

Πρακτικά		4ου Συνεδρίου		Μάιος 1988	
Δεστ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	σελ.		Αθήνα	
	ΧΧΙΙΙ/1	289-302		1989	
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.		Athens	

ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΟΡΟΣ ΜΕΝΟΙΚΙΟ (ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ)

Ε. ΒΑΒΛΙΑΚΗ, Δ. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗ, Λ. ΣΩΤΗΡΙΑΔΗ*

ΣΥΝΟΨΗ

Τα βασικά μορφολογικά και υδρογραφικά στοιχεία του όρους Μενούκιο (τεκτονικές κρεμασμένες κοιλάδες, πλάγες κοιλάδων, μονόπλευρη ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου κ.λ.π.) οφείλονται κατά κύριο λόγο στη νεοτεκτονική δράση. Οι παρατηρήσεις αυτές σε συνδυασμό με τεκτονικές και στρωματογραφικές παρατηρήσεις οδήγησαν στη σχετική χρονολόγηση των νεοτεκτονικών παραμορφώσεων στο Μενούκιο. Τα κανονικά ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης σχηματίστηκαν στην αρχή της νεοτεκτονικής εξέλιξης στο Ανώτερο Μειόκαινο-Κάτω Πλειόκαινο, αλλά υπέστησαν μετά επαναδραστικοποίηση στη περίοδο Ανωτέρου Πλειστοκαινού-Ολοκαινού. Τα κινονικά ρήγματα ΒΑ-ΝΑ διεύθυνσης τοποθετούνται στο Πλειο-Πλειστόκαινο και διαμόρφωσαν το τριγωνικό μορφοδόμημα του Μενουκίου. Τα κανονικά ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης συνδέονται με το σύγχρονο εφελκυστικό πεδίο των τάσεων (Άνω Πλειστόκαινο-σήμερα).

ABSTRACT

The morphological and drainage characteristics (tectonic hung valleys, polje valleys, asymmetric growth of the drainage e.t.c.) of the Menikio mountain is mainly due to the neotectonic activity. These morphological characteristics as well as tectonic and stratigraphical data lead us to define and date the neotectonic deformations in the Menikio Mt. Three main groups of normal faults have been distinguished. The first with faults trending NE-SW of Late Miocene-Early Pliocene age which re-activated in the Upper Pleistocene. The second with faults trending NW-SE of Pliocene-Pleistocene age and the third group with faults trending E-W of Upper Pleistocene to recent period.

VAVLIAKIS E., MOUNTRAKIS, D., SOTIRIADIS, L. - MORPHOTECTONIC OBSERVATIONS AND RELATIVE DATING OF THE NEOTECTONIC DEFORMATIONS IN THE MENIKIO MOUNTAINS (EAST MACEDONIA, GREECE).

* ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΝΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ, ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ-ΦΥΣ. ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ - 351 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

1. INTRODUCTION-ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα γεωμορφολογικά και υδρογραφικά στοιχεία αποτελούν συχνά τους μοναδικούς μάρτυρες για τον προσδιορισμό και την σχετική χρονολόγηση νεοτεκτονικών στοιχείων πολλών περιοχών ελλείψει άλλων γεωλογικών δεδομένων.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιείται το όρος Μενούκιο ως αντιπροσωπευτικό παράδειγμα όπου με βάση συγκεκριμένα μορφολογικά και υδρογραφικά στοιχεία αποδεικνύεται η δυνατότητα προσδιορισμού και σχετικής χρονολόγησης των νεοτεκτονικών παραμορφώσεων του.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ-ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΜΕΝΟΥΚΙΟΥ

Από γεωλογική άποψη το όρος Μενούκιο ανήκει στη μάζα της Ρύλα Ροδόκης. Σύμφωνα με τους De Bost (1970), Topaloglu et al (1970), Zachos-Dimadis (1980) και Ευδά-Ζηταΐκοπούλου (1980). Το Μενούκιο συγκροτείται από μεταμορφωμένα πετρώματα προ-αλπικής ή και αλπικής ηλικίας, ενώ ορισμένες περιοχές του κυρίως οι πρόποδες του όρους καλύπτονται από μετααλπικά εζήματα. Τα μεταμορφωμένα πετρώματα είναι κυρίως μάρμαρα, γνεύσεις, μαρμ. σχιστολίθους. Τα μετααλπικά εζήματα διακρίνονται σε Προγενή και Τεταρτογενή. Τα Προγενή αποτελούνται από μάργες, αργίλλους, ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή και καταλαμβάνουν κυρίως τους πρόποδες του νότιου Μενούκιου. Τα Τεταρτογενή εζήματα που αποτελούνται από άμμιους, ιλύ, άργιλλο, χαλίκια, κοκάλια, λατύπες ή ογκόλιθους απαντούν είτε στους πρόποδες του Μενούκιου υπό μορφήν αλλουβιακών ριπιδίων είτε κατά μήκος κοιλάδων υπό μορφήν αναβαθμίδων.

Η μορφολογία του Μενούκιου μελετήθηκε από τον Βαβελιάκη (1981), ο οποίος στην ψηλότερη ζώνη διακρίνει 3 επιφάνειες επικέδωσης. Μία επιφάνεια στα 1.800-1963 m που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ξηρών κοιλάδων κυρίως με N-N διαύθυνση και την παρουσία κοκκίλων καρστικών μορφών (δολύνες, ουβάλες, τροπικό κάρστ). Η πιθανή ηλικία της θεωρείται προ-μέσο-μεσοκαινική. Η αμέσως χαμηλότερη επιφάνεια με πιθανή άνω-μεσοκαινική ηλικία εντοπίζεται στα 1.450-1.650 m, η οποία χαρακτηρίζεται εκτός από την ύπαρξη ξηρών κοιλάδων με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση. Κατά μήκος τόσο των ξηρών κοιλάδων όσο και κατά μήκος των μεταξύ τους ράχων έχουν σχηματιστεί δολύνες και ουβάλες, που στην επιφάνεια αυτή έχουν την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης από όλο το Μενούκιο, Βαβελιάκη κ.α. (1982). Η εξάπλωση των δύο παραπάνω επιφανειών εντοπίζεται στο δυτικό Μενούκιο. Στο κεντρικό Μενούκιο έχει σχηματιστεί η τρίτη επιφάνεια επικέδωσης στα 1.000-1.200 m. Χαρακτηρίζεται και αυτή από την ύπαρξη ξηρών κοιλάδων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης. Κατά μήκος των ράχων έχουν σχηματιστεί δολύνες μικρότερων διαστάσεων σε σχέση με αυτές των δύο ψηλότερων επιφανειών, ενώ στους πυθμένες των κοιλάδων έχουν σχηματιστεί οι μοναδικές πόλγες του Μενούκιου. Η πιθανή ηλικία της επιφάνειας αυτής θεωρείται κάτω-έσο κλειοκαινική.

Στους πρόποδες του Μενούκιου κατά την διάρκεια πιθανόν του Ανωτ. Πλειοκαινίου-Κατώτερου Πλειοτοκαινίου σχηματίστηκαν Rediment και Glacis. Τα Rediment εντοπίζονται κυρίως στα μεταμορφωμένα πετρώματα ενώ τα Glacis σε νεογενείς εζηματογενείς σχηματισμούς.

