

Επιστημονική Επετηρίδα, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τιμητική έκδοση στη μνήμη του ομότιμου καθηγητή Κ. Σολδάτου	Ειδικός τόμος 101	37-46	Θεσσαλονίκη 2012
--	----------------------	-------	---------------------

Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ Η ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΗΣ ΟΡΕΙΝΗΣ ΜΑΖΑΣ ΤΟΥ ΠΑΙΚΟΥ (ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ, ΕΛΛΑΣ). ΜΙΑ ΝΕΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Κατριβάνος Ε., Κίλιας Α. και Μουντράκης Δ.

Τομέας Γεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. 546 21 Θεσσαλονίκη, ekatriva@geo.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ορεινή μάζα του Πάικου τοποθετείται γεωτεκτονικά εντός της ζώνης Αξιού (Εσωτερικές Ελληνίδες) και αποτελείται από εναλλαγές ανθρακικών πετρωμάτων με σχιστόλιθους και φυλλίτες καθώς και ηφαιστειοκλαστικά υλικά, ηλικίας Τριαδικού - Κρητιδικού, που έχουν υποστεί μία πολυφασική παραμόρφωση και μεταμόρφωση. Διακρίνονται έξι κύριες παραμορφωτικές φάσεις ($D_{1(c)}$ - $D_{6(e)}$). Η παραμόρφωση ξεκινά κατά το Μέσο - Άνω Ιουρασικό και συνδέεται με την τεκτονική τοποθέτηση των οφιολίθων, τη συσσώρευση των καλυμμάτων του Πάικου και την πάχυνση του φλοιού, με γενική κατεύθυνση της κίνησης προς τα Δ ($D_{1(c)}$). Η μεταμόρφωση δεν ξεπερνά την πρασινοσχιστολιθική φάση (M_1). Σύγχρονα, περίπου, με την κύρια εκδήλωση της φάσης αυτής και σε περιορισμένο σχετικά χώρο, περιγράφεται επίσης η ανάπτυξη μιας μεταμόρφωσης υψηλής πίεσης και χαμηλής θερμοκρασίας. Η συμπίεστική τεκτονική συνεχίζεται και κατά το Κάτω Κρητιδικό διατηρώντας την ίδια κινηματική, συνδεδεμένη με έντονα φαινόμενα λεπίωσης των Άνω Ιουρασικών - Κάτω Κρητιδικών ανθρακικών πετρωμάτων και των ηφαιστειοκλαστικών υλικών ($D_{2(c)}$), καθώς επίσης και με μία ανάδρομη μεταμόρφωση (M_2). Μεταξύ αυτών των δύο κύριων συμπίεστικών φάσεων ($D_{1(c)}$ - $D_{2(c)}$), παρεμβάλλεται ένα πιθανό εφελκυστικό γεγονός, που σχετίζεται με την απόθεση των κλαστικών και ανθρακικών ιζημάτων Άνω Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού, κυρίως πάνω στα επωθημένα οφιολιθικά σώματα. Η πρώτη κύρια εφελκυστική φάση λαμβάνει χώρα στο Άνω Κρητιδικό και συνδέεται με το σχηματισμό λεκανών, την ιζηματογένεση νηριτικών ανθρακικών ιζημάτων, κλαστικών υλικών και φλύσχη ($D_{3(e)}$). Κατά το Παλιόκαινο - Ηώκαινο, συνέβη η έντονη λεπίωση όλων των ενοτήτων κυρίως προς τα ΝΔ, αλλά και η τοποθέτηση των οφιολίθων της Αλμωπίας πάνω στα Άνω Κρητιδικά ανθρακικά ιζήματα του δυτικού Πάικου, με αντιθετική κίνηση προς τα ΒΑ ($D_{4(c)}$). Η τελική κατάρρευση του ορογενούς και των καλυμμάτων του Πάικου συνέβη κατά το Ολιγόκαινο - Μειόκαινο, συνδεδεμένη με κανονικά ρήγματα μικρής γωνίας κλίσης και κύρια κινηματική προς τα ΝΔ ($D_{5(e)}$). Μετά το Μειόκαινο, λαμβάνει χώρα η νεοτεκτονική δράση σε εφελκυστικό έως διεφελκυστικό πεδίο τάσης, συνδεδεμένη με το σχηματισμό των Νεογενών και Τεταρτογενών λεκανών και τη λειτουργία μεγάλων ρηγμάτων όπως αυτό της Αριδαίας ($D_{6(e)}$).

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Εσωτερικές Ελληνίδες, ζώνη Αξιού, Πάικο, κινηματική, παραμόρφωση, συμπίεση, έκταση

ABSTRACT

GEOLOGICAL STRUCTURE AND KINEMATICS OF DEFORMATION OF PAIKON MASSIF (CENTRAL MACEDONIA, GREECE). A NEW APPROACH

Katrivanos E., Kiliyas A. and Mountrakis D.

Department of Geology, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 546 21, Thessaloniki, ekatriva@geo.auth.gr

Paikon massif is placed geotectonically in Axios zone (Internal Hellenides) and consists of intercalations of carbonate rocks with schists and phyllites, as well as volcanoclastic rocks, undergone polyphase deformation and metamorphism. Six main deformational events are distinguished here ($D_{1(c)}$ - $D_{6(e)}$). Deformation starts in Middle to Late Jurassic times and is associated with ophiolite obduction, nappe - stacking of Paikon massif and crustal thickening, with a general vergence to the W ($D_{1(c)}$). Metamorphism does not exceed greenschist facies (M_1). About synchronous to this main event, in a narrow belt, HP-LT metamorphism had been developed. Compressional tectonics with the same kinematics continued in Lower Cretaceous, associated with the intense thrusting of both the carbonate and volcanoclastic rocks of Upper Jurassic - Lower Cretaceous times ($D_{2(c)}$), as well as retrogressive metamorphism (M_2). Between those two main compressional events ($D_{1(c)}$ - $D_{2(c)}$), a possible extensional event occurs, associated with the deposition of Lower Cretaceous clastic and carbonate sediments on top of the obducted ophiolites. The first main extensional event takes place in Upper Cretaceous time, correlated with basin formation and sedimentation of shallow - water limestones and flysch - like sediments ($D_{3(e)}$). During Paleocene to Eocene times, $D_{4(c)}$ created the intense imbrication of all tectonic units to the SW, as well as the tectonic emplacement of Almopias ophiolite unit upon the Upper Cretaceous limestones to the NE, as a back-thrust. The final orogenic collapse of the nappe pile of Paikon massif happens in Oligocene to Miocene times, associated with brittle low - angle normal faults, mainly to the SW ($D_{5(e)}$). In Miocene to recent times, $D_{6(e)}$ created brittle high - angle normal faults and strike - slip faults (Aridea fault) in an extensional to transtensional stress regime, associated with basin formation.

KEYWORDS: Internal Hellenides, Axios zone, Paikon massif, kinematics, deformation, compression, extension

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αντικρουόμενες μέχρι σήμερα απόψεις σχετικά με την τεκτονική εξέλιξη και τη γεωτεκτονική θέση της πολύπλοκης, γεωλογικά, ορεινής μάζας του Πάικου στη Βόρεια Ελλάδα (Mercier 1966, Ferriere & Stais 1994, Ricou & Godfriaux 1995, Brown & Robertson 2003), μας οδήγησαν στη μελέτη, εκ νέου, της γεωλογικής της δομής, με έμφαση στην ιστορία και την εξέλιξη της παραμόρφωσης από το Ιουρασικό μέχρι σήμερα. Στην παρούσα μελέτη, δίνουμε νέα στοιχεία και επιχειρούμε μια νέα προσέγγιση στο πρόβλημα της τεκτονικής ιστορίας της μάζας του Πάικου.

