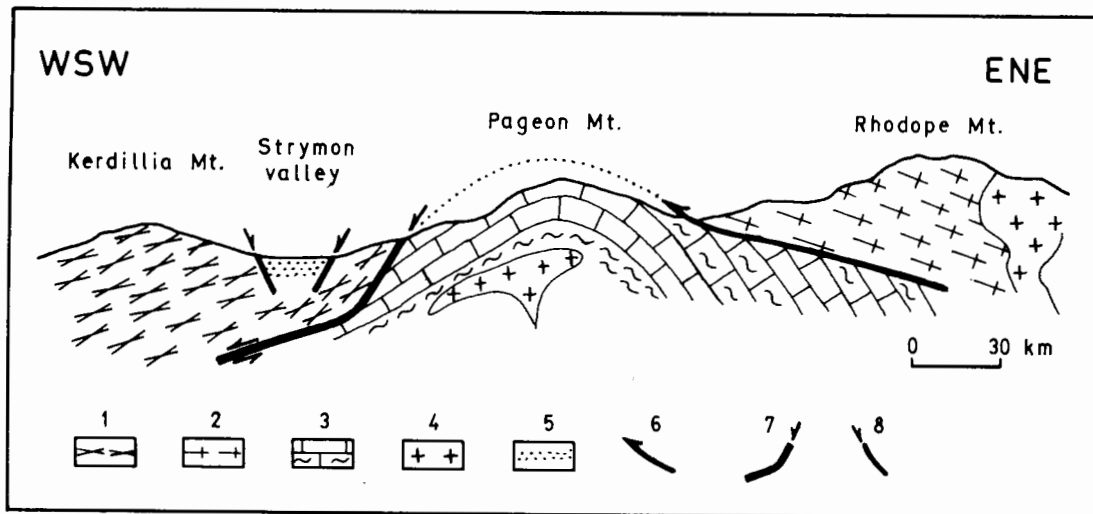
Εχ. 7: Σχηματική γεωλογική τομή που δείχνει το πιθανό τεκτονικό παράθυρο του Πάικου κάτω από τα επωθημένα τεκτονικά καλύμματα των οφειολιθών και της Πελαγονικής ζώνης (σειρά Καστανερής). 1-3: σχετικά αυτόχθονη σειρά του Πάικου (1: κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι του Γκαντάτς, Τριαδικής ηλικίας, 2: σχιστόλιθοι, 3: ασβεστόλιθοι Τριαδικού-Ιουρασικού), 4-5: σχηματισμοί πιθανής προέλευσης Πελαγονικής ζώνης (4: ηφαιστειοϊζηματογενής σχηματισμός της Καστανερής ηλικίας Ιουρασικού, 5: ασβεστόλιθοι ηλικίας Ανωτέρου Ιουρασικού και Μεσο-Ανώ Κρητιδικού), 6: οφειολιθικό κάλυμμα, 7: επώθηση, 8: ρήγμα εφελκυστικής αποκόλλησης.

Fig. 7: Schematic cross-section showing the possible tectonic window of Paikon under the ophiolitic and Pelagonian (Kastaneri series) nappes. 1-3: relatif autochton Paikon series (1, Triassic crystalline limestones of Gandats, 2, schists, 3, limestones of Triassic-Jurassic age). 4-5: rocks of possible Pelagonian origin (4, Jurassic volcanosedimentary formation of Kastaneri; 5, Upper Jurassic and Middle-Upper Cretaceous limestones); 6, ophiolitic nappe; 7. thrust; 8, detachment.

δες της Σερβομακεδονικής (σχ. 3). Η άποψη αυτή ενισχύει σημαντικά την υπόθεση για κοινή Κιμμερική προέλευση των κρυσταλλοσχιστώδων μαζών της Πελαγονικής και Σερβομακεδονικής-Ροδόπης.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις αποκτούν ιδιαίτερη βαρύτητα για τη γνώση της γεωλογίας της Ελλάδας δεδομένης της θέσης που έχει το ενδεχόμενο παράθυρο του Πάικου το οποίο βρίσκεται στον ενδιάμεσο χώρο μεταξύ των γνωστών παράθυρων Ολύμπου, Ίσσης, Ριζωμάτων κλπ κάτω από τα κρυσταλλοσχιστώδη καλύμματα της Πελαγονικής και της Ενότητας Παγγαίου ανατολικά της Σερβομακεδονικής (βλέπε σχήμα 3). Η Ενότητα του Παγγαίου αποτελεί ένα ακόμη σημείο με ανάλογο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια, από την άποψη δηλαδή ότι αποτελεί ενδεχομένως ένα ανάλογο μεγάλο ανθρακικό τεκτονικό παράθυρο που έχει εκταφεί κάτω από τις περιβάλλουσες κρυσταλλοσχιστώδεις μάζες της Ενότητας Σιδηρόνερου της Ροδόπης και των Κερδυλλίων της Σερβομακεδονικής (σχ. 8).