Κατά την διάρκεια του Τεταρτογενούς στο Μενούκιο άρχισε η καταστροφή της ζώνης των Rediment και Glacis και ο σχηματισμός νέων κοιλάδων διεύθυνσης οι οποίες τέμνουν την ζώνη των Rediment και Glacis. Κατά μήκος των κοιλάδων αυτών σχηματίστηκαν 3 ή και 4 αναβαθμίδες.

3. ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

Τα ρήγματα που απαντούν στο Μενούκιο με βάση την διεύθυνσή τους διακρίνονται στις παρακάτω κύριες ομάδες :

3.1.1. Ρήγματα με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (Σχ.1)

Η διεύθυνση των ρηγμάτων αυτών συμπίπτει με την διεύθυνση των κυρίων αξόνων (b) των μεγάλων του Μενούκιου που ανήκουν στη φάση ιταλώσεων D_2 Αλπικής ηλικίας (Kronberger et al 1970, Patras et al 1987) και οι δομές της οροφάς κυριαρχούν στα πετρώματα της Ροδόκης με παράλληλη τοποθέτηση των κλυτογενών σπασμάτων.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ρηγμάτων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης είναι ότι αυτοί έχουν στα μεγαλύτερα ρήγματα του Μενούκιου με μήκη που κυμαίνεται από 8 μέχρι 12 Km.

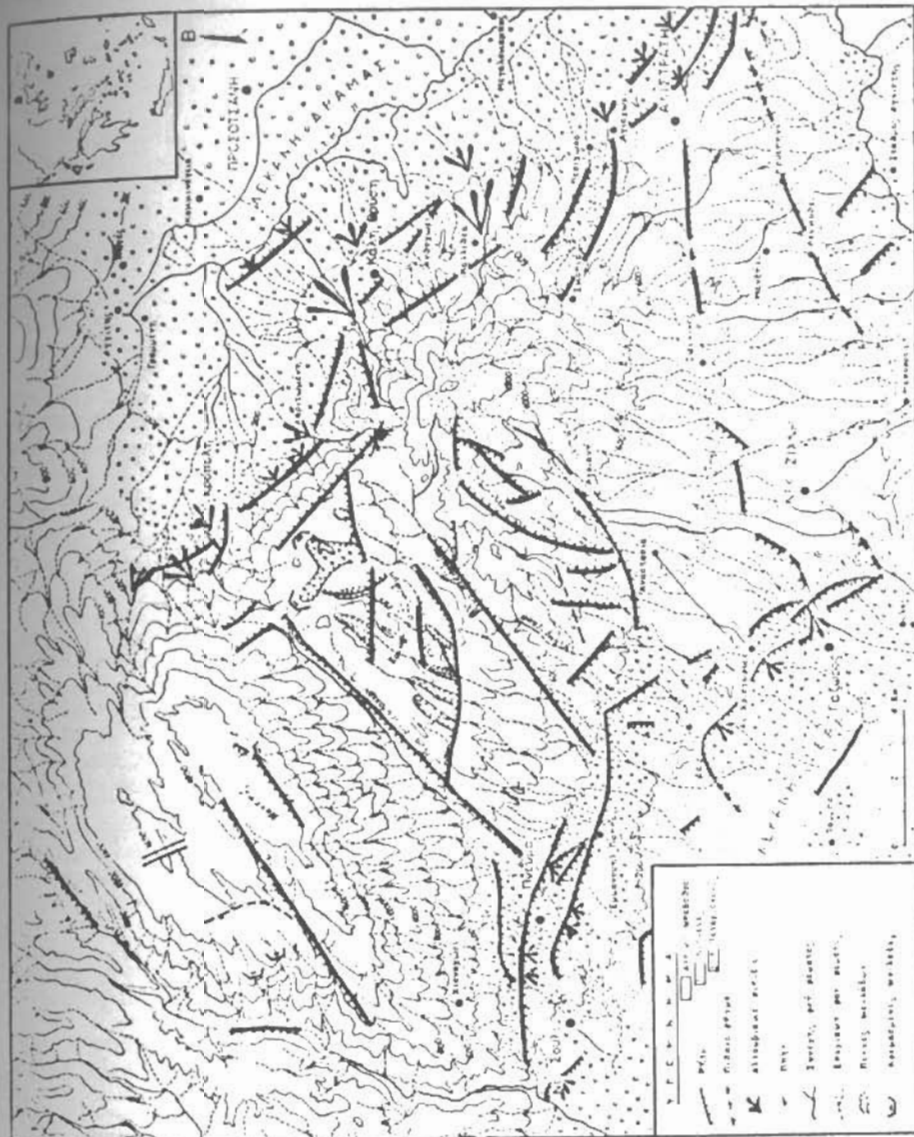


Fig. 1. Morphotectonic map of Menoukio mountains.
Fig. 2. Morphotectonic map of Menoukio mountains.

κό και δυτικό Μενοικίου (Σχ.1). Στα 3 από τα 4 ρήγματα η μετάπτωση είναι ΒΔ ενώ στο 4^ο της ομάδας (ρήγμα μεταλλεύου) η μετάπτωση είναι ΝΑ.

Τα 3 δυτικότερα ρήγματα αυτής της ομάδας εκφράζονται από τα ρέματα Μάνδρας, Μακρυλάκκου και Μεταλλεύου. Τα άγματα των ρημάτων Μάνδρας και Μακρυλάκκου υπερβαίνουν τα 200 m, ενώ το άγμα του ρήγματος στην περιοχή Μαντήλι, κυμαίνεται από 20 μέχρι 40m.

Παρό το σχετικό μεγάλο μήκος και άγμα των περισσότερων ρημάτων αυτής της ομάδας η δράση τους δεν εκπέρασε σημαντικά την προϋπάρχουσα γενική μορφολογική εικόνα του Μενοικίου, γιατί όπως προαναφέραμε η διεύθυνση τους συμπίπτει με αυτή των κυρίων αξόνων των πτυχών και δεσπόζει η επίδραση της πτυχογόνου τεκτονικής στη διαμόρφωση της μορφολογίας. Προκάλεσε όμως κατά θέσεις μεταβολή η αύξηση των μορφολογικών κλίσεων και σημαντική μεταβολή στην μέχρι πρό της δράσης τους υδρογραφία κυρίως του κεντρικού Μενοικίου.

Συγκεκριμένα η δράση του ρήγματος Μακρυλάκκου με ΒΔ μετάπτωση απέκοψε την προς Ν,ΝΑ συνέχεια των κοιλάδων με Β-Π μέχρι ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση του σημερινού υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής του ρέματος Μακρυλάκκου. Η λεκάνη απορροής του παραπάνω ρέματος χαρακτηρίζεται από την μονόπλευρη ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου της (Σχ.1). Συγκεκριμένα οι κλάδοι του ΒΔ τμήματός της έχουν πολύ μεγαλύτερο μήκος και συχνότητα σε σχέση με αυτούς του ΝΑ τμήματος της (Σχ.1). Αν λάβουμε υπόψη ότι η κοιλάδα του Μακρυλάκκου είναι συγκλιτική, η υποτυπώδης ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου στο ΝΑ τμήμα της λεκάνης απορροής της θα μπορούσε να δικαιολογηθεί με την παραδοχή ότι σε ένα πρόσφατο γεωλογικό στάδιο της εξέλιξης της κοιλάδας του Μακρυλάκκου είχαμε ενεργοποίηση του ομώνυμου ρήγματος.