Χρησιμοποιήθηκαν η υπαίθρια χαρτογράφηση και η μελέτη των επαφών μεταξύ των γεωλογικών ενότητων, καθώς και λεπτομερείς τεκτονικές έρευνες σε συνδυασμό με όλα τα διαθέσιμα γεωχρονολογικά και στρωματογραφικά δεδομένα. Για την ανάλυση της γεωμετρίας, αλλά και της κινηματικής της παραμόρφωσης έγινε χρήση κριτηρίων διάτμησης, όπως υφές S-C, ταινίες διάτμησης, ασύμμετρα boudins, σ- και δ-κλάστες κτλ. (Simpson & Schmid 1983, Hanmer & Passchier 1991).

2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Τα πρώτα αξιόλογα γεωλογικά δεδομένα για την ορεινή μάζα του Πάικου προέρχονται από το Mercier (1966), ο οποίος διέκρινε την ενιαία ζώνη Αξιού σε τρεις επί μέρους ζώνες, τη ζ. Αλμωπίας στα δυτικά, τη ζ. Πάικου ενδιάμεσα και τη ζ. Παιονίας στα ανατολικά. Σύμφωνα με τη διάκριση αυτή, στη ζώνη Πάικου ανήκουν γεωτεκτονικά οι ορεινές μάζες του Πάικου, της Τζένας και του Πινόβου.

Η κυρίαρχη αντίληψη σήμερα για την ορεινή μάζα του Πάικου είναι ότι αποτελεί Ιουρασικό νησιωτικό τόξο, με έντονη ηφαιστειακή δράση όξινων κυρίως ηφαιστειακών εκρήξεων, οι οποίες προμήθευσαν το πυροκλαστικό υλικό στις βυθισμένες πλευρές του τόξου (Mercier et al. 1975). Οι Ferriere & Stais (1994) διαχωρίζουν μία περιθωριακή θάλασσα στα ανατολικά της μάζας του Πάικου (οφιόλιθοι Γευγελής), από μία ωκεάνια λεκάνη στα δυτικά (οφιόλιθοι Αλμωπίας). Ακόμη, οι Bebien et al. (1994) προσδιορίζουν διαφορετική γεωχημεία των ηφαιστειακών υλικών στο δυτικό και ανατολικό Πάικο.

Μία εντελώς διαφορετική αντίληψη θεωρεί την ορεινή μάζα του Πάικου ως Τριτογενές πολλαπλό τεκτονικό παράθυρο κάτω από τα επωθημένα τμήματα των οφιολίθων της ζ. Αξιού αλλά και κάτω από το τεκτονικό κάλυμμα των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Πελαγονικής ζώνης (Godfriaux & Ricou 1991). Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή, η ορεινή μάζα της Τζένας αποτελεί Τριτογενές μεταμορφικό κάλυμμα που προέρχεται από την Ελληνική Ενδοχώρα και τοποθετείται τόσο πάνω στους οφιόλιθους όσο και στα πετρώματα του τεκτονικού παράθυρου του Πάικου (Ricou & Godfriaux 1991). Οι κατώτερες ενότητες του Πάικου συσχετίζονται με την ανθρακική ενότητα του Ολύμπου - Όσσας ενώ τα υπερκείμενα επωθημένα ηφαιστειακά υλικά με τους μεταβασάλτες των Αμπελακίων. Το κάλυμμα της Τζένας μαζί με αυτά της Θεσσαλονίκης, του Καταφυγίου και του Πέτερνικ αποτελούν υλικό της Ροδόπης που ολίσθησε εντός της ολισθο-

στρωμικής λεκάνης του Αξιού κατά το Κρητιδικό (Ricou & Godfriaux 1995).

3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΝΟΤΗΤΩΝ

Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με την ορεινή μάζα του Πάικου (Mercier 1966, Godfriaux & Ricou 1991, Brown & Robertson 2003), αλλά και τις δικές μας παρατηρήσεις, η ορεινή μάζα του Πάικου αποτελείται από τους παρακάτω σχηματισμούς (από τους ανώτερους τεκτονικά ορίζοντες προς τους κατώτερους) (Σχ. 1 & Σχ. 3):

3.1 Οφιόλιθοι Γευγελής - Αλμωπίας

Στο δυτικό περιθώριο της μάζας του Πάικου οι οφιόλιθοι της Αλμωπίας τοποθετούνται με τεκτονική επαφή πάνω στο Μαιστρίχτιο φλύσχη της Τσούκας και κατά θέσεις απ' ευθείας πάνω στον Α. Κρητιδικό ανθρακικό σχηματισμό του Θεοδωράκι (Σχ. 1 & Σχ. 2). Πρόκειται για σερπεντινίτες, δολερίτες και βασικές λάβες, τμήμα μιας οφιολιθικής ακολουθίας Α. Ιουρασικής ηλικίας (Mercier & Vergely 1984).

Στο ανατολικό περιθώριο της μάζας, οι οφιόλιθοι της Γευγελής τοποθετούνται επίσης τεκτονικά πάνω στον Α. Ιουρασικό - Κ. Κρητιδικό ανθρακικό σχηματισμό Γρίβας - Κρώμνης (Σχ. 1 & Σχ. 2). Κοντά στην επαφή επικρατούν οι γάββροι, ενώ προοδευτικά προς τα ανατολικά μεταβαίνουν στους ανώτερους ορίζοντες της οφιολιθικής ακολουθίας, δηλ. σε δολερίτες, διαβάσες και μαξιλαροειδείς αποθέσεις, ηλικίας Α. Ιουρασικού. Εντός της σειράς αυτής βρίσκονται ο γρανίτης του Φανού και οι μιγματίτες της Πηγής, ηλικίας Α. Ιουρασικού (Μαυρίδης et al. 1982).

Και στις δύο οφιολιθικές ακολουθίες, συμπτυχωμένα μέσα στο οφιολιθικό υλικό εμφανίζονται ωκεάνια ραδιολαρτικά - κερατολιθικά ιζήματα.