Παρ' όλες τις κάποιες διαφορές που έχουν οι παραπάνω ενότητες Σιδηρόνερου και Κερδυλλίων έχουν εντούτοις και πολύ σημαντικές ομοιότητες ώστε να θεωρηθούν ότι ανήκαν σε ένα ενιαίο κρυσταλλοσχιστώδες σύνολο πριν την εφελκυστική τεκτονική που προκάλεσε τα ρήγματα εφελκυστικής αποκόλλησης (detachments) που αποκάλυψαν το τεκτονικό παράθυρο του Παγγαίου. Παρ' όλο ότι δεν έχουν επισημανθεί στοιχεία για την παρουσία μεταμόρφωσης HP/LT στην ενότητα Παγγαίου που πιθανόν αντιπροσώπευε την κάτω (εκταφείσα) λιθοσφαιρική πλάκα, εντούτοις ορισμένα μοντέλα προς την κατεύθυνση αυτή παρουσιάζονται στον τόμο αυτό (Dinter 1994, Wawrenitz et al 1994).



Σχ: 8: Σχηματική γεωλογική τομή που δείχνει το πιθανό τεκτονικό παράθυρο της ενότητας Παγγαίου που έχει εκταφεί κάτω από τα επωημένα τεκτονικά καλύμματα των κρυσταλλοσχιστώδων μαζών των ενοιτήτων Σιδηρόνερου (Μάζας Ροδόπης) και Κερδυλλίων (Σερβομακεδονικής μάζας). 1: κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα των Κερδυλλίων, 2: κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της ενότητας Σιδηρόνερου, 3: μάρμαρα και σχιστόλιθοι της ενότητας Παγγαίου, 4: γρανίτες της ενότητας Παγγαίου και της ενότητας Σιδηρόνερου (γρανίτης Σκαλωτής), 5: Πλειοκαινικές και Τεταρτογενείς αποθέσεις της λεκάνης του Στρυμώνα, 6: επώθηση, 7: ρήγματα εφελκυστικής αποκόλλησης (detachment), 8: κανονικά ρήγματα.

Fig. 8: Schematic cross-section showing the possible tectonic window of the Pigeon unit which has been exhumated under the nappes of the Sidironero unit (Rhodope massif) and Kerdillia unit (Serbomacedonian massif) metamorphics. 1, metamorphic rocks of the Kerdillia unit; 2, metamorphic rocks of the Sidironero unit; 3, marbles and schists of the Pigeon unit; 4, granites of the Pigeon unit (Pigeon and Symbolon granites) and the Sidironero unit (granite of Skaloti); 5, Pliocene and Quaternary deposits of the Strymon valley; 6, thrust; 7, detachment; 8, normal faults.

Επομένως αν όπως φαίνεται πολύ πιθανόν οι κρυσταλλοσχιστώδεις μάζες Κερδυλλίων-Σιδηρόνερου τοποθετούνται από κοινού στην Επάνω-πλάκα, και λαμβάνοντας υπ' όψη την πιθανή συσχέτιση των κρυσταλλοσχιστώδων Πελαγονικής-Σερβομακεδονικής που αναφέρθηκε παραπάνω για το παράθυρο του Πάικου ενισχύεται ακόμη περισσότερο η άποψη για κοινή Κιμμερική προέλευση (επάνω-πλάκα) και των τριών κρυσταλλικών μαζών Πελαγονικής, Σερβομακεδονικής και Ροδόπης.