Μονόπλευρη είναι επίσης η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου των κοιλάδων των ρεμάτων Προδρόμου και Μάνδρας των οποίων οι κοιλάδες σχηματίστηκαν κατά μήκος ρημάτων ΒΑ-ΝΑ διεύθυνσης.

Από αυτά που αναφέραμε παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι η μονόπλευρη ανάπτυξη σε κάθε υδρογραφικό δίκτυο μπορεί να αποτελέσει ένα έμμεσο κριτήριο για τον προσδιορισμό της θέσης και διεύθυνσης ρημάτων.

Η παρουσία επίσης τεκτονικών κρεμασμένων κοιλάδων σε μια περιοχή συνηγορεί για την δράση ρημάτων με την προϋπόθεση βέβαια ότι έχει αποκληθεί σ' αυτή η δράση αλτικών παγετώνων. Συγκεκριμένα η δράση του ρήγματος Μακρυλάκκου με ΒΔ μετάπτωση προκάλεσε αποκοπή της συνέχειας μιας άλλης κοιλάδας με ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση στην περιοχή Καλλιπόλεως (Σχ.1). Η κοιλάδα αυτή φαίνεται ως κρεμασμένη βλέποντάς την κανείς από την δυτική πλευρά του Μακρυλάκκου.

Η ανάπτυξη των υδρογραφικών δικτύων στην μάζα της Ρόζα Ροδόπης έχει βασικά καθοριστεί από την νεοτεκτονική (Ψιλοβίκος, 1987), συνεπώς μπορούμε να δεχθούμε ότι η σημερινή θέση και διεύθυνση της κρεμασμένης κοιλάδας στην περιοχή Καλλιπόλεως εκφράζει την θέση ρήγματος με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, ηλικίας οριστικά παλαιότερης από τη δράση του ρήγματος Μακρυλάκκου.

Εκτός αυτού υπάρχουν και άλλες παρατηρήσεις από τις οποίες συμπεραίνονται ότι τα ρήγματα ΒΑ-ΝΑ διεύθυνσης έχουν νεότερη δράση από ορισμένα μικρότερα ρήγματα διεύθυνσης Β-Ν. Πρόκειται για κρεμασμένες κοιλάδες διεύθυνσης Β-Ν που εντοπίζονται σε ορισμένες θέσεις του ρήγματος της περιοχής Μαντήλι (Σχ.1).

3.1.2. Ρήγματα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (Σχ.1)

Εντοπίζονται κυρίως στο ανατολικό τμήμα του Μενοικίου στο όριο του με την λεκάνη της Δράμας. Με την παραπάνω διεύθυνση χαρτογραφήθηκαν μέχρι 4 ρήγματα σε κλιμακωτή διάταξη. Ορισμένα από τα ρήγματα αυτής της ομάδας τέμνουν μεταμορφωμένα πετρώματα και ορισμένα άλλα νεογενή και τεταρτογενή ιζημάτα. Με την σταδιακή δραστηριότητα των ρημάτων ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης συνδέονται σημαντικές μεταβολές της μέχρι πρό της δράσης τους μορφολογίας και υδρογραφίας του ανατολικού Μενοικίου στις οποίες και θα αναφερθούμε στη συνέχεια.

Το ρήγμα που τοποθετείται ΒΑ από την κορυφή Καλλιπόλεως (Σχ.1), που συμπίπτει με την ισοψή των 1.000 m, και τέμνει κυρίως μάρμαρα με μήκος 4 km, απέκοψε την ΒΑ συνέχεια των κοιλάδων Μακρυλάκκου και Σιδηρορέματος, που στα ψηλότερα τμήματά τους έχουν μορφολογικά στοιχεία ωριμότητας. Οι παραπάνω κοιλάδες φαίνονται σήμερα κρεμασμένες όταν τις βλέπει κανείς από την λεκάνη της Δράμας.

Η δράση του παραπάνω ρήγματος είχε ως αποτέλεσμα την αποκοπή ενός σημαντικού τμήματος των λεκανών απορροής των παραπάνω κοιλάδων, που πριν από την δράση του αποστραγγίζονταν προς την λεκάνη των Σερρών. Δεν υπάρχουν άμεσα μορφολογικά και υδρογραφικά κριτήρια για τον ακριβή προσδιορισμό της ηλικίας του ρήγματος και η εξέλιξη της δεν ήταν ταυτοχρόνος. Συγκεκριμένα σε ένα πρώτο στά-

Τα ρήγματα της περιοχής Χαριτωμένης (Σχ.1) τέμνουν επίσης μεταμορφωμένα πετρώματα (μάρμαρα, μαρμ. σχιστόλιθοι, γνεύσιοι) και συμπίπτουν με την ισοψή των 400 m. Η διεύθυνση της μετάπτωσής τους συμπίπτει με αυτή της μορφολογικής κλίσης των τμημάτων που τέμνουν και στα σημεία τομής των παραπάνω ρημάτων και των κοιλάδων με Β-Ν διεύθυνση, σχηματίστηκαν αλλουβιακά ριπείδια. Το υψόμετρο των κορυφών των ριπιδίων είναι περίπου 400 m και αποτελούνται κυρίως από συγκολλημένο ασβεστολιθικό υλικό ιδιόμορφα πάνω σε νεογενή ιζημάτα και σύμφωνα με τους Osswald (1938), Βαβλιάνη (1981), Dimadis-Zachos (1986), είναι Πλειστοκαινικής ηλικίας. Ανάλογη πρέπει να είναι και η ηλικία των ρημάτων της συγκεκριμένης περιοχής γιατί το υψόμετρο σχηματισμού τους βρίσκεται κάτω από την πλειστοκαινική περιπαγετώδη ζώνη, που σύμφωνα με τον Βαβλιάνη (1981) στο Μενοικίο δεν έφτανε κάτω από τα 600m. Συνεπώς η κύρια αυτή σχηματισμού τους θα πρέπει να θεωρηθεί η απότομη μεταβολή της κλίσης των κοιλάδων στα σημεία τομής τους με τα ρήματα της περιοχής που προαναφέραμε. Τα έντονα κρουγενετικά φαινόμενα κατά τις παγετώδεις περιόδους στην ψηλότερη ζώνη των λεκανών απορροής των κοιλάδων επηρέασαν τις διαστάσεις των αλλουβιακών ριπιδίων που σχηματίστηκαν στα σημεία τομής τους με τα παραπάνω ρήματα.

Πλειστοκαινική πρέπει να είναι και η ηλικία των δύο ρημάτων με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ που έχουν σχηματιστεί σε υψόμετρο 200 m περίπου ΝΑ από την Αλισστράτη. Η διεύθυνση της μετάπτωσής τους και εδώ συμπίπτει με την διεύθυνση της μορφολογικής κλίσης και μπροστά από τις κατοπτρικές επιφάνειές τους έχουν σχηματιστεί αλλουβιακά ριπείδια. Το ρήγμα του Αγιοχωριού που ξεκινάει από την Σκοπιά με ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση στο ύψος του Αγιοχωριού αποκτάει Δ-Α διεύθυνση και τέμνει το ενδιάμεσο ρήγμα της Αλισστράτης. Συνεπώς το ρήγμα του Αγιοχωριού έχει πλειστοκαινική ή νεότερη ηλικία, αφού το ρήγμα της Αλισστράτης όπως προαναφέραμε είναι Πλειστοκαινική.