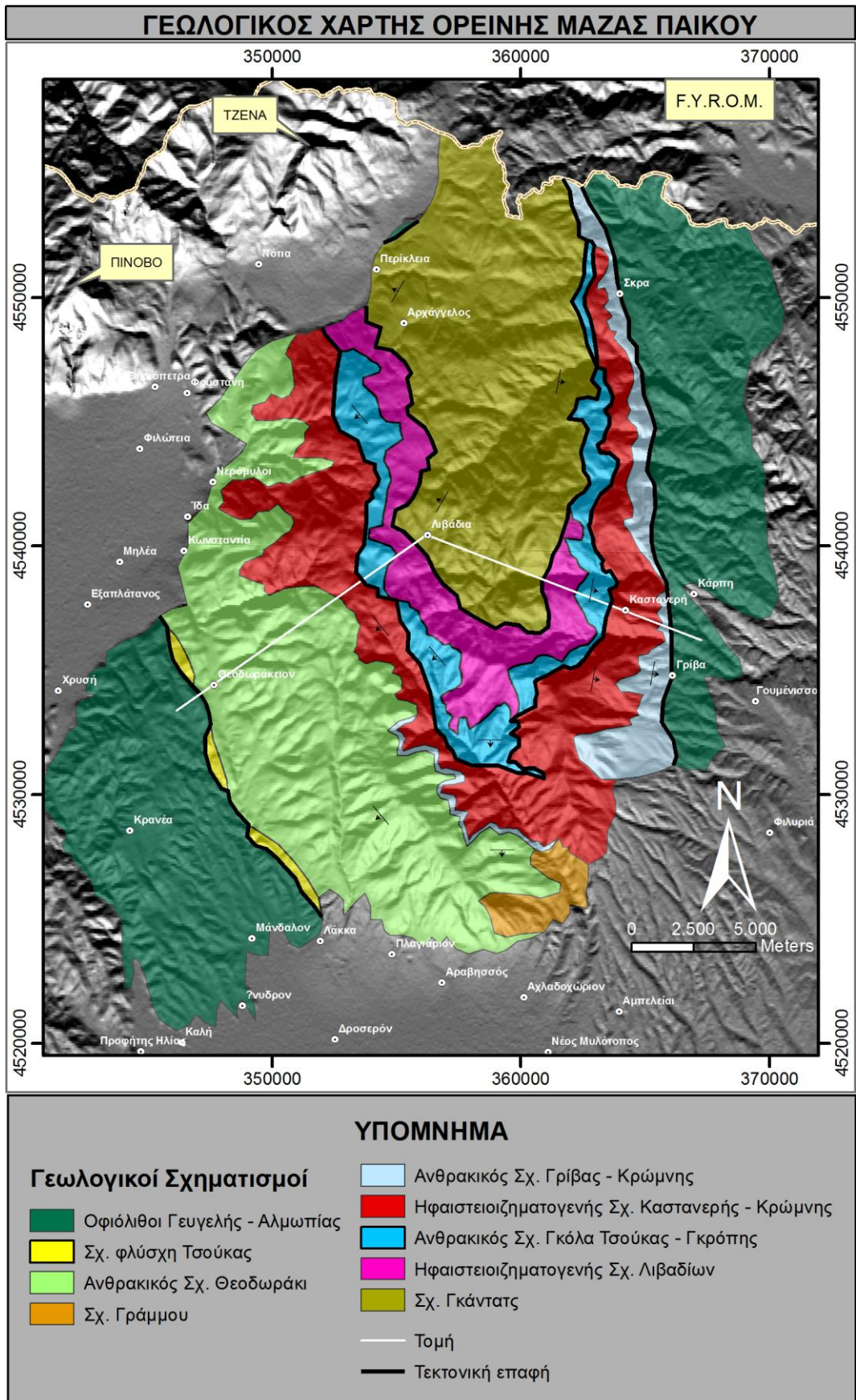
3.2 Σχηματισμός φλύσχη Τσούκας

Πρόκειται για εναλλαγές ψαμμιτών με αργιλικά πετρώματα, ασβεστοψαμμίτες και αργιλικούς σχίστες, που στην ύπαιθρο δίνουν μια σαφή εικόνα σειράς φλύσχη. Συχνά, παρεμβάλλονται εντός της σειράς ολισθόλιθοι ανθρακικών πετρωμάτων (Σχ. 2 & Σχ. 3). Η σειρά αυτή είναι ισχυρά τεκτονισμένη και τα τεκτονικά λείπια που σχηματίζονται φέρνουν το υλικό του φλύσχη σε συνεχείς εναλλαγές με τα υποκείμενα ανθρακικά πετρώματα του Α. Κρητιδικού.

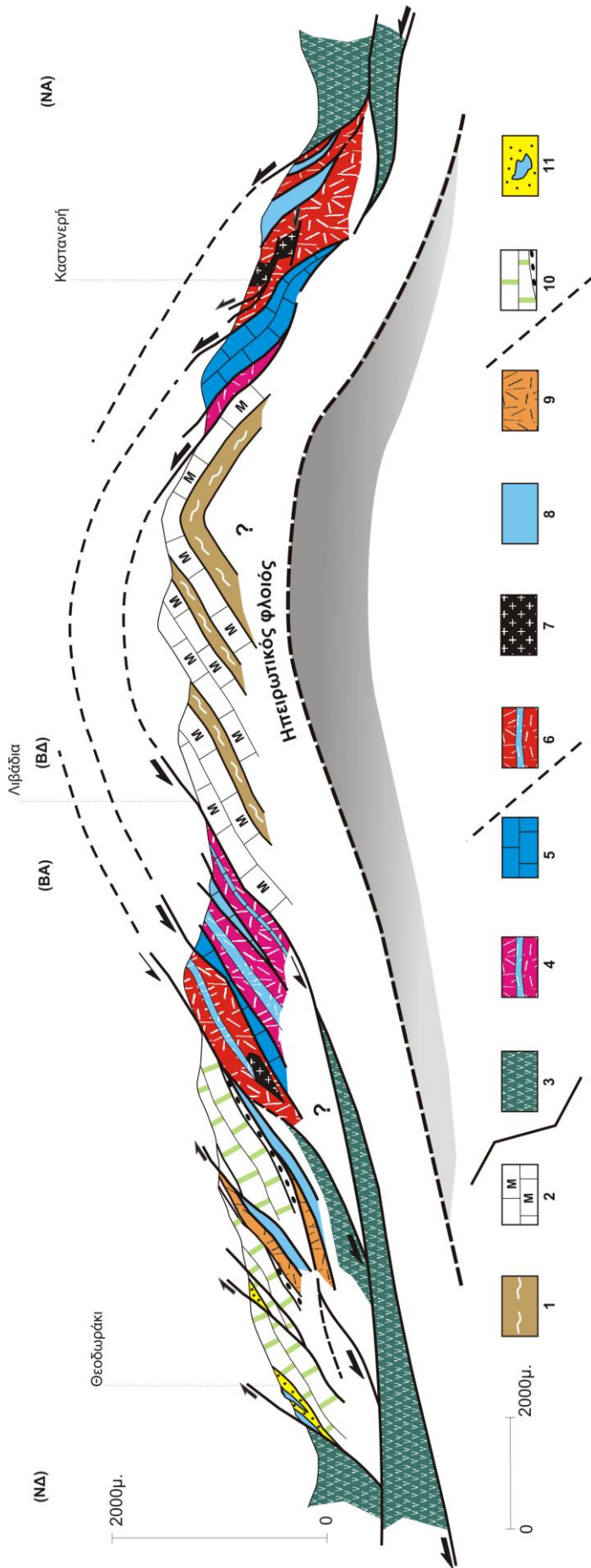
Ο σχηματισμός του φλύσχη της Τσούκας θεωρείται Μαιστρίχτιας ηλικίας (Brown & Robertson 2003).

3.3 Ανθρακικός Σχηματισμός Θεοδωράκι

Πρόκειται για ανθρακικά κυρίως πετρώματα που αποτέθηκαν ασύμφωνα στα υποκείμενα με την επίκλυση του Κενομανίου. Η σειρά ξεκινά κυρίως με δολομίτες, ενώ στη συνέχεια μεταβαίνει σε νηριτικούς ασβεστόλιθους και λιγοστές εναλλαγές με ψαμμίτες και κροκαλοπαγή. Στους ανώτερους ορίζοντες επικρατούν πελαγικοί ασβεστόλιθοι, με τις συνθήκες ιζηματογένεσης να βαθαίνουν και να παραμένουν έτσι μέχρι την απόθεση του φλύσχη της Τσούκας.



Σχήμα 1. Γεωλογικός χάρτης της ορεινής μάζας του Πάικου, τροποποιημένος, από Μαυρίδης et al. 1982, Mercier & Vergely 1984, Godfriaux & Ricou 1991, Brown & Robertson 2003, σύμφωνα με τις δικές μας παρατηρήσεις (Σύστημα συντεταγμένων - ΕΓΣΑ87).



Σχήμα 2. Σχηματική γεωλογική τομή που αναπαριστά τη γεωμετρία της γεωλογικής δομής της μάζας του Πίνδου.