Εάν πράγματι αποδειχθεί ότι το Παγγαίο αποτελεί παράθυρο μιας εκταφείας κάτω πλάκας τότε είναι πολύ πιθανόν και η ανθρακική μάζα στη χερσόνησο του Ξθω που βρίσκεται σε τεκτονική επαφή με το κρυσταλλοσχιστώδες της Σερβομακεδονικής να αποτελεί ένα μικρότερο τμήμα του μεγάλου ενιαίου ανθρακικού τεκτονικού παράθυρου του Παγγαίου. Όμως πολλές ακόμη έρευνες χρειάζονται για να διατυπωθεί με αποδείξεις αυτή η θεωρία και κυρίως χρειάζεται περισσότερη έρευνα στην κινηματική τεκτονική αφού η δημιουργία και η εξέλιξη αυτών των τεκτονικών παράθυρων συνδέεται άμεσα με την κινηματική εξέλιξη. Επ' αυτού βέβαια οι έρευνες έχουν προχωρήσει αρκετά στις παρακάτω περιοχές:

Στην περιοχή της Ροδόπης έχει πλέον αποδειχθεί από διάφορες ομάδες ερευνητών (Kiliyas & Mountrakis 1991, Dinter & Royden 1993, Sokoutis et al 1993) με τη νέα τεκτονική ανάλυση ότι το κύριο τεκτονικό γεγονός ήταν μια εφελκυστική παραμόρφωση στην ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση που έλαβε χώρα μεταξύ Κρητιδικού-Ηωκαίνου σε συνθήκες πλαστικές, ταυτόχρονα με την αμφιβολιτική μεταμόρ-

φωση και προκάλεσε ισχυρό πεδίο διάτμησης με κίνηση προς τα ΝΔ. Στην περίοδο Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου η πίεση και η θερμοκρασία της μεταμόρφωσης σταθερά μειώνονται σε συνθήκες ανάδρομης πρασινοσχιστολιθικής φάσης από τη σταδιακή ανύψωση του ορογενούς που προκαλείται από το συνεχιζόμενο εφελκυσμό και τη συνεχιζόμενη κίνηση προς τα ΝΔ.

Παρόμοιες συνθήκες κινηματικής τεκτονικής εξέλιξης και ανάλογης ηλικίας, έχουν επίσης διαπιστωθεί από διάφορες ερευνητικές ομάδες (Kiliias et al 1991, Godfriaux & Ricou 1991) και για την περιοχή των τεκτονικών παράθυρων Ολύμπου, Όσσας, Ριζωμάτων, Κρανιάς όπου επίσης οι συνθήκες HP/LT μεταμόρφωσης συνδέονται με μια περιστροφική εφελκυστική παραμόρφωση με διατμητική κίνηση προς τα ΝΔ. Κατά την εξέλιξη αυτής της παραμόρφωσης του Ηωκαίνου έγινε η τοποθέτηση των κρυσταλλοσχιστωδών καλυμμάτων της Πελαγονικής πάνω στα ανθρακικά ιζήματα Ολύμπου-Όσσας-Κρανιάς-Ριζωμάτων με την περεταίρω έκταση - κίνηση του ορογενούς προς τα ΝΔ σε ομοαξονική παραμόρφωση στο Ολιγόκαινο, τεκτονική που συνδυάζεται με την αναθόλωση του Ολύμπου.

Ανάλογες συνθήκες κινηματικής αυτού του μεγάλου εφελκυστικού συμβάντος με την ίδια φορά κίνησης προς τα ΝΔ, έχουν διαπιστωθεί και στις μεγάλες οφειολιθικές μάζες του Βούρινου και της Πίνδου μέχρι τις Εξωτερικές Ελληνίδες ζώνες (Mountrakis et al 1992).

Επομένως απομένει να διερευνηθούν οι συνθήκες κινηματικής τεκτονικής και στον υπόλοιπο χώρο της Μακεδονίας και κυρίως να διερευνηθούν οι συνθήκες αυτές ακριβώς στις περιοχές των πιθανών τεκτονικών παράθυρων του Πάικου και του Παγγαίου για να βρεθεί η ενδεχόμενη κοινή γεννητική σύνδεση όλων των τεκτονικών παράθυρων που περιγράφηκαν παραπάνω (και των πιθανών) καθώς και η πιθανή ευρύτερη σημασία τους για την εξέλιξη.