Την ύπαιξη του ρήγματος βόρεια από το χωριό Καλή Βρύση δικαιολογούν τα παραπάνω μορφολογικά και υδρογραφικά στοιχεία (Σχ.2α). Η μονόπλευρη ανάπτυξη αναβαθμίδας σε υψόμετρο 120 m. Αν η αναβαθμίδα οφείλονταν στην διαβρωτική δράση του ποταμού Αγγίτη τότε και στην ανατολική πλευρά της κοίτης του έπρεπε στο ύψος υψόμετρο να υπήρχε αντίστοιχη αναβαθμίδα. β) Η μονόπλευρη ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου και γ) Η εμφάνιση 16 πηγών σε γραμμική διάταξη σε μήκος 2km περίπου. Αν η εμφάνιση των πηγών οφείλονταν στην διάβρωση από τον ποταμό Αγγίτη των Τεταρτογενών και των Νεογενών ιζημάτων θα έπρεπε τα μεταξύ των πηγών τμήματα να ήταν κοίλα και κυρτά όχι ευθύγραμμα όπως είναι σήμερα. Το γεγονός ότι το παραπάνω ρήγμα τέμνει Τεταρτογενή και Νεογενή ιζημάτα μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι η ηλικία του πρέπει να είναι πλειστοκαινική - ολοκαινική.

Τεκτονικά κριτήρια για τον προσδιορισμό ρημάτων ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης στο νότιο Μενοικίο σχεδόν λείπουν, εξ' αιτίας της έντονης διάβρωσης των ρηλεγμένων επιφανειών που είχαν σχηματισθεί πάνω στα Νεογενή και Τεταρτογενή ιζημάτα. Ο συνδιασμός όμως μορφολογικών και υδρογραφικών κριτηρίων μας επέτρεψε τον προσδιορισμό ορισμένων ρημάτων ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Απειροσμοποιητικό παράδειγμα αποτελεί το ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ρήγμα ΝΑ από το χωριό Λευκοθέα.

Η διεύθυνση αυτού του ρήγματος συμπίπτει με την διεύθυνση του κάτω ρού του ρέματος 1. Όλοι οι μεγάλοι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής καταλήγουν στον ποταμό Αγγίτη με διεύθυνση Β-Ν που συμπίπτει με την διεύθυνση της μορφολογικής κλίσης. Όπως φαίνεται και στο (Σχ.3) το ρέμα 1 ενώ στο ανώτερο τμήμα της λεκάνης απορροής του έχει διεύθυνση Β-Ν κλίνεται στη συνέχεια προς τα ΝΑ χωρίς η μορφολογική κλίση αλλά και η θέση του τοπικού βασικού επιπέδου διάβρωσης, (Μπαλαμπάν ρέμα), να δικαιολογούν την ανάπτυξη του προς την διεύθυνση αυτή.

Τα παραπάνω στοιχεία συνηγορούν ότι ο κάτω ρός του ρέματος 1 σχηματίστηκε κατά μήκος ρήγματος με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ α) Το βάθος των επιμέρους τμημάτων της κοιλάδας του ρέματος 1. Το βάθος της κοιλάδας του στον κάτω ρό είναι μικρότερο από το βάθος της στον άνω ρό γεγονός που δεν δικαιολογείται κατά την φυσιολογική εξέλιξη μιας οποιασδήποτε κοιλάδας. β) Η παρουσία ζιζύγιου αναβαθμίδων στον άνω ρό και η έλλειψη αντιστοίχων αναβαθμίδων στον κάτω ρό. γ) Το σχήμα U της κοιλάδας στον άνω ρό και το V σχήμα στον κάτω ρό, γεγονός που επίσης δεν δικαιολογείται κατά την φυσιολογική εξέλιξη μιας κοιλάδας. Τα παραπάνω μορφολογικά στοιχεία των επιμέρους τμημάτων της κοιλάδας του ρέματος 1 υποδηλώνουν ότι ο σχηματισμός και η εξέλιξη της δεν ήταν ταυτοχρόνος. Συγκεκριμένα σε ένα πρώτο στά-

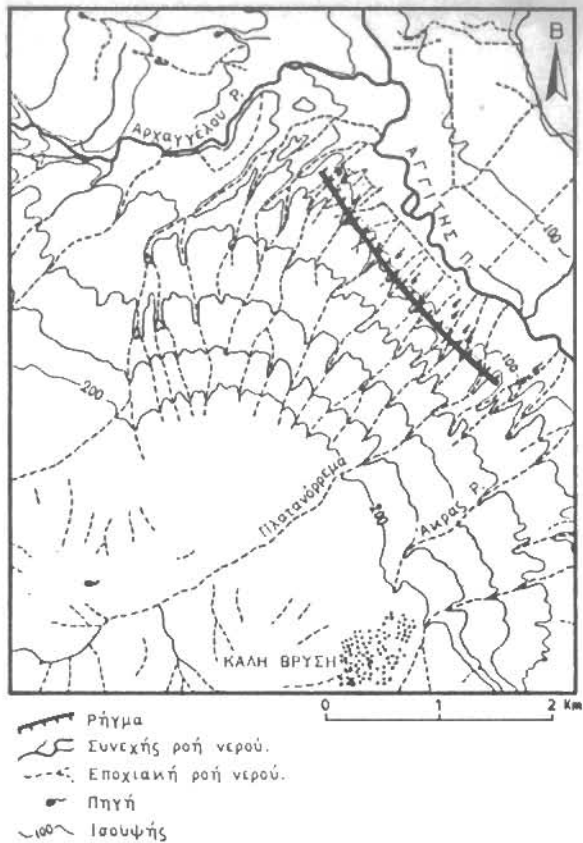


Fig. 2. Part of the topographic map scaled 1:50.000 . The asymmetric growth of the drainage, the linear setting of the springs and the terraces only along the west side of Angitis river, declare the presence of a tectonic fault on NW-SE direction.

Σχ. 2. Τμήμα τοπογραφικού χάρτη κλίμακας 1:50.000. Η μονόπλευρη ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου, η εμφάνιση πηγών σε γραμμική διάταξη και η ύπαρξη αναβαθμίδας μόνο στα δυτικά του ποταμού Αγγίτη προσδιορίζουν την παρουσία νεοτεκτονικού ρήγματος ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης.

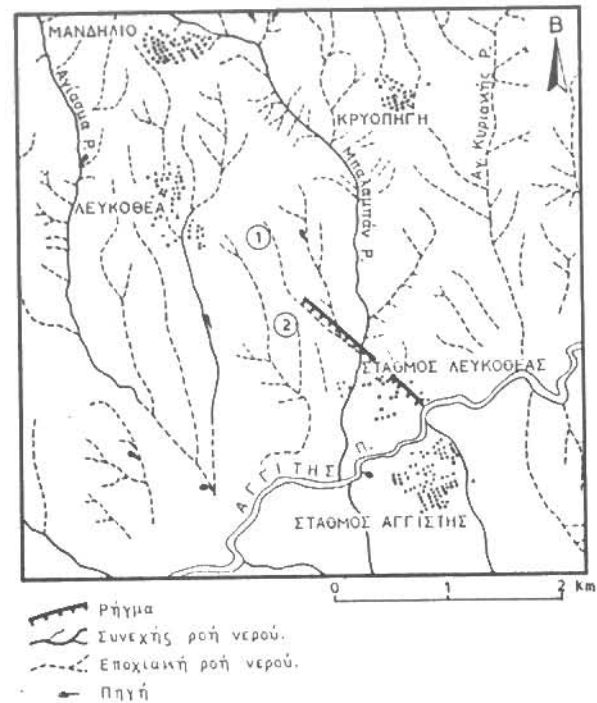


Fig. 3. Part of the drainage system of Mnikion mountain derived from topographic map scaled 1:50.000. The lower segment of stream number 1, SE of Lefkothea village coincides with the NW-SE orientation of a tectonic fault.