Επεξηγήση υπομνημάτων

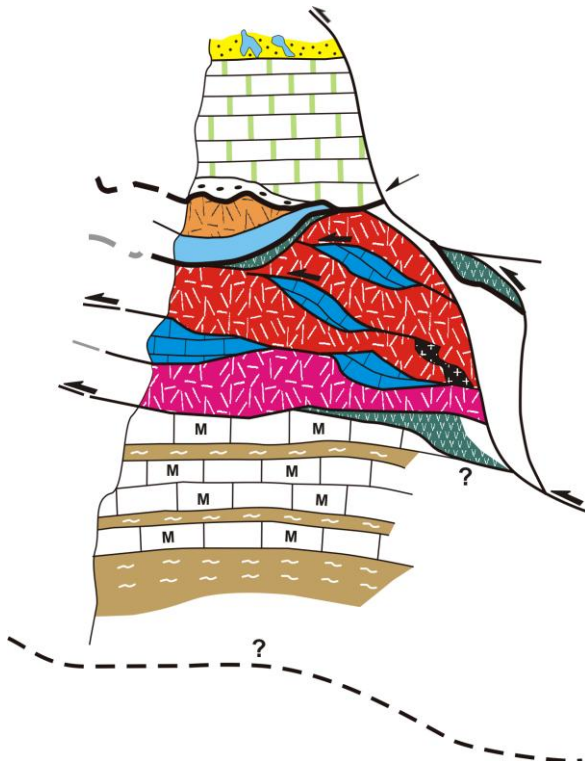
- 1) Σχιστόλιθοι σχηματισμού Γκάντατς, 2) Μάρμαρα σχηματισμού Γκάντατς, 3) Οφιόλιθοι Γευγελής – Αλιμωπιάς, 4) Ηφαιστειοϊζηματογενής σχηματισμός Λιβάδιων με ανθρακικούς οριζόντες, 5) Ανθρακικός σχηματισμός Γκόλα Τσούκας – Γκρότης, 6) Ηφαιστειοϊζηματογενής σχηματισμός Καστανερί – Κρώμνης με ανθρακικούς οριζόντες, 7) Γρανιτικά σώματα, 8) Ανθρακικός σχηματισμός Γρίβας – Κρώμνης, 9) Σχηματισμός Γράμμου, 10) Ανθρακικός σχηματισμός Θεοδωράκι με κροκαλοπαγείς βάσεις, 11) Σχηματισμός φλύσχη Τσούκας με ολισθόλιθους ανθρακικού υλικού.

Η ηλικία της σειράς είναι Α. Κρητιδική, από το Κενομάνιο έως το Μαιστρίχτιο (Mercier & Vergely 1984).

3.4 Σχηματισμός Γράμμου

Πρόκειται για τυπικό σχηματισμό φλύσχη που αποτελείται από μεταψαμμίτες σε εναλλαγές με μεταπηλιτικά πετρώματα, μετακροκαλοπαγή και λίγους ασβεστόλιθους. Χαρακτηριστικά επίσης είναι τα στρώματα του ερυθρού ψαμμίτη της σειράς αυτής, σε εναλλαγές με κλαστικό υλικό ηφαιστειακής προέλευσης.

Ο σχηματισμός αυτός εμφανίζεται μόνο στο νότιο τμήμα του Πάικου, εντός του π. Γράμμου, από τον οποίο πήρε και το όνομά του. Θεωρούμε ότι αλλού καλύπτεται από τα υπερκείμενα ιζήματα της επίκλυσης του Κενομανίου. Η ηλικία του φλύσχη του Γράμμου θεωρείται Κ. Κρητιδική (Brown & Robertson 2003).



Σχήμα 3. Συνοπτική στήλη των τεκτονικών ενότητων της ορεινής μάζας του Πάικου (υπόμνημα όπως στο Σχ. 2).

3.5 Ανθρακικός Σχηματισμός Γρίβας-Κρώμνης

Αποτελείται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα ανακρυσταλλωμένα, κατά θέσεις δολομιτικά, σε εναλλαγές με φυλλίτες και ασβεστιτικούς και σερικιτικούς σχιστόλιθους. Στους κατώτερους ορίζοντες της σειράς επικρατούν τεφρά μάρμαρα.

Η ηλικία της σειράς θεωρείται ως Α. Ιουρασική - Κ. Κρητιδική, όπως προκύπτει από την εύρεση τρηματοφόρων του Κιμμεριδίου και άλλων απολιθωμάτων Άππιας - Άλβιας ηλικίας (Mercier 1966, Bonneau et al. 1994).

3.6 Ηφαιστειοϊζηματογενής Σχηματισμός Καστανερής-Κρώμνης

Πρόκειται για μία ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά που αποτελείται κυρίως από ηφαιστειακά υλικά όξινης σύ-

στασης (λεπτόκοκκοι τόφφοι, ιγκνιμπρίτες, σερικιτικά και χαλαζιακά πορφυροειδή, μεταρυσίθιοι), παρενεστρωμένα με κλαστικά υλικά (μετα-αρκόζες, μετακροκαλοπαγή, πυροκλαστικοί ψαμμίτες) και με παρεμβολές ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων σε φακούς και ορίζοντες μικρού πάχους.

Στο δυτικό Πάικο, η ηφαιστειοϊζηματογενής αυτή ακολουθία, εκτός των όξινων ηφαιστειακών υλικών (κερατοφύρες), εμπεριέχει και υποθαλάσσια ηφαιστειακά πετρώματα βασικής σύστασης (σπιλίτες και διαβάσες), δημιουργώντας έτσι την υπόνοια για μία χημική διαφοροποίηση μεταξύ δυτικού και ανατολικού Πάικου (Bebien et al. 1994).

Όλα τα ηφαιστειακά υλικά της σειράς είναι ισχυρά μυλονιτωμένα. Η μυλονιτική αυτή υφή είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακή στους μεταρυσίθιους (χαλαζιακοί και σερικιτικοί πορφύρες), δίνοντας θέσεις με αξιόπιστους κινηματικούς δείκτες (S-C υφές, σ-κλάστες κτλ.).

Ορυκτολογικά, οι μεταρυσίθιοι αποτελούνται από χαλαζία, λευκό μαρμαρυγία και λεπτομερή σερικίτη και στο μικροσκόπιο είναι ιδιαίτερα εμφανή τα φαινόμενα της δυναμικής ανακρυστάλλωσης του χαλαζία και της σερικιτίωσης του μαρμαρυγία. Οι σπιλίτες αποτελούνται από αλβίτη, χλωρίτη, επίδοτο, σερικίτη, σπιλινομέλανα και ακτινόλιθο ενώ οι κερατοφύρες από αλβίτη, χαλαζία, χλωρίτη, σερικίτη και επίδοτο. Εντός αυτών βρέθηκε το ορυκτό λοσονίτης, που μαζί με άλλα στοιχεία συνηγορεί για μεταμόρφωση υψηλής πίεσης (Baroz et al. 1987).

Εντός της σειράς και κοντά στο χ. Καστανερή στο ανατολικό Πάικο, υπάρχει εμφάνιση ενός γνευσιωμένου γρανιτικού σώματος, με οφθαλμούς χαλαζία και αστρίων, δίνοντας μια τυπική γνευσιακή υφή (Σχ. 2). Ορυκτολογικά, αποτελείται από χαλαζία, καλιούχους άστριους, πλαγιόκλαστα, λευκό μαρμαρυγία και λίγο χλωρίτη, με φαινόμενα περθιτίωσης των κρυστάλλων του ορθόκλαστου που καταμαρτυρούν ορθοπροέλευση. Ανάλογη εμφάνιση γρανιτικού σώματος εντός της σειράς αυτής αναφέρεται και στο δυτικό Πάικο κοντά στο χ. Νερόμυλοι (Δάβη et al. 1988).

Η σχετική ηλικία της σειράς θεωρείται Α. Ιουρασική (Μαυρίδης et al. 1982).

3.7 Ανθρακικός Σχηματισμός Γκόλα Τσούκας - Γκρότης

Αποτελείται κυρίως από λευκότεφρα μάρμαρα, ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, δολομιτικά μάρμαρα και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους. Τα ανθρακικά πετρώματα εμφανίζονται ισχυρά μυλονιτωμένα, ιδιαίτερα κοντά στην επαφή τους με τον υπερκείμενο ηφαιστειοϊζηματογενή σχηματισμό της Καστανερής - Κρώμνης. Ορυκτολογικά, αποτελούνται κυρίως από ασβεσίτη, αλλά περιέχουν και λίγο χαλαζία, λευκό μαρμαρυγία και λεπτομερή σερικίτη. Στο μικροσκόπιο, εμφανή είναι τα φαινόμενα σερικιτίωσης του λευκού μαρμαρυγία και της δυναμικής ανακρυστάλλωσης του ασβεσίτη.

Οι Bonneau et al. (1994) αναφέρουν ότι η σειρά αυτή ξεκινά στη βάση της με κροκαλοπαγές πάχους 3-4 μ. με γρανιτικό - ρυολιθικό υλικό από το σχηματισμό Καστανερής - Κρώμνης και σταδιακά μεταπίπτει στα λευκά ρουδιστοφόρα μάρμαρα, ηλικίας Άππιας - Άλβιας.