4. Ανακεφαλαίωση

Συνοψίζοντας τις παραπάνω γνώσεις και απόψεις για τη γεωλογία της Μακεδονίας και της Θράκης, επισημαίνονται τα παρακάτω κύρια θέματα των μελλοντικών ερευνών στη Μακεδονία και τη Θράκη.

1. Η αποσαφήνιση των ζωνών HP/LT μεταμόρφωσης για τον καθορισμό της θέσης αλλά και του ανώτερου χρονικού ορίου καταστροφής της Τηθύος, έτσι ώστε να προσδιορισθεί με σχετική βεβαιότητα η διάρκεια ζωής του ωκεανού της Τηθύος στον Ελληνικό χώρο.

2. Η κινηματική ανάλυση στους δύο ευαίσθητους χώρους των πιθανών τεκτονικών παράθυρων του Πάικου και του Παγγαίου για να αποσαφηνισθεί πλήρως το μεγάλο εφελκυστικό τεκτονικό συμβάν του Τριτογενούς.

5. Γεωλογική Βιβλιογραφία για τη Μακεδονία και τη Θράκη

- BEBIEN, J. (1982). L' association ignie de Guevgueli (Macedoine grecque): expression d' un magmatisme ophiolitique dans une dichirure continentale. These Sci. Univ. Nancy, 470 pp.
- BRUNN, J.H. 1956. Itude giologique du Pinde septentrional et de la Macedoine occidentale. Ann. Geol. Pays Hellin., 7, 1-358.
- CELET, P. & CLEMENT, B. (1991). Sur l' bge de quelques amphibolites du Rhodope grec. Bull. Geol. Soc. Greece, 25, 1, 163-170.
- CHATZIDIMITRIADIS, E., KILIAS, A., & STAIKOPOULOS, G. (1985). Nuovi Aspetti per la Geologia e Tettonika del Masiccio Serbomacedone e dell Regioni Adiasenti della Grecia del Nord. Boll della Soc. Geol. Italiana, 104.
- ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗ, Σ. (1974). Πετρολογική μελέτη των μιγματιτικών γνευσίων και αμφιβολιτών των περιοχών Ρεντίνας-Ασπροβάλτας, Σταυρού-Ολυμπίαδος. Διδακτ. Διατρ. Θεσσαλονίκη. 231p.
- DIMITRIADIS, S. & GODELITSAS, A. (1991). Evidence for high pressure metamorphism in the Vertiskos group of the Serbo-Macedonian massif: the eclogite of Nea Roda, Chalkidiki. Bull. Geol. Soc. Greece, 25, 2, 67-80.
- DINTER D.A. & ROYDEN I. (1993): Late Cenozoic extension in northeastern Greece: Strymon