Σχ. 3. Τμήμα του υδρογραφικού δικτύου του όρους Μενουκίου όπως φαίνεται στον τοπογραφικό χάρτη κλίμακας 1:50.000. Ο κάτω ρούς του ρέματος 1, ΝΑ από το χωριό Λευκοθέα συμπίπτει με το νεοτεκτονικό ρήγμα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης.

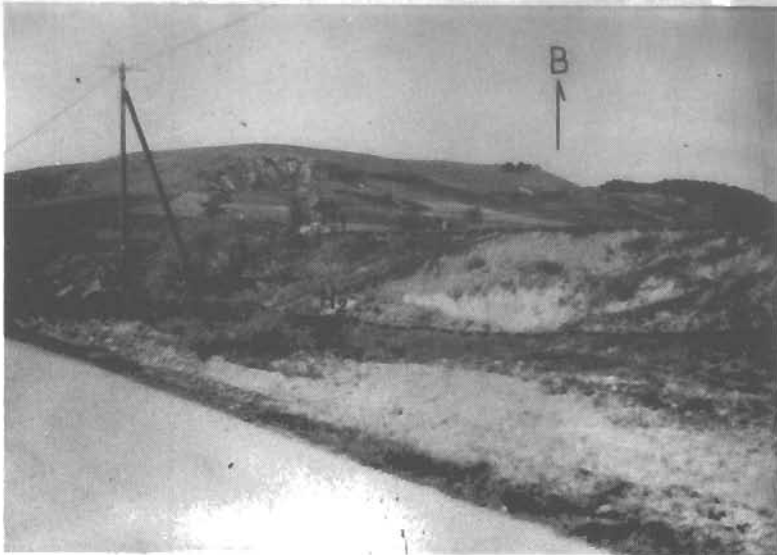


Plate 1. Part of the lower segment of the stream number 1 (Fig. 3). Fault with NW-SE direction is confirmed by the difference on the altitude of the sides of the valley, which is due to a NW downthrow. H₁ the highest position of the valley side. H₂ the lowest position of the valley side. → Stream flow direction.

Φωτ. 1 Τμήμα του κάτω ρου του ρέματος 1, (Σχ.3). Η παρουσία ρήγματος ΒΑ-ΝΑ διεύθυνσης επιβεβαιώνεται και από την υψομετρική διαφορά των κλιτύων της κοιλάδας του, που οφείλεται σε ΝΑ μετάπτωση. Η₁ η θέση της ψηλότερης κλιτύος, Η₂ η θέση της χαμηλότερης κλιτύος → Διεύθυνση ροής.

δίο το τμήμα της κοιλάδας του άνω ρου του ρέματος 1 αποτελεί την συνέχεια της κοιλάδας του ρέματος 2, (Σχ.1), που με διεύθυνση Β-Ν αποστραγγιζόταν προς τον ποταμό Αγγίτη. Σ' ένα δεύτερο στάδιο εκδηλώνεται η δράση του ρήγματος με διεύθυνση ΒΑ-ΝΑ κατά μήκος του οποίου άρχισε ο σχηματισμός νέας κοιλάδας (Φωτ.1). Τίλος σ' ένα τρίτο στάδιο συλλαμβάνεται ο άνω ρου του ρέματος 2 (ή το ρέμα 1).

Από τα στοιχεία που αναφέραμε για το ρήγμα της Λευκοθέας προκύπτει το συμπέρασμα ότι αυτό είναι νεότερο από την ηλικία των μεγάλων κλάδων Β-Η διεύθυνσης του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής. Οι κλάδοι αυτοί τέμνουν Νεογενή ιζήματα, συνεπώς η ηλικία τους πρέπει να είναι πλειστοκαινική. Το ρήγμα της Λευκοθέας ως νεότερο από τους κλάδους Β-Η διεύθυνσης πρέπει να έχει πλειστοκαινική-ολοκαινική ηλικία. Το σχήμα V της κοιλάδας του κάτω ρου του ρέματος 1, το οποίο διατηρείται αν και έχει σχηματιστεί σε μαλακά ιζήματα και το μικρό σχετικά βάθος της δεν αποκλείουν μία ολοκαινική ηλικία του ρήγματος. Με ανάλογα κριτήρια χαρτογραφήθηκαν και άλλα ρήγματα σε ιζηματογενή τμήματα του Π. Μενουκίου.

3.1.3. Ρήγματα με διεύθυνση Α-Α

Τα ρήγματα της ομάδας αυτής ανάλογα με την διεύθυνση της μετάπτωσης διακρίνονται σε δύο υποομάδες. Στην πρώτη υποομάδα ανήκουν αυτά που εντοπίζονται στην επιφάνεια επικέδωσης 1.000 - 1.200m του κεντρικού Μενουκίου με μετάπτωση Β-ΒΑ και τέμνουν μεταμορφωμένα πετρώματα. Εκείνη η διεύθυνση της μετάπτωσης των ρηγμάτων αυτών είναι αντίθετη προς την μορφολογική κλίση των τμηθέντων τμημάτων κατά μήκος των ρηγμάτων αυτών προκλήθηκε αναστροφή του αναγλύφου. Η προστά από τις κατοπτρικές τους επιφάνειες και στα σημεία όπου τέμνουν ξηρές καρστικές κοιλάδες σχηματίστηκαν πόλγες κοιλάδων των οποίων οι διαστάσεις είναι ανάλογες των διαστάσεων των προϋπαρχόντων κοιλάδων (Σχ.1). Σύμφωνα με τον Βαβλιάνη (1981) και Βαβλιάνη κ.ά. (1982) τα ρήγματα αυτά τέμνουν την επιφάνεια επικέδωσης 1.000-1.200 m πιθανώς Κόβω-Μέσο Πλειστοκαινικής ηλικίας και στη βάση των κατοπτρικών τους σχηματίστηκαν πλευρικά κορήματα σημαντικού πάχους. Το πάχος αυτό δεν δικαιολογείται με τις σημερινές κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Συνεπώς οι κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων πρέπει να υπέστησαν την επίδραση των έντονων κρουστικών φαινομένων τουλάχιστον της τελευταίας παγετώδους περιόδου του Würm. Από τα παραπάνω συμπεριέπεται ότι η αρχική δράση των ρηγμάτων αυτών μπορεί να τοποθετηθεί μεταξύ Ανωτέρου Πλειοκαίνου - Ανωτέρου Πλειστοκαίνου.