Η ηλικία της σειράς θεωρείται πλέον Α. Ιουρασική - Κ. Κρητιδική (Mercier 1966, Bonneau et al. 1994).

3.8 Ηφαιστειοϊζηματογενής Σχηματισμός Λιβαδίων

Πρόκειται για μία ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά ηλικίας Μ. - Α. Ιουρασικού (Μαυρίδης et al. 1982), που αποτελείται από χλωριτικούς σχιστόλιθους, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, χαλαζιακούς σχιστόλιθους, ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, σε εναλλαγές με ηφαιστειακό υλικό, όπως τόφφους, μεταρυσόλιθους, σερικιτιωμένα πορφυροειδή και μεταβασίτες.

3.9 Σχηματισμός Γκάντατς

Αποτελείται από εναλλαγές ασβεστιτικών, χλωριτικών και επιδοιτικών σχιστόλιθων με λευκά μάρμαρα και σιπολίνας (Σχ. 2 & Σχ. 3). Ο σχηματισμός αυτός έχει πάρει την ονομασία του από την ομώνυμη κορυφή και θεωρείται ηλικίας Τριαδικού-Κ. Ιουρασικού (Mercier 1966, Μαυρίδης et al. 1982).

4 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Το σύνολο των αλπικών τεκτονικών ενοτήτων που περιγράφηκαν παραπάνω, δέχτηκε από το Α. Ιουρασικό μέχρι σήμερα μία πολυφασική παραμόρφωση και μεταμόρφωση ($D_{1(c)}$ - $D_{6(e)}$). Στις φάσεις αυτές εναλλάσσεται η βράχυνση (shortening) με την έκταση (extension) και σταδιακά οι συνθήκες της παραμόρφωσης μεταπίπτουν από πλαστικές (ductile) σε θραυσίγενείς (brittle). Οι συμπίεστικές φάσεις ($D_{(c)}$ - compression) σχετίζονται με τη γενική σύγκλιση των λιθοσφαιρικών πλακών και το κλείσιμο του ωκεανού της Τηθύος, ενώ οι εφελκυστικές ($D_{(e)}$ - extension) με την κατάρρευση του ορογενούς λόγω της πάχυνσης του φλοιού και της ισοστατικής του επαναφοράς (Πίν. 1).

4.1 Φάση $D_{1(c)}$

Οι δομές της πρώτης παραμορφωτικής φάσης $D_{1(c)}$ είναι διαμπερείς και πλαστικές και πλήττουν τις κατώτερες τεκτονικές ενότητες της μάζας του Πάικου, ηλικίας Α. Ιουρασικού και παλιότερα.

Έτσι, διακρίνεται μία διαμπερή συμμεταμορφική σχιστότητα (S_1) παράλληλα στο αξονικό επίπεδο μίας πολύ καλά διατηρημένης κατά θέσεις ισοκλινούς πτύχωσης (F_1) που πτυχώνει μία προγενέστερη σχιστότητα S_0 . Η ισοκλινής αυτή πτύχωση δεν έχει σταθερή αξονική διεύθυνση. Συνήθως, λόγω περιστροφής παρατηρείται παράλληλα έως υποπαράλληλα στην οрукτολογική γράμμωση έκτασης (L_1) που αναπτύσσεται με διεύθυνση Α-Δ έως ΒΑ-ΝΔ. Η κινηματική ανάλυση φανέρωσε κύρια φορά κίνησης προς τα Δ-ΝΔ, κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής. Η οрукτολογική γράμμωση έκτασης (L_1) προσδιορίζεται από την παράλληλη ανάπτυξη οрукτών όπως χαλαζίας, λευκός μαρμαρυγίας και χλωρίτης. Οι συνθήκες μεταμόρφωσης της φάσης $D_{1(c)}$ δεν ξεπερνούν την πρασινοσχιστολιθική φάση (M_1).

Οι Baroz et al. (1987) αναφέρουν μία μεταμόρφωση υψηλής πίεσης και χαμηλής θερμοκρασίας (HP-LT) Α. Ιουρασικής ηλικίας, που περιορίζεται στους κατώτερους τεκτονικούς ορίζοντες της μάζας και στα σπιλι-

τικά πετρώματα της ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς Καστανερής - Κρώμνης, χωρίς περαιτέρω ερμηνεία.

Θεωρούμε τη φάση $D_{1(c)}$ ως μία συμπίεστική φάση που συνδέεται με την τεκτονική τοποθέτηση των οφιολίθων της ζ. Αξίου από Α προς Δ, κατά το Α. Ιουρασικό, τη συσσώρευση των καλυμμάτων της μάζας του Πάικου και τη γενική πάχυνση του φλοιού (Σχ. 2).

4.2 Φάση $D_{2(c)}$

Οι δομές της $D_{1(c)}$ επηρεάζονται από μία μεταγενέστερη, πλην όμως συνέχεια της πρώτης, παραμορφωτική φάση $D_{2(c)}$.

Έτσι, ασύμμετρες κλειστές ή/και ανοιχτές πτυχές (F_2) επαναπτυχώνουν τόσο τη σχιστότητα S_1 όσο και την ισοκλινή πτύχωση F_1 , δημιουργώντας μία νέα σχιστότητα (S_2) παράλληλα στα αξονικά επίπεδα της F_2 . Οι δύο σχιστότητες S_1 και S_2 είναι παράλληλες μεταξύ τους, όπως επίσης παράλληλες μεταξύ τους είναι και οι αξονικές διευθύνσεις των δύο πτυχώσεων F_1 και F_2 . Στην τυπική θέση κοντά στο χ. Λιβάδια, τα φαινόμενα επαναπτύχωσης των σιπολινών και ασβεστιτικών σχιστολίθων είναι εντυπωσιακά και φανερώνουν τη συνέχεια και την εξέλιξη της παραμόρφωσης (από τη $D_{1(c)}$ στη $D_{2(c)}$). Κατά θέσεις και παράλληλα στο αξονικό επίπεδο της F_2 , λόγω της αντίθεσης στο ιξώδες του υλικού που πτυχώνεται (εναλλαγές χλωριτικών σχιστολίθων με ανθρακικούς ορίζοντες), αναπτύσσονται δομές mullions.

Η σχιστότητα S_2 εμφανίζεται σε όλους τους σχηματισμούς της μάζας του Πάικου ηλικίας Κ. Κρητιδικού και παλιότερα και συνδέεται με μία πολύ καλά ανεπτυγμένη οрукτολογική γράμμωση (L_2) γενικής διεύθυνσης Δ-ΝΔ (210° - 260°), που είναι η κύρια γράμμωση που αναγνωρίζεται στο Πάικο και έχει επηρεάσει και αποτυπωθεί πάνω σε όλες τις προηγούμενες δομές. Οι συνθήκες μεταμόρφωσης της φάσης αυτής κυμαίνονται στην κατώτερη πρασινοσχιστολιθική φάση (M_2) και αποτελούν ανάδρομη μεταμόρφωση στη M_1 . Μετατροπές όπως από βιοτίτη σε χλωρίτη και από αμφιβόλους σε ακτινόλιθο, καθώς επίσης και η σερικιτίωση του λευκού μαρμαρυγία καταδεικνύουν τον ανάδρομο χαρακτήρα της M_2 .

Θεωρούμε τη φάση $D_{2(c)}$ ότι αποτελεί συνέχεια της $D_{1(c)}$ και συνεπώς συνδέεται με τη συνέχιση της διαδικασίας πάχυνσης του φλοιού και της συσσώρευσης των καλυμμάτων του Πάικου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη λεπίωση των Κ. Κρητιδικών ανθρακικών σχηματισμών μαζί με τις ηφαιστειοϊζηματογενείς σειρές του Α. Ιουρασικού (Σχ. 2 & Σχ. 3).