- Valley detachment and Rhodope metamorphic core complex.- *Geology*, 2d, 45-48.
- DIXON, J., & DIMITRIADIS, S. (1984). Metamorphosed ophiolitic rocks from the Serbo-Macedonian Massif, near Lake Volvi, North-East Greece. *Journal of Geol. Soc., Sp. Publ.*, 17, 603-618.
- FERRIERE, J. & STAIS, A. (1994). Le (ou les) bassin(s) Tethysien(s) Vardarien(s). 7th Congr. Geol. Soc. Greece, Thessaloniki.
- GODFRIAUX, I. (1968). Etude geologique de la region de l' Olympe (Grece). *Ann. Geol. Pays Hell.*, 19, 281 p.
- GODFRIAUX I. & PICHON J.F. (1979). Sur l' importance des evenements tectoniques et metamorphiques d' age tertiaire en Thessalie septentrionale (Olympe-Ossa-Flampourou) *Ann. Soc. Geol. Nord, XCIC*, 367-376.
- GODFRIAUX, I. & RICOU, L.E. (1990). Le Paikon, une fenetre tectonique dans les Hellenides internes (Macedoine, Grece). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 313, 1479-1484.
- GODFRIAUX, I. & RICOU, L.E. (1991). Direction et sens de transport associes au charriage synmetamorphique sur l' Olympe. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 25, 1, 207-229.
- JONES E.C., TARNEY, J., BAKER J. & GEROUKI F. (1992): Tertiary granitoids of Rhodope, northern Greece: magmatism related to extensional collapse of the Hellenic Orogen? - *Tectonophysics*, 210, 295-314.
- JONES, G. & ROBERTSON A.H.F. (1991). Tectono-stratigraphy and evolution of the Mesozoic Pindos ophiolite and related units in Northwest Greece: an integrated supra-subduction spreading and subduction-accretion model. *J. Geol. Soc. London*.
- ΚΑΣΩΛΗ, Α. (1981). Συμβολή στην ορυκτολογική και πετρολογική μελέτη αμφιβολιτικών πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής μάζας. Διδακτ. Διατρ. Πανεπ. Θεσσαλονίκης. 231 p.
- KATSIKATSOS, G., MIGIROS, G., TRIANTAPHYLIS, M. & METTOS, A. 1986. Geological structure of internal Hellenides (E. Thessaly-SW Macedonia, Euboea-Attican. Cyclades islands and Lesvos). *Geol. & Geophys. Res. IGME*, (Athens) special issue, 191-212.
- ΚΙΛΙΑΣ, Α. (1980). Γεωλογική και τεκτονική μελέτη της περιοχής του Ανατολικού Βαρνούντα (ΒΑ Μακεδονία). Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 271 p.
- KILIAS, A., & MOUNTRAKIS, D. (1984). Das Rhizomata-Fenster im nordostlichen Pieria-Gebirge. Neue Daten zur geologischen Grenze der Pelagonischen und der Axios-Zone in Griechenland, *N.Jb. Geol., Palaont. Mh.*, 4, 248-256.
- KILIAS, A & MOUNTRAKIS, D. 1987. Zum tectonischen bau der zentral-pelagonischen zone (Kamvounia-Gebirge). *Z. Dt Geol. Ges.*, 138, 211-237.
- KILIAS, A. & MOUNTRAKIS, D. (1989). The Pelagonian nappe: tectonics, metamorphism and magmatism. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 23, 1, 29-46.
- KILIAS, A. & MOUNTRAKIS D. (1990): Kinematics of the crystalline sequences in the western Rhodope massif.- *Geol. Rhodopica*, 2nd Hell.- Bulg. Symposium, Thessaloniki, 100-116.
- ΚΙΛΙΑΣ, Α., FRISCH W., RATSCHBAHER, L., & SFEIKOS, A. (1991). Η τεκτονική εξέλιξη και οι P-T συνθήκες μεταμόρφωσης των "κυανοσχιστολίθων" της Ανατολικής Θεσσαλίας. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ. XXV/1, 81-99.
- KOCKEL, F., & WALTHER, H. (1965). Die Strimonlinie als Grenze zwischen Serbo-Mazedonischen und Rila-Rhodope Massiv in Ost-Mazedonien. *Geol. Jb.*, 83, 575-602.
- KOCKEL, F., MOLLAT, H., & WALTHER, H. (1971). Geologie des Serbo-Mazedonischen Massivs und seines mesozoischen Rahmens. *Geol. Jb.* 89, 529-551.
- KOLOKOTRONI, C.N. & DIXON J.E. (1991): The origin and emplacement of the Vrontou granite, Serres, NE Greece-Bull. Geol. Soc. Greece, 25, 469-483.
- KOPP, K. (1964). Geologie Thraziens II. *N.Jb. Geol. Paleont. Abh.* 119.
- KOPP, K. (1966). Geologie Thraziens III. *Ann. Geol. Pays. Hell.*, 16, 315-362.
- 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. Geol. France*, 18, 225-230.