Στην δεύτερη υποομάδα ανήκουν τα ρήγματα του ΝΑ και ΝΑ Μενουκίου με Η-ΝΑ μετάπτωση. Τα ρήγματα Β-ΒΑ του Αγίου Πνεύματος χαρακτηρίζονται εκτός από την Η μετάπτωσή τους και από μία περιστροφή ως προς τον άξονα του ρήγματος, με αποτέλεσμα την ανασήκωση του τμήματος που υπέστη την μετάπτωση και την τοπική αλλαγή της μορφολογικής κλίσης (Σχ. 4)

Αυτή η αλλαγή της μορφολογικής κλίσης δημιούργησε τις προϋποθέσεις σχηματισμού μικρών περιοδικών λιμνών και καταρρακτών στα σημεία τομής των ρηγμάτων και των προϋπαρχόντων κοιλάδων. Σήμερα η μεταβολή της μορφολογικής κλίσης κατά μήκος των κοιλάδων δεν είναι εμφανής εξαιτίας της διάβρωσης, είναι όμως χαρακτηριστική κατά μήκος των τμηθέντων ράχων

Τα ρήγματα του Αγίου Πνεύματος τέμνουν πλειστοκαινικά ιζήματα (Βαβλιάνη-Σταϊκούπουλος 1986) συνεπώς η ηλικία τους είναι πλειστοκαινική ή νεότερη.

Τα ρήγματα του ΝΑ Μενουκίου συνδέονται με το σχηματισμό τεκτονικών αναβαθμύδων. Το ρήγμα Μεσορράχης-Λευκοθέας-Κρουσηγής συνδέεται επιπλέον με την εμφάνιση σε γραμμική διάταξη πηγών που εντοπίζεται στην επαφή νεογενών και τεταρτογενών ιζημάτων. Συνεπώς μία πλειστοκαινική ή νεότερη ηλικία και των ρηγμάτων αυτών είναι πολύ πιθανή.

4. ΣΧΕΤΙΚΗ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΣΗ ΤΩΝ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

Η σχετική χρονολόγηση των νεοτεκτονικών ρηγμάτων που έγινε με στρωματογραφικά αλλά κυρίως με γεωμορφολογικά κριτήρια κατέληξε σε ορισμένες διαπιστώσεις για την εξέλιξη των νεοτεκτονικών παραμορφώσεων στο όρος Μενούκιο, διαπιστώσεις οι οποίες παραθέτουμε παρακάτω για να συζητηθούν στα πλαίσια ενός γενικότερου προβληματισμού σχετικά με το θέμα των διεύθυνσεων και της εξέλιξης των νεοτεκτονικών ρηγμάτων στην Ελλάδα (Μακεδονία, Θράκη και Βόρειο Αιγαίο).

Τα μεγάλα κανονικά ρήγματα ΒΑ-ΝΑ διεύθυνσης υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις ότι σχηματίστηκαν αρχικά στα πρώτα στάδια της νεοτεκτονικής δράσης του Ελληνικού

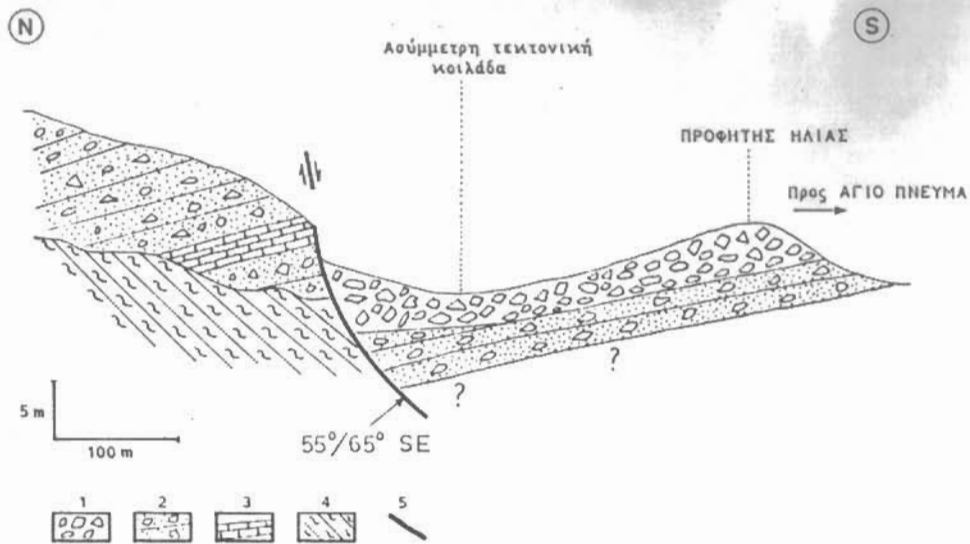


Fig. 4. Geological cross section, showing the reversal of the relief of a part of the great fault near Agio Pneuma village. It shows also the position of the asymmetric tectonic valley, which was developed perpendicularly on the surface slope, after the faulting.

1. Unconsolidated alluvial deposits. Holoene.
2. Consolidated conglomerates of the continent. Pleistocene.
3. Intercalations of thin travertine layers.
4. Mica schists.
5. Normal fault.

Σχ. 4. Σχηματική γεωλογική τομή που απεικονίζει την αναστροφή του αναγλύφου σε μία θέση του μεγάλου ρήγματος στο χωριό Άγιο Πνεύμα. Δείχνεται ακόμη η θέση της ασύμμετρης τεκτονικής κοιλάδας που αναπτύχθηκε από τη δράση του ρήγματος κάθετα στην κλίση του αναγλύφου.

1. Χαλαρές Ολοκαινικές και πρόσφατες προσχώσεις
2. Συμπυκνεί χερσαία προκαλαοαυτοπηγή. Πλειστοκαινίου.
3. Μικρού πάχους τραβερτινική ενστρωση.
4. Μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι του υποβάθρου.
5. Κανονικό ρήγμα.

χώρου, διότι διασχίζουν εγκάρσια την ορεινή μάζα των μεταμορφωμένων πετρωμάτων του Μενουκίου και προκαλούν βαθειές τεκτονικές κοιλάδες και επιπλέον τοποθετούνται παράλληλα στους κύριους (h) άξονες των μεγάλων πτυχογόνων δομών της φάσης που δεσπόζουν στην τεκτονική δομή του χώρου της Ροδόπης και επομένως λογικά αντιπροσωπεύουν τα αρχικά νεοτεκτονικά επεισόδια που ακολούθησαν τις προϋπάρχουσες πτυχογόνες τεκτονικές δομές. Αυτή η διαπίστωση ότι τα κανονικά ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης γενικά στο χώρο της Ροδόπης έχουν αρχική ηλικία σχηματισμού στις αρχές της νεοτεκτονικής εξέλιξης του Ελληνικού χώρου έγινε με τεκτονικά κριτήρια και από τον Lyberis (1984) ο οποίος τα αποδίδει σε μία πρώτη φάση νεοτεκτονικού εφελκυσμού που έλαβε χώρα στο Ανώτερο Μεσοκαινικό-Κάτω Πλειστοκαινικό (9,8 Μ.Υ.) με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (140°). Η ίδια διαπίστωση έγινε και με παρατηρήσεις στο γενικό υδρογραφικό δίκτυο της Ροδόπης από τον Ψιλοβίκο (1987).