Μεταξύ αυτών των δύο κύριων συμπίεστικών φάσεων ($D_{1(c)}$ - $D_{2(c)}$), παρεμβάλλεται ένα πιθανό εφελκυστικό γεγονός που σχετίζεται με την απόθεση των κλαστικών και ανθρακικών ιζημάτων Α. Ιουρασικού - Κ. Κρητιδικού κυρίως πάνω στους επωθημένους οφιόλιθους και στα συνοδά ηφαιστειοκλαστικά ιζήματα.

4.3 Φάση $D_{3(e)}$

Η πρώτη κύρια εφελκυστική φάση λαμβάνει χώρα στο Α. Κρητιδικό και συνδέεται με το σχηματισμό λεκανών, την ιζηματογένεση νηριτικών ανθρακικών ιζημάτων, κλαστικών υλικών και φλύσχη από το Κενομάριο έως το Μαιστρίχτιο ($D_{3(e)}$). Θεωρούμε ότι με τη φά-

ση αυτή έγινε η πρώτη αποκάλυψη και εκταφή του ορογενούς.

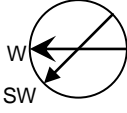
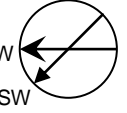



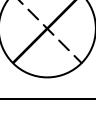
Οι δομές της φάσης $D_{3(e)}$ χαρακτηρίζονται από διακριτές -κατά θέσεις- μυλονιτικές ζώνες διάτμησης (Z_3) που συνδέονται με μία μυλονιτική σχιστότητα (S_3) και μία οрукτολογική γράμμωση έκτασης (L_3) με σταθερή διεύθυνση ΝΝΔ-ΒΒΑ. Η κύρια φορά της διάτμησης της φάσης αυτής είναι προς τα ΝΝΔ ($200^\circ - 210^\circ$), τόσο στα πετρώματα του δυτικού όσο και του ανατολικού Πάικου, ενώ πιο σπάνια εμφανίζεται και η αντίθετη φορά προς τα ΒΒΑ. Οι δομές $D_{3(e)}$ έχουν μια ιδιαίτερα σταθερή γεωμετρία και επηρεάζουν τις προγενέστερες διαμπερείς δομές $D_{1(c)}$ και $D_{2(c)}$. Μεταμόρφωση γενικής κλίμακας δεν έχουμε στη φάση αυτή παρά μόνο εντός των ζωνών διάτμησης με ανακρυσταλλώσεις χαλαζία και σερικιπίψεις του λευκού μαρμαρυγία.

4.4 Φάση $D_{4(c)}$

Οι κύριες δομές της Τριτογενούς συμπιεστικής τεκτονικής είναι πτυχές ανοιχτές γωνιώδεις (F_4), που συνδέονται με ανάστροφα ρήγματα (rFT_4), γενικής διεύθυνσης ΝΔ-ΒΑ και με κύρια φορά προς τα ΝΔ. Πρόκειται δηλαδή για τη δημιουργία μίας ζώνης πτυχώσεων - επιπτεύσεων, που λειτουργεί από το Παλαιόκαινο έως το Ηώκαινο και η οποία λειπώνει το σύνολο των αλπικών σχηματισμών της μάζας του Πάικου. Στο ανατολικό περιθώριο της μάζας, τα τεκτονικά λέπια δείχνουν μία κίνηση προς τα ΝΔ, ενώ στο δυτικό Πάικο η λειπίωση είναι αντιθετική προς τα ΒΑ (Mercier & Vergely 2001, Brown & Robertson 2003).

Η αξονική διεύθυνση των πτυχών αυτών είναι ΝΑ-ΒΔ, δηλαδή κάθετη στη διεύθυνση της κίνησης, χωρίς περιστροφές, κάτι που φανερώνει ότι οι συνθήκες της

Πίνακας 1. Συνοπτική παρουσίαση των κύριων παραμορφωτικών φάσεων που έλαβαν χώρα στην ορεινή μάζα του Πάικου ($D_{(c)}$: συμπιεστική φάση, $D_{(e)}$: εφελκυστική φάση).

ΦΑΣΗ (D)	ΗΛΙΚΙΑ	ΠΕΔΙΟ ΤΑΣΕΩΝ & ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΔΟΜΕΣ	ΣΧΕΤΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ	
$D_{1(c)}$	ΑΝΩ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ	ΣΥΜΠΙΕΣΗ - ΠΛΑΣΤΙΚΗ		-Διαμπερές και συνμεταμορφική σχιστότητα (S_1) -Οрукτολογική γράμμωση έκτασης (L_1) -Ισοκλινής πτύχωση (F_1)	-Τεκτονική τοποθέτηση οφιολίθων -Προοδευτική συσσώρευση καλυμμάτων Πάικου -Πάχυνση φλοιού	M_1 : πρασινοσχιστολιθική
$D_{2(c)}$	ΚΑΤΩ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ	ΣΥΜΠΙΕΣΗ - ΠΛΑΣΤΙΚΗ		-Σχιστότητα (S_2) παράλληλη στην S_1 και στα Α.Ε. της F_2 -Ασύμμετρες κλειστές πτυχές (F_2) που επαναπτυχώνουν την S_1	-Λειπίωση των ανθρακικών εντός του ηφαιστειοκλαστικού υλικού -Διπλασιασμός της σειράς -Συνεχής συσσώρευση καλυμμάτων	M_2 : ανάδρομη στη M_1 (Bt→Chl) (Am→Act)
$D_{3(e)}$	ΑΝΩ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ	ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΠΛΑΣΤΙΚΗ		-Μυλονιτικές ζώνες διάτμησης (Z_3) -Σχιστότητα μυλονιτική (S_3) -Οрукτολογική γράμμωση έκτασης (L_3)	-Σχηματισμός λεκανών -Ιζηματογένεση επικλυσιγενών ανθρακικών και ιζημάτων φλύσχη -Πρώτη αποκάλυψη και εκταφή του ορογενούς	Ανακρυστάλλωση Qtz & σερικιπίωση wm
$D_{4(c)}$	Παλαιόκαινο - Ηώκαινο	ΣΥΜΠΙΕΣΗ - ΘΡΑΥΣΙΓΕΝΗΣ		-Ανάστροφα ρήγματα (rFT_4) μαζί με πτυχές (F_4) σε μία ζώνη πτυχώσεων - επιπτεύσεων	-Έντονη λειπίωση όλων των ενότητων -Τοποθέτηση οφιολίθων Αλμωπίας πάνω στο δυτικό περιθώριο της μάζας του Πάικου με αντιθετική επίπτευση (back-thrust)	
$D_{5(e)}$	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΘΡΑΥΣΙΓΕΝΗΣ		-Κανονικά ρήγματα μικρής γωνίας κλίσης (FT_5)	-Τελική κατάρρευση του ορογενούς και των καλυμμάτων -Τεκτονική λέπτυνση και αποκάλυψη των Εξωτ. Ελληνίδων αλλού (π.χ. Όλυμπος)	
$D_{6(e)}$	Μειόκαινο - σήμερα	ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ - ΘΡΑΥΣΙΓΕΝΗΣ		-Κανονικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης και ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης (FT_6)	-Σχηματισμός Νεογενών - Τεταρτογενών λεκανών -Λειτουργία τεκτονικής γραμμής Αριδαίας	

παραμόρφωσης της φάσης αυτής είναι ημιθραυσιγενείς έως θραυσιγενείς.

Θεωρούμε ότι η τελική τοποθέτηση των οφιολίθων της Αλμωπίας πάνω στα Α. Κρητιδικά ανθρακικά ιζήματα Θεοδωράκι συνέβη με αυτή τη φάση ως μία μεγάλη αντιθετική επιπτώση προς τα ΒΑ (back-thrust) (Σχ. 2).

4.5 Φάση D_{5(e)}

Η τελική κατάρρευση του ορογενούς και των καλυμμάτων του Πάικου συνέβη κατά το Ολιγόκαινο - Μειόκαινο, συνδεδεμένη με κανονικά ρήγματα μικρής γωνίας κλίσης (FT_{5(e)}) και κύρια κινηματική προς τα ΝΔ (D_{5(e)}).