- KOUKOUVELAS, I. & DOUTSOS, T. 1990. Tectonic stages along a traverse cross cutting the Rhodopian zone (Greece). *Geologische Rundschau*, 79, 753-776.
- KRONBERG, P. MEYER W. & PILGER A. (1970): *Geologie der Rila-Rhodope Masse zwischen Strimon und Nestos (Nordgriechenland)*.- *Geol. Jahrb. Beih.*, 88, 133-180.
- LIATTI, A. (1986): Regional metamorphism and overprinting contact metamorphism of the Rhodope zone, near Xanthi (N. Greece).- Ph. D. Thesis, Techn. Univ. Braunschweig, 186 pp.
- LIATTI, A. (1988). Amphibolitized eclogites in the Rhodope Crystalline Complex, near Xanthi (N. Greece). *N. Jb. Min. Mh.*, 1-8.
- MERCIER, J. (1968). Etude geologique des zones Internes des Hellenides en Macedoine centrale (Grece). Contribution a l' etude du metamorphisme et de l' evolution magmatique des zones internes des Hellenides. Theses, Paris 1966, *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 20, 1-792.
- MEYER, W., PILGER, A., BIRK, F. & JORDAN, H. (1963). Zur Geologie des Gebietes zwischen Strymon und Nestos (Rhodopen-Massiv) in Griechisch-Makedonien. *Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie Abhandlungen*, 118, 272-280.
- MICHARD, A., GOFFE, B., LIATI, A. & MOUNTRAKIS, D. (1994). Blueschist-facies assemblages in the Peri-Rhodopian zone and hints for an Eohellenic HP/LT belt in Northern Greece. 7th Congr. Geol. Soc. Greece, Thessaloniki.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (1976). Συμβολή εις την γνώσιν της Γεωλογίας του βορείου ορίου των ζωνών Αξιού και Πελαγονικής εις την περιοχήν Κ. Λουτρακίου-Ώρμας (Αλμωπίας). Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 164 p.
- MOUNTRAKIS, F. (1982). Emplacement of the Kastoria ophiolite on the western edge of the Internal Hellenides. *Ofioliti*, 7, N. 2/3, 397-406.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (1983). Η γεωλογική δομή της Βόρειας Πελαγονικής ζώνης και η γεωτεκτονική εξέλιξη των Εσωτερικών Ελληνίδων. Πραγματεία για Υψηγεία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης 289 p.
- MOUNTRAKIS, D. (1984). Structural evolution of the Pelagonian zone in North-western Macedonia. *Journal of Geol. Society London*, sp. Publ. 17, 581-590.
- MOUNTRAKIS, D. (1986). The Pelagonian zone in Greece. A polyphase-deformed fragment of the Cimmerian continent and its role in the geotectonic evolution of the Eastern Mediterranean. *Journal of Geology*, 94, 335-347.
- MOUNTRAKIS, D., SAPOUNTZIS, E., KILIAS, A., ELEFThERiADIS, G. & CHRiSTOFIDES, G. (1983). Paleogeographic conditions in the western Pelagonian margin in Greece during the innitial rifting of the continental area. *Canadian J. Earth Sci.* 20, 1673-1681.
- MOUNTRAKIS, D., KILIAS, A., PAVLIDES, S., PATRAS, D. & SPYROPOULOS, N. (1987). Structural geology of the Internal Hellenides and their role to the geotectonic evolution of the Eastern Mediterranean. *Acta Naturalia de l' Ateneo Parmense*, 23, 147-161.
- MOUNTRAKIS, D., KILIAS, A., ZOUROS, N. (1992). Kinematic analysis and Tertiary evolution of the Pindos-Vourinos ophiolites (Epirus-Western Macedonia, Greece). 6th Congr. Geol. Soc. Greece, Athens.
- MPOSKOS, E. (1989). High-pressure metamorphism in gneisses and pelitic schists in East Rhodope zone (N. Greece). *Mineral. Petrol.*, 41, 337-351.
- MPOSKOS, E., PΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, P. & PERDIKATSiS, B. (1989). The Rhodope crystalline basement east of Komotini. *Bull. Geol. Soci. Greece*, 20 (2), 259-273.
- MUSALLAM, K. & JUNG, D. (1986). Petrology and geotectonic significance of salic rocks preceding ophiolites in the eastern Vardar zone, Greece. *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 35, 217-242.
- NANCE, D. (1981). Tectonic history of a segment of the Pelagonian zone northeastern Greece. *Can. J. Earth Sci.*, 18, 1111-1126.
- OSSWALD, K. (1938). *Geologische geschichte von Griechisch-Nordmakedonien*. Υπόμνημα Γεωλ. Υψηρεσίας Ελλάδος, 3.
- PAPADOPOULOS, G. & KILIAS, A. (1985). Altersbeziehungen zwischen Metamorphose und Deformation in zentralen Teil des Serbomazedonischen Massivs.