Παρόλες όμως τις παραπάνω διαπιστώσεις, υπάρχουν οι συγκεκριμένες μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στο Μενούκιο, που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο (ρήγματα Μακρυλάκκου και περιοχής Μαντήλι), οι οποίες δείχνουν ότι υπήρξε και κάποια αναμφισβήτητη νεότερη δράση των ίδιων αυτών ρηγματίων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης νεότερη και από τον σχηματισμό των ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ρηγματίων τα οποία φαίνεται να επηρεάζει.

Τα κανονικά ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης που παρατηρούνται τόσο στα ανατολικά περιθώρια του ορεινού όγκου του Μενουκίου, όσο και στη νοτιοδυτική του πλευρά αποδεικνύονται με στρωματογραφικά και γεωμορφολογικά κριτήρια ότι έχουν λειτουργήσει στη διάρκεια του Πλειστοκαινίου και ορισμένες φορές μέχρι και το Άνω Πλειστοκαινικό. Συγκεκριμένα το ρήγμα Αλιστράτης με δράση Πλειστοκαινική-Πλειστοκαινική, το ρήγμα Καλλιπόλεως με δράση γενικά Τεταρτογενή, τα ρήγματα Καλής Βρύσης και Λευκοθέας με δράση Άνω Πλειστοκαινική. Οι ηλικίες αυτές συμφωνούν με την άποψη ότι τα ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης του ευρύτερου χώρου του Βόρειου Αιγαίου οφείλονται στο εφελκυστικό πεδίο των τάσεων της περιόδου Πλειστοκαινίου-Πλειστοκαινίου που έλαβε χώρα με διεύθυνση ΒΑ-ΝΑ (Lyberis, 1984).

Επομένως αν δεχθούμε μια ενιαία ηλικία Πλειστο-Πλειστοκαινική για όλα τα ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης τότε η νεότερη δράση (επαναδραστηριοποίηση) των ρηγματίων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης που περιγράφηκε παραπάνω θα πρέπει να έλαβε χώρα μετά το Πλειστο-Πλειστοκαινικό, διαπίστωση η οποία δεν εναρμονίζεται με τις δημοσιευμένες απόψεις για τις διευθύνσεις των εφελκυστικών τάσεων της μετα-Πλειστοκαινικής περιόδου.

Τέλος τα κανονικά ρήγματα γενικής διεύθυνσης Α-Δ που έχουν συνήθως μικρές κλίσεις (συνήθως με την μορφή των listric faults) και μήκος πολλών χιλιομέτρων (ρήγμα Μεσορράχης-Λευκοθέας-Κρουσηγής, ρήγμα Αγιοχωριού, ρήγμα Αγίου Πνεύματος κ.α.) που έχουν δράσει στο Πλειστοκαινικό αλλά και στο Ολόκαινο, όπως αποδείχθηκε από τις στρωματογραφικές και γεωμορφολογικές παρατηρήσεις αποτελούν τα νεότερα τεκτονικά επεισόδια στο χώρο του Μενουκίου αφού επηρεάζουν τα προϋπάρχοντα ρήγματα των άλλων διευθύνσεων και οφείλονται βέβαια στο σύγχρονο εφελκυστικό πεδίο των τάσεων του Ελληνικού χώρου, που εκδηλώνεται με γενική διεύθυνση Β-Π και με το οποίο συνδέεται η σύγχρονη σεισμική δράση στις ταφρολεκανές Α-Δ διεύθυνσης του Βορειοελλαδικού χώρου (Paparachos and Delibasis 1969, Paparachos and Comninakis 1976, Mckenzie 1978, Mouttrakis et al 1983, Lyberis 1984, Paparachos et al 1984, Psilovikos 1984, Παυλίδης 1985).

Μία πιθανή εξήγηση για τη νεότερη μετα-Πλειστοκαινική δράση των ρηγματίων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης θα μπορούσε βέβαια να δοθεί με την παραδοχή ότι πρόκειται για επαναδραστηριοποίηση τους από τις εφελκυστικές τάσεις Άνω Πλειστοκαινικής-Ολοκαινικής ηλικίας διεύθυνσης Β-Π οι οποίες προκάλεσαν τεκτονικές κινήσεις και πάνω στις προϋπάρχουσες τεκτονικές γραμμές της ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης. Στην άποψη αυτή συνηγορεί και η περίπτωση του μεγάλου ρήγματος στο χωριό Άγιο Πνεύμα το οποίο εμφανίζει δράση στο Άνω Πλειστοκαινικό με γενική διεύθυνση Α-Δ αλλά όμως σε ορισμένες θέσεις αποκτά διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (55°) κβώντας πάντοτε τα Πλειστοκαινικά στρώματα (Σχ.1,4).

Ίσως όμως τα φαινόμενα αυτά να μπορούσαν να εξηγηθούν με τη διάκριση πιθανών περισσότερων εφελκυστικών υποφάσεων με διαφορετικές διευθύνσεις των τάσεων στη διάρκεια του Τεταρτογενούς, η διάκριση όμως αυτή είναι φανερό ότι απαιτεί λεπτομερή τεκτονική ανάλυση σε σαφώς ευρύτερη γεωγραφική κλίμακα. Θα πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι ανάλογα φαινόμενα προανατολισμού των τάσεων έχουν παρατηρηθεί και στα Γεωλόγια της Βόρειοελλαδικού χώρου (Pavlidis and Mouttrakis 1987, Pavlidis and Kiliadis 1987) όπου εκφράστηκαν διάφορες απόψεις για τη θέση των αξόνων

του ελλειψοειδούς και τις πιθανές περιστροφές του πεδίου των τάσεων.

Όπως φαίνεται στο χάρτη του σχήματος (Σχ.1), αλλά και από όσα αναφέρθηκαν στην περιγραφή των ρηγμάτων συμπεραίνεται ότι το πεδίο του τριγωνικού μορφοδύμματος του όρους Μενουκίου το οποίο παρουσιάζει γενική διάταξη ΒΔ-ΝΑ με τη νοτιοανατολική κορυφή του τριγώνου στην περιοχή Αλιστράτης, καθορίστηκε από μία σειρά ρηγμάτων γενικής διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ αλληλοδιασταυρούμενα με μικρές γωνίες. Τα ρήγματα αυτά διαμόρφωσαν το τριγωνικό μορφοδύμμα με δράση Πλειο-Πλειστοκαινική σχεδόν ταυτόχρονα τόσο στα περιθώρια του ορεινού όγκου με τη λεκάνη της Δράμας όσο και στα περιθώρια του με τη λεκάνη των Σερρών.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από αυτά που αναφέρθηκαν μέχρι τώρα για την σχέση μεταξύ των νεοτεκτονικών παραμορφώσεων και των μορφολογικών-υδρογραφικών στοιχείων του Μενουκίου προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα γενικότερου ενδιαφέροντος για τις μορφοτεκτονικές συσχετίσεις:

α) Στις περιπτώσεις που η δράση των ρηγμάτων συνδέονται με την μονόπλευρη ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου μιάς περιοχής η ηλικία των ρηγμάτων είναι νεότερη απ' αυτή των μεγαλύτερων κλάδων που καταλήγουν σ' αυτά.

β) Ανάλογα με τη σχέση της μετάπτωσης των ρηγμάτων και της διεύθυνσης της μορφολογικής κλίσης σχηματίζονται, με ορισμένες προϋποθέσεις, μπροστά από τις κατοπτρικές τους επιφάνειες, σύγχρονες επιφανειακές κυρτές ή κοίλες μορφές. Κυρτές μορφές, (όπως αλλουβιακά ριζίδια), σχηματίζονται στις περιπτώσεις που η μετάπτωση συμπίπτει με την διεύθυνση της μορφολογικής κλίσης, ενώ κοίλες (πόλγες κοιλάδων) στις περιπτώσεις που η μετάπτωση είναι αντίθετη με την μορφολογική κλίση.

Ταυτόχρονος σχηματισμός κοίλων και κυρτών μορφών προ των κατόπτρων των ρηγμάτων εμφανίζεται στις περιπτώσεις που η μετάπτωση συμπίπτει με την διεύθυνση της μορφολογικής κλίσης, αλλά ταυτόχρονα παρατηρείται και περιστροφή του μετακινούμενου τμήματος ως προς τους άξονες των ρηγμάτων. Στην περίπτωση αυτή αλλά και στην περίπτωση που η μετάπτωση είναι αντίθετη με την μορφολογική κλίση είναι δυνατόν να σχηματισθούν ασύμμετρες τεκτονικές κοιλάδες κάθετες προς την μορφολογική κλίση και παράλληλες προς το τοπικό βασικό επίπεδο διάβρωσης (Σχ.4).

γ) Διευθύνσεις των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων που δεν δικαιολογούνται από την διεύθυνση της μορφολογικής κλίσης και από την θέση του τοπικού βασικού επιπέδου διάβρωσης καθορίζουν τις διευθύνσεις ρηγμάτων.

Όσον αφορά τη νεοτεκτονική εξέλιξη της περιοχής του Μενουκίου συμπεραίνονται τα εξής:

α) Μεγάλα κανονικά ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, παράλληλα στους κυριούς άξονες των μεγαλύτερων, που οφείλονται σε ένα πρώτο εφελκυστικό πεδίο ηλικίας Ανωτέρου Μειοκαινού-Κάτω Πλειοκαινού διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, προκαλούν το κύριο εγκάρσιο τεμαχισμό της ορεινής μάζας και συμπληρώνουν τις δομές της πτυχογόνου τεκτονικής.

β) Κανονικά ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης οφειλόμενα σε τάσεις εφελκυσμού διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ προκαλούν στη διάρκεια Πλειοκαινού-Πλειστοκαινού μεταπτώσεις στα περιθώρια του ορεινού όγκου του Μενουκίου και διαμορφώνουν σχεδόν οριστικά το μορφοδύμμα του.

γ) Το νεότερο εφελκυστικό πεδίο των τάσεων (Ανω Πλειστοκαινού μέχρι σήμερα) με γενική διεύθυνση Β-Ν προκαλεί αλληλεπλάτιστα νέα κανονικά ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης και μικρής γωνίας κλίσης, κυρίως στη νότια πλευρά του Μενουκίου, αλλά ταυτόχρονα επαναδραστηριοποιούν πιθανόν και τις παλαιότερες τεκτονικές γραμμές ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.

ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ, Ε., 1981: Μελέτη των επιφανειών διάβρωσης καρστικών, παγετώνων και περιπαγετώνων φαινομένων του όρους Μενουκίου στην Α. Μακεδονία, από γεωμορφολογικής και μορφογενετικής πλευράς. Διδακτορική Διατρ., Παν/μίο Θεσ/νίκης.

ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ, Ε., ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α., ΣΠΗΡΙΑΔΗΣ, Α., 1981-1982: Μεγάλες επιφανειακές καρστικές μορφές στο όρος Μενούκιο της Α. Μακεδονίας. Δελλ. Ελλ. Σπγλ. Εταιρείας. 1ο Πανελλ. Σπγλ. Συμπόσιο, XVIII, 440 - 457.

DE BOER, U., 1970: Geologisch - petrographische Untersuchungen in Rhodope Massiv Griechisch - Ostmazedoniens. Beih. geol. Jb, 88, 43 - 79.

DIMADIS, E. AND ZACHOS, S., 1986: Geological map of Rhodope Massif, 1:200.000.

KRONBERG, P., MEYER, M., PILGER, A., 1970: Geologie der Rila - Rhodope Masse zwischen Strimon und Nestos (Nord Griechenland). Beih. geol. Jb., 88 133 - 180.

LYBERIS, N., 1984: Tectonic evolution of the North Aegean trough. In Dixon, J. E. and Robertson, A.H.F. The geological evolution of the Eastern Mediterranean, Geological Society Sp. P., No. 17, 709 - 725.

MOUNTRAKIS, D., PSILOVIKOS, A. AND PAPAACHOS, B., 1983: The geotectonic regime of the 1978 Thessaloniki earthquakes. Special volume technical chamber of Greece, 11 - 27.

MCKENZIE, D.P., 1978: Active tectonics of the Alpine - Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions. Geophys. J.R. Astron. Soc. 55, 217 - 254.

ΕΥΔΑΣ, ΣΤ., ΣΤΑΙΚΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., 1980: Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Σέρρες κλίμ. 1:50.000.

OSSWALD, K., 1938: Geologische Gesichte von Griechisch - Nordmakedonien. Denksr. geol. Landesanst. Griechenland, 3, 142 s., Athen.

PAPAZACHOS, B.C. AND DELIBASIS, D.N., 1969: Tectonic stress field and seismic faulting in the area of Greece. Tectonophysics, 7(3), 231 - 255.

PAPAZACHOS, B.C. AND COMHINAKIS, P.E., 1976: Modes of lithospheric interaction in the Aegean area. Intern. Symp. Struct. Hist. Medit. bas. Split (Yugoslavia), 319 - 331.

PAPAZACHOS, B.C., KIRATZI, A.A., HATZIDIMITRIOU, P.M. AND ROCCA, A.C., 1984: Seismic faults in the Aegean area. Tectonophysics, 106, 71 - 85.

PATRAS, D., KILIAS, A., CHATZIDIMITRIADIS, E. AND MOUNTRAKIS, D., 1987: Structural analysis of the deformations episodes and correlation with metamorphic events in the Rhodope Massif and the Phyllitic series of Alexandroupolis area. (1ο Ελληνο-Βουλγαρικό συμπόσιο για τη Μάζα της Ροδόπης, Σοφία, 1987).

PAVLIDES, S. AND MOUNTRAKIS, D., 1987: Extensional tectonics of northwestern Macedonia, Greece, since the late Miocene. Journal of Structural Geology, 9,(4), 385 - 392.

PAVLIDES, S. AND KILIAS, A., 1987: Neotectonic and active faults along the Serbomacedonian zone (SE Chalkidiki, N. Greece). Annales Tectonicae, I(2) 97 - 104.

ΠΑΥΛΙΔΗΣ, Σ., 1985: Νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Φλώρινας - Βεγορίτιδας - Πτολεμαΐδας (Α. Μακεδονία). Διδ. Διατρ., Παν/μίο Θεσ/νίκης. Επιστ. Επετ. Σχ. Θετ. Επιστ. παραρ. αριθ. 43, τόμ. 23.

PSILΔIVIKOS, A., 1984: Geomorphological and structural modification of the Serbomacedonian massif during the neotectonic stage. *Tectonophysics*, 110, 27 - 45.

ΨΙΛIVIKOS, A., 1987: Η επίδραση της νεοτεκτονικής στην διαμόρφωση του υδρογραφικού δικτύου της ΝΔ Ροδόπης. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. (Υπό δημοσίευση)