Η παραμόρφωση συμβαίνει σε ένα εκτατικό θραυσιγενές περιβάλλον και συνδέεται με τη γενική τεκτονική απολέπτυνση του φλοιού, με την τελική αποκάλυψη των βαθύτερων οριζόντων της σειράς του Πάικου (Κατριβάνος et al. 2001), καθώς και με την αποκάλυψη των Εξωτερικών Ελληνίδων, στην περιοχή του Ολύμπου - Όσσας (Kilias 1995).

4.6 Φάση D_{6(e)}

Μετά το Μειόκαινο λαμβάνει χώρα η νεοτεκτονική δράση σε εφελκυστικό έως διεφελκυστικό (transtensional) πεδίο τάσης, συνδεδεμένη με το σχηματισμό των Νεογενών και Τεταρτογενών λεκανών (D_{6(e)}). Το τελικό αυτό στάδιο παραμόρφωσης του ορογενούς περιλαμβάνει κανονικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης (FT₆) καθώς και ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης, όπως η μεγάλη τεκτονική γραμμή της Αριδαίας διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, με κλίση προς τα ΝΑ, που θεωρείται ότι λειτουργήσε πρώτα ως ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης και αργότερα στο Τεταρτογενές ως κανονικό (Pavlidis et al. 1990).

Στο χώρο της περιοχής μελέτης, η ρηξιγενής αυτή γραμμή διαχωρίζει την οροσειρά της Τζένας - Πινόβου από την ορεινή μάζα του Πάικου, διακόπτοντας τη συνέχεια των τεκτονικών ενότητων και δημιουργώντας το βύθισμα Νότιας – Περίκλειας (Σχ. 1).

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ορεινή μάζα του Πάικου βρίσκεται σε μία θέση με ιδιαίτερη γεωτεκτονική σημασία, στον πυρήνα της ζ. Αξιού, στον ενδιάμεσο χώρο των Εσωτερικών Ελληνίδων μεταξύ της Πελαγονικής και Σερβομακεδονικής μάζας. Ακόμη, τοποθετείται γεωτεκτονικά μεταξύ του τεκτονικού «παράθυρου» του Ολύμπου (Schermer et al. 1990, Kilias 1995) και του τεκτονικού «παράθυρου» του Παγγαίου (Dinter & Royden 1993, Kilias et al. 1999, Brun & Sokoutis 2007). Δεν είναι λοιπόν τυχαίο που ο γεωτεκτονικός χαρακτήρας της ορεινής μάζας του Πάικου αποτελούσε ανέκαθεν αντικείμενο προβληματισμού και διαφωνίας μεταξύ των ερευνητών, με πλήθος ερωτημάτων να έχουν μείνει αναπάντητα.

- Ποια η φορά της τοποθέτησης των οφιολίθων που βρίσκονται εκατέρωθεν της μάζας του Πάικου και πότε αυτή έγινε; Πόσες ωκεάνιες λεκάνες λειτουργήσαν εντός της ζ. Αξιού;

- Είναι η ορεινή μάζα του Πάικου μία ενιαία και αδιαίρετη τεκτονική και στρωματογραφική οντότητα, ή

πρόκειται για δύο διακριτά τεκτονικά πεδία (terrane); Μήπως πρόκειται για ένα δυτικό και ένα ανατολικό terrane με διαφορετική γεωχημεία και γεωλογική ιστορία;

- Έχει υποστεί η ορεινή μάζα του Πάικου την πρώτη ορογενετική φάση των Εσωτερικών Ελληνίδων του Α. Ιουρασικού - Κ. Κρητιδικού ή μήπως η ιστορία της παραμόρφωσης ξεκινά μετά το Α. Κρητιδικό;
- Πρόκειται για σχετικά αυτόχθονη σειρά με χαρακτηριστικές παρόμοιους της Πελαγονικής ή ακόμη και των Εξωτερικών Ελληνίδων, ή για αλλόχθονα καλύμματα που προέρχονται από τη Σερβομακεδονική και Ροδοπική ενδοχώρα;

Με την παρούσα εργασία, έγινε προσπάθεια να διερευνηθούν κάποια από αυτά τα ερωτήματα, με οδηγό την ιστορία και την εξέλιξη της παραμόρφωσης των πετρωμάτων της περιοχής μελέτης.

Η ύπαρξη μίας πρώτης ορογενετικής φάσης στο χώρο των Εσωτερικών Ελληνίδων κατά το Α. Ιουρασικό είναι ευρέως αποδεκτή από τους ερευνητές. Στην εργασία αυτή, η πρώτη συμπίεστική παραμορφωτική φάση D_{1(c)} του Α. Ιουρασικού θεωρείται, μεταξύ άλλων, υπεύθυνη για την τεκτονική τοποθέτηση των οφιολίθων πάνω στο αλπικό υπόβαθρο του Πάικου, καθώς και την έντονη παραμόρφωση και εσωτερική λεπίωση της μάζας του Πάικου.

Η πρωταρχική τοποθέτηση των οφιολίθων έγινε απ' ευθείας πάνω στα Τριαδικά μάρμαρα του Πάικου, αλλά και πάνω στα ηφαιστειοκλαστικά υλικά του Ιουρασικού, με τα οποία εμφανίζονται να κινήθηκαν σχεδόν ταυτόχρονα με φορά προς τα Δ, ερμηνεία που συμφωνεί με την τεκτονική τοποθέτηση των οφιολίθων πάνω στα Τριαδικά μάρμαρα της Πελαγονικής, δυτικότερα (Kilias et al. 2010). Η τεκτονική τοποθέτηση των οφιολίθων της Αλμωπίας πάνω στα Α. Κρητιδικά ανθρακικά ιζήματα του δυτικού Πάικου είναι μεταγενέστερη και συνδέεται με την Τριτογενή φάση συμπίεσης D_{4(c)}. Έτσι, θεωρούμε ότι οι οφιολίθοι της Αλμωπίας είχαν ήδη τοποθετηθεί τεκτονικά πάνω στο ηπειρωτικό τέμαχος του Πάικου πριν το Α. Κρητιδικό (D_{1(c)} - D_{2(c)}), προερχόμενοι από τα ανατολικά, δηλαδή από τον ωκεάνιο χώρο που βρίσκονται τώρα οι οφιολίθοι Γευγελής. Μετά το Α. Κρητιδικό, επωθούνται εκ νέου προς τα δυτικά πάνω στην Πελαγονική και ανατολικά με αντιθετική κίνηση πάνω στο Πάικο (σύμφωνα με τους Brown & Robertson 1994). Μία Τριτογενής τεκτονική τοποθέτηση των οφιολίθων με φορά από Α προς τα Δ πάνω από το Πάικο (Godfriaux & Ricou 1991), θα πρέπει να αποκλειστεί και άρα το Πάικο δεν είναι Τριτογενές τεκτονικό «παράθυρο». Αφήνουμε ανοιχτό το ενδεχόμενο να πρόκειται για τεκτονικό «παράθυρο» παλαιότερης ηλικίας και πιθανότατα με υλικό της Πελαγονικής μάζας.

Από τα δεδομένα της εργασίας υπαίθρου και την τεκτονική ανάλυση προκύπτει η ταύτιση των ανθρακικών σχηματισμών της Γκόλα Τσούκας και της Γκρόπης (σύμφωνα και με τους Godfriaux & Ricou 1991), καθώς και των ανθρακικών σχηματισμών της Γρίβας και της Κρώμνης, που τοποθετούνται αρχικά πάνω στα επωθημένα οφιολιθικά σώματα και στις ηφαιστειοϊζηματογενείς σειρές. Τα ανθρακικά αυτά υλικά λεπιώνονται μαζί με τις ηφαιστειοϊζηματογενείς σειρές στο Κ. Κρητιδικό (D_{2(c)}), τόσο στο δυτικό όσο και στο

ανατολικό Πάικο, με συμμετοχή και των οφιολιθικών μαζών που συνεχίζουν να προωθούνται προς τα Δ. Ας σημειωθεί ότι τα φαινόμενα έντονης μυλωνιτώσης εντός του Σχ. Καστανερής στο ανατολικό Πάικο συνδέονται με αυτή τη φάση ($D_{2(e)}$) και όχι με διασυμπίεση (transpression) στο Α. Τριτογενές όπως υποστηρίζεται από άλλους ερευνητές (Brown & Robertson 1994). Έτσι, η ορεινή μάζα του Πάικου αποτελεί μία ενιαία, έντονα παραμορφωμένη κατά τη διάρκεια της Αλπικής ορογένεσης, τεκτονική και στρωματογραφική ακολουθία, θεώρηση που συμφωνεί και με άλλες νεότερες έρευνες (Brown & Robertson 2003).