- Geol. Rundschau, 74, 77-85.
- PAPANIKOLAOU, D. (1984). The three metamorphic belts of the Hellenides: a review and a kinematic interpretation. *Journal of Geol. Society London*, sp. Publ., 17, 551-561.
- PAPANIKOLAOU, D. & PANAGOPOULOS, A. (1981). On the structural style of Southern Rhodope, Greece. *Geol. Balkanica*, 11, 13-22.
- ΠΑΠΑΣ, Δ., ΚΙΛΙΑΣ, Α., ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ, Ε., & ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (1988). Μελέτη των παραμορφωτικών φάσεων των Εσωτερικών Ελληνίδων στο χώρο της Βόρειας Ελλάδας. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.* 20, 139-157.
- ROBERTSON, A.H.F., CLIFT, P.D., DEGNAN P.J. & JONES G. (1991). Tectonic evolution of the Mesozoic-Cenozoic Pindos ocean, Greece. *Bull. Geol. Soc. Greece* XXV/1, 55-64.
- ROBERTSON A.H.F., & DIXON J. (1984). Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. *J. Geol. Soc. London, Spec. Publ.* 17, 1-74.
- SCHERMER E., LUX, D. & BURCHFIEL, B. (1989): Age and tectonic significance of metamorphic events in the Mt. Olympos region (Greece).-*Bul. Geol. Soc. Greece.* 23, 3-15.
- SFEIKOS, A., BOHRINGER, CH., FISCH W., KILIAS A., & RATSTHBAHER, L. (1991). Kinematics of Pelagonian Nappes in the Kranea area, North Thessaly, Greece. *Bull. Geol. Soc. Greece.* XXV/1, 101-115.
- SMITH, A.G. 1977. Othris, Pindos and Vourinos ophiolites and the Pelagonian zone. VI Coll. Geol. Aegean region, Athens, 1369-1374.
- SMITH, A.G. & WOODCOCK, N.H. (1976). Emplacement model for some "Tethyan" ophiolites. *Geology*, 4, 653-656.
- SOKOUTIS, D., BRUN J., VAN DEN DRIESSCHE & PAVLIDES S. (1993). A major Oligo-Miocene detachment in southern Rhodope controlling north Aegean extension.- *J. Geol. Soc. London*, 150, 243-246.
- SOLDATOS, T., & CHRISTOFIDES, G., (1986). Rb-Sr geochronology and origin of the Elatia Pluton, Central Rhodope, North Greece: *Geologica Balcanica*, 16, 15-23.
- ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ, Ν., (1994). Η γεωλογική δομή της Πελαγονικής ζώνης στην περιοχή του όρους Άσκιο (Κοζάνης). *Διδακτ. Διατρ. Πανεπ. Θεσσαλονίκης*, 270 p.
- STAIS, A. & FERRIERE, J. (1991). Nouvelles donnees sur la paleogeographie mesozoique du domaine vardarien: les bassins d' Almopias et de Peonias (Macedoine, Hellenides internes septentrionales. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 25, 491-507.
- VERGELY, P. (1976). Chevauchement vers l' Ouest et retrocharriage vers l' Est des ophiolites: deux phases tectoniques au cours du Jurassique superieur-Eocretace dans les Hellenides internes. *Bull. Soc. Geol. France*, 18, 231-244.
- VERGELY, P. (1984). Tectonique des ophiolites dans les Hellenides internes. Consequences sur l' evolution des regions Tethysiennes Occidentales. *These Doct. D' Etat. Paris-sud.*, 650 p.
- VERGELY, P. & MERCIER, J. (1990). La fenetre metamorphique de l' Olympe (Macedoine, Grece); compression et extension cenozoique. *Bull. Soc. Geol. Fr.* (8), 6, 819-829.
- WAWRENITZ, N., BAUMANN, A. & NOULLAU G. (1994): Miocene uplift of midcrustal rocks in the Rhodope metamorphic core complex, caused by late Alpine extension of previously thickened crust (Thasos island, Pangeon complex, northern Greece).- 7th Congr. Geol. Soc. Greece, Thessaloniki.
- YARWOOD, G. & AFTALION, M. (1976). Field relations und U-Pb geochronology of a granite from the Pelagonian zone of the Hellenides (High Pieria, Greece). *Bull. Soc. Geol. France*, 18, 259-265.
- ZACHOS, S. & DIMADIS, E. (1983). The geotectonic position of the Skaloti-Echinos granite and its relationship to the metamorphic formations of Greek Western and Central Rhodope. *Geologica Balcanica*, 13 (5), 17-24.
- ZIMMERMAN, JR. J. & ROSS, J.V. (1976). Structural evolution of the Vardar root zone, northern Greece. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87, 1547-1550.