Πιθανή διαφοροποίηση του ενιαίου χαρακτήρα της μάζας του Πάικου έχουμε μετά το Κενομάνιο, με την επίκλυση των Α. Κρητιδικών ανθρακικών ιζημάτων και του φλύσχη της Τσοούκας που εμφανίζονται μόνο στο δυτικό περιθώριο της μάζας του Πάικου, που συνδέεται με το εφελκυστικό γεγονός του Α. Κρητιδικού ($D_{3(e)}$), με κύρια φορά κίνησης προς τα ΝΔ.

Έντονος προβληματισμός υπάρχει γενικά για τη συσχέτιση και την ηλικία των ανθρακικών πετρωμάτων του Πάικου, δεδομένου ότι ορισμένες έρευνες θεωρούν ότι τα ανθρακικά πετρώματα του Πάικου είναι όλα, πλην του πυρήνα του Γκάντατς, Α. Κρητιδικής ηλικίας (Brown & Robertson 2003).

Τέλος, με την τριτογενή έκταση των φάσεων $D_{5(e)}$ και $D_{6(e)}$ ολοκληρώνεται η αποκάλυψη των βαθύτερων ενοτήτων και το σύνολο των σχηματισμών παραμορφώνεται σε θραυσιγενείς συνθήκες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δάβη Ε., Jung D., Τσαγκαλίδης Α. & Παυλόπουλος Α., 1988. Οι σπιλιίτες – κερατοφόρες του Πάικου. Ορυκτός Πλούτος 53, 13-25.
- Κατριβάνος Ε., Μουντράκης Δ., Κίλιας Α. & Παυλίδης Σ., 2001. Πρώτα αποτελέσματα μελέτης της γεωλογικής δομής και της κινηματικής της παραμόρφωσης στο όρος Τζένα (Υποζώνη Πάικου, Κεντρική Μακεδονία, Ελλάδα). Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, τόμος XXXIV/1, 137-147.
- Μαυρίδης Α., Ματαράγκας Δ. & Καρφάκης Ι., 1982. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακα 1:50000, φύλλο Σκρα. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Αθήνα.
- Mercier J. & Vergely P., 1984. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακα 1:50000, φύλλο Έδεσσα. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Αθήνα.
- Baroz F., Bebieu J. & Ikenne M., 1987. An example of HP-LT metamorphic rocks from an island-arc: the Paikon series (Innermost Hellenides, Greece). J. Metamorphic Geol., 5, 509-527.
- Bebieu J., Platevoet B. & Mercier J., 1994. Geodynamic significance of the Paikon massif in the Hellenides: Contribution of the volcanic rock studies. Bulletin of the Geol. Society of Greece, vol. xxx/1, 63-67, 7th Congress, Thessaloniki.
- Bonneau M., Godfriaux I., Moulas Y., Fourcade E. & Masse J., 1994. Stratigraphie et structure de la bordure orientale de la double fenetre du Paikon (Macedoine, Grece). Bulletin of the Geological Society of Greece, Vol. XXX/1, 105-114.
- Brown S. & Robertson A., 1994. New structural evidence from the Mesozoic-early Tertiary Paikon unit, Northern Greece. Bulletin of the Geol. Society of Greece, vol. xxx/1, 159-170, 7th Congress, Thessaloniki.
- Brown S. & Robertson A., 2003. Sedimentary geology as a key to understanding the tectonic evolution of the Mesozoic – Early Tertiary Paikon Massif, Vardar suture zone, N. Greece. Sedimentary Geology, 160, 179-212.
- Brun J.P. & Sokoutis D., 2007. Kinematics of the Southern Rhodope Core Complex (North Greece). International Journal of Earth Sciences, 96, 1079-1099.
- Dinter A.D. & Royden L., 1993. Late Cenozoic extension in Northeastern Greece: Strymon Valley detachment and Rhodope metamorphic core complex. Geology, 21, 45-48.
- Ferriere J. & Stais A., 1994. Un ou des bassin(s) Tethysien(s) Vardarien(s) au Mesozoique? Bulletin of the Geol. Society of Greece, vol. xxx/1, 91-103, 7th Congress, Thessaloniki.
- Godfriaux I. & Ricou L. E., 1991. Le Paikon, une fenetre tectonique dans les Hellenides Internes (Macedoine, Grece). C. R. Acad. Sci. Paris, t. 313, Serie 2, 1479-1484.
- Hanmer S. & Passchier C.W., 1991. Shear-Sense Indicators: A Review. Geol. Survey of Canada, 90-17, p. 72.
- Kilias A., 1995. Tectonic evolution of the Olympus-Ossa Mt.: Emplacement of the blueschists unit in eastern Thessaly and exhumation of Olympus-Ossa carbonate dome as a result of tertiary extension (Central greece). Mineral Wealth, 96, 1995.
- Kilias A., Falalakis G. & Mountrakis D., 1999. Cretaceous – Tertiary structures and kinematics of the Serbomacedonian metamorphic rocks and their relation to the exhumation of the Hellenic hinterland (Macedonia, Greece). Int. Journal of Earth Sciences, 88, 513-531.
- Kilias A., Frisch W., Avgerinas A., Dunkl I., Falalakis G. & Gawlick H.J., 2010. Alpine architecture and kinematics of deformation of the northern Pelagonian nappe pile in the Hellenides. Austrian Journal of Earth Sciences, Vol. 103/1, 4-28.
- Mercier J., 1966. Etude geologique des zones Internes des Hellenides en Macedoine centrale. Contribution a l' etude du metamorphisme et de l' evolution magmatique des zones internes des Hellenides. Thesis, Paris, Ann. Geol. Pays Hell., 20 (1968), 739 p.
- Mercier J., Vergely P. & Bebieu J., 1975. Les ophiolites hel-leniques "obductees" au Jurassique superieur sont-elles les vestiges d'un ocean tethysien ou d' une mer marginale peri-europeene? – C.R. somm. Soc. Geol. France, 4, 108-112.
- Mercier J. & Vergely P., 2001. The Paikon Massif revisited, comments on the Late Cretaceous–Paleogene geodynamics of the Axios-Vardar zone. How many Jurassic ophiolitic basins? (Hellenides, Macedonia, Greece). Bulletin of the Geological Society of Greece, Vol. XXXIV/6, 2099-2112.
- Pavlidis S., Mountrakis D., Kilias A. & Tranos M., 1990. The role of strikeslip movements in the extensional area of the northern Aegean (Greece). Annale Tectonique, 4, 196-211.
- Ricou L. E. & Godfriaux I., 1991. Une coupe a travers les ophiolites et gneiss alloctones entre le massif Pelago-

- nien et la fenetre du Paikon (Grece du Nord). C. R. Acad. Sci. Paris, t. 313, Serie 2, 1595-1601.
- Ricou L. E. & Godfriaux I., 1995. Mise au point sur la fenetre multiple du Paikon et la structure du Vardar en Grece. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 321, Serie 2a, 601-608.
- Schermer R.E., Lux D.R. & Burchfiel B.C., 1990. Temperature - time history of subducted continental crust, Mt. Olympus region, Greece. *Tectonics*, 9, 1165-1195.
- Simpson C. & Schmid S.M., 1983. An evaluation of criteria to deduce the sense of movement in sheared rocks. *Geological Society of America Bulletin*, 94, 1281-1